



# A Produção de Hidrogênio com Tecnologias Limpas para Acelerar a Transformação Energética na América Latina

Energia e Recursos Naturais • Maio 2022



# Sumário

**04** Introdução

**06** Hidrogênio verde na América Latina: situação atual e perspectivas de desenvolvimento

**16** Considerações finais

**17** Referências

Legenda dos botões:



Ir para o sumário



Voltar - Avançar



Veja mais informações

Esta publicação foi produzida pelos sócios-líderes do setor em conjunto com a equipe de Marketing e Comunicação da KPMG na América do Sul.

**Conteúdo e Aspectos Técnicos:**  
Manuel Fernandes

**Análises e Redação:**  
Matias Cano // Ricardo Lima

**Diagramação:**  
Alexander Buendía // Marianna Urbina

**Coordenação:**  
Elizabeth Fontanelli // Florencia Perotti



**Considerando a realidade que a região latino-americana atravessa, que combina crises socioeconômicas persistentes com abundância de recursos naturais e condições favoráveis para a produção de energias renováveis, é oportuno fazer um levantamento das perspectivas que a região oferece sobre hidrogênio verde e sua contribuição para a transformação das matrizes energéticas globais e a transição para uma economia de baixo carbono, baseada em planejamento sustentável e na estratégia de desenvolvimento para esse combustível.**



# Introdução

**A América Latina e, particularmente, os países que compõem o cone sul da região, destacam-se globalmente por seu potencial de produção de energias renováveis. Segundo dados levantados pela Agência Internacional de Energias Renováveis (International Renewable Energy Agency - IRENA), a região registrou um grande crescimento na capacidade de geração instalada com esse tipo de fonte nos últimos dez anos (mais de 60% entre 2010 e 2020).**

**A oferta passou de 155 mil MW para 250 mil MW, com uma participação crescente de fontes distintas da hidrelétrica, como biomassa, solar e eólica que, por sua abundância e custos decrescentes, vêm ganhando espaço na oferta de geração de energia na região.**

**Ao mesmo tempo, os dados fornecidos pela Agência Internacional de Energia (International Energy Agency - IEA) (IEA, 2020) revelam que atualmente cerca de 55% da geração de eletricidade na América Latina é proveniente de fontes renováveis, principalmente a hidrelétrica; quando a média global não ultrapassa 35%.**

**Países da região, como Uruguai, Paraguai ou Costa Rica, por exemplo, têm um setor energético quase totalmente descarbonizado, enquanto outros, como Argentina, Brasil, Chile ou Colômbia, estão fazendo grandes esforços para incorporar cada vez mais fontes renováveis às suas matrizes energéticas.**

Nesse cenário, impulsionado pelas mudanças climáticas e pela necessidade global de reduzir as emissões poluentes, o hidrogênio de baixo carbono, especialmente o verde (produzido com o uso de fontes de energia renováveis), recentemente tem atraído a atenção dos países da região e dos governantes pelo potencial que a América Latina teria para produzir e exportar grandes volumes desse produto, a longo prazo, de maneira competitiva no futuro.

A oportunidade latente, somada às boas condições produtivas da região, vêm promovendo um conjunto de iniciativas voltadas ao hidrogênio de baixo carbono, que já conta com uma grande quantidade de projetos em diferentes fases de desenvolvimento, como etapa de conceito, estudo de viabilidade, financiamento, construção ou situação operacional. Esses projetos já estão em desenvolvimento em vários países da região (IEA, 2021c), principalmente no Chile, Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Paraguai e Uruguai.

Em termos gerais, o hidrogênio é um combustível que pode ser produzido por meio da utilização de um grande conjunto de fontes de energia (carvão, petróleo, gás natural, biomassa e energias renováveis ou nucleares) e tecnologias, como a reforma a vapor (baseada em hidrocarbonetos), eletrólise (por meio da aplicação de uma corrente elétrica que separa o oxigênio do hidrogênio na água, e que pode ser gerada a partir de fontes renováveis ou não renováveis), gaseificação (que aplicada à biomassa, é uma tecnologia promissora para o futuro) e hidrólise, entre outras.

Da mesma forma, nos últimos anos, o nome de cores começaram a ser utilizadas para fazer referência

aos meios ou tecnologias utilizados para produzi-lo (por exemplo, verde para o hidrogênio produzido a partir de energias renováveis, rosa para o hidrogênio gerado pelo uso de energia nuclear, cinza para aquele produzido a partir do gás natural sem captura, ou azul para aquele produzido a partir de gás natural com captura, utilização e armazenamento de CO<sup>2</sup> [ou CCUS]), ou ainda outros termos diferentes, como sustentável, baixo carbono ou limpo (IEA, 2021).

Talvez a principal característica e importância do hidrogênio atualmente não seja apenas o seu custo viável para produção (entre US\$ 0,50 e 1,70/KgH<sub>2</sub> para aquele produzido por meio de fontes fósseis, e entre US\$ 3 e 8/KgH<sub>2</sub> para o de origem renovável) (IEA,

2021a), mas sim o fato de que ele pode ser gerado a partir de fontes renováveis em grandes quantidades, favorecendo a descarbonização (diferentemente de outros combustíveis poluentes, como os de origem fóssil).

Por isso, ele é conhecido como o *combustível do futuro*. Enquanto apenas uma pequena fração do hidrogênio produzido globalmente atualmente é de baixo carbono (cerca de 10% [IEA, 2022]), sendo 0,5% do hidrogênio total verde ou gerado por eletrólise), a IEA (IEA, 2019) destacou que essa realidade poderá mudar nos próximos anos.

Isso ocorre porque os custos de produção das energias renováveis para a geração de eletricidade e dos custos associados às tecnologias utilizadas para gerar hidrogênio limpo (especialmente eletrólise) têm caído, o que poderia baixar o custo de geração desse combustível para uma faixa entre US\$ 2 e 4/KgH<sub>2</sub> até 2030, e menos de US\$ 3/KgH<sub>2</sub> até 2050.

Esses valores podem ser ainda menores em países como Argentina, Brasil e Chile que, segundo publicações especializadas sobre o tema (BLOOMBERG, 2022), estão despontando como os produtores mais baratos do mundo até 2050, com custos que podem chegar a US\$ 0,55/KgH<sub>2</sub> para esse ano. Isso tornará o hidrogênio *verde* uma alternativa muito competitiva, mesmo para o hidrogênio cinza, que responde pela maior produção desse tipo de combustível atualmente.

Apesar de globais, esses dados mostram o futuro do hidrogênio de maneira geral e, especificamente, o de origem renovável ou de baixo carbono. Considerando a realidade que a região latino-americana atravessa, onde crises socioeconômicas persistentes se combinam com abundância de recursos naturais e condições favoráveis ao desenvolvimento de energias renováveis, é importante apresentar as perspectivas que a região tem para a produção de hidrogênio de baixo carbono, especialmente de fontes renováveis, e como isso pode contribuir para a transformação das matrizes energéticas globais e a transição para uma economia de baixo carbono.

Em última análise, uma estratégia regional integrada deveria sustentar as políticas domésticas, o planejamento e, sobretudo, as condições regulatórias, legais e financeiras adequadas para facilitar e estimular os investimentos para o desenvolvimento desse combustível. O primeiro capítulo deste estudo apresenta os principais números e estatísticas sobre a oferta, demanda e preços de hidrogênio, as suas perspectivas imediatas e futuras e o papel da América Latina nesse setor, principalmente em relação ao hidrogênio verde.

Em seguida, são demonstradas algumas considerações finais visando promover a discussão sobre o tema e conscientizar sobre o momento atual a respeito das questões climáticas e das oportunidades geradas pelas energias renováveis, como o hidrogênio produzido a partir delas.

**Uma pequena fração do hidrogênio produzido globalmente atualmente é de baixo carbono (cerca de 10% [IEA, 2022]), sendo 0,5% do hidrogênio total verde ou gerado por eletrólise), a IEA (IEA, 2019) destacou que essa realidade poderá mudar nos próximos anos.**



# Hidrogênio verde na América Latina: situação atual e perspectivas de desenvolvimento

De acordo com o último relatório global de hidrogênio da IEA (IEA, 2021), a demanda global por hidrogênio verde foi de 90 milhões de toneladas (Mt) em 2020<sup>1</sup>. Enquanto 90% desse total foi produzido a partir de fontes fósseis, principalmente usando gás natural, fonte que explica 60% do que é produzido no mundo, e tecnologias de reforma a vapor sem captura de carbono, que é o método convencional utilizado atualmente, os 10% restantes foram associados à produção de hidrogênios de baixo carbono, principalmente por meio do uso de gás natural com captura, uso e armazenamento de CO<sub>2</sub> (CCUS) e, em quantidade muito pequena, por eletrólise.

---

Conforme destacado na figura 1, os setores que mais utilizam o hidrogênio como matéria-prima em seus processos produtivos são atualmente a indústria química, refinarias e, em menor escala, o setor siderúrgico ou metalúrgico.

Enquanto a indústria química utiliza o hidrogênio para produzir amônia e metanol (consumindo mais de 50% do hidrogênio produzido globalmente nesse processo), as refinarias e o setor metalúrgico o utilizam, respectivamente, como reagentes e fonte de energia (40%) e na redução direta de ferro para a fabricação de aço (5%).

---

Em um cenário de cumprimento das metas globais de redução de emissões poluentes (mais conhecidas pelos especialistas como zero emissões líquidas<sup>2</sup>), a figura 1 também mostra quais devem ser os níveis globais de produção e demanda de hidrogênio entre 2020 e 2050<sup>3</sup>.

Nesse sentido, espera-se que o combustível atinja 212 milhões de toneladas até 2030 e cerca de 530 milhões de toneladas até 2050, mas com uma contribuição crescente do hidrogênio de baixo carbono (especialmente de fontes renováveis) que, seguindo as premissas sobre as quais esse cenário se baseia, deveria representar 18% da demanda global total em 2025, 70% em 2030, 91% em 2040 e 99% em 2050.

Adicionalmente, a figura 2 mostra como a demanda por hidrogênio verde deve ser ponderada para 2050. O combustível produzido por eletrólise (também conhecido como hidrogênio eletrolítico) vem ganhando espaço nas projeções da IEA, não apenas no total global demandado, mas, principalmente, na sua contribuição dentro das variantes de baixo carbono, superando inclusive o hidrogênio azul para o final do período analisado. Nesse cenário, o hidrogênio verde atingiria 61% da demanda global até 2050.

Em questões regionais, enquanto a Ásia-Pacífico é o principal produtor e consumidor mundial de hidrogênio (especialmente a China, que detém mais de 60% do consumo total), Europa, Oriente Médio e América do Norte (EUA e Canadá) ocupam as posições seguintes desse ranking (figura 3).



Figura 1

**Demanda de hidrogênio com projeção até 2050 no cenário de zero emissões líquidas: principais usos, dados globais** (em milhões de toneladas, ou Mt)

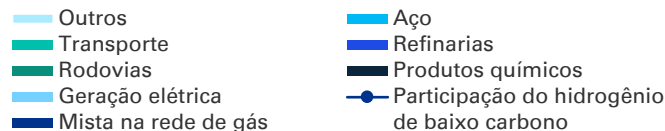


Figura 2

**Demanda de hidrogênio com projeção até 2050 no cenário de zero emissões líquidas: principais tecnologias, dados globais** (em milhões de toneladas, ou Mt)

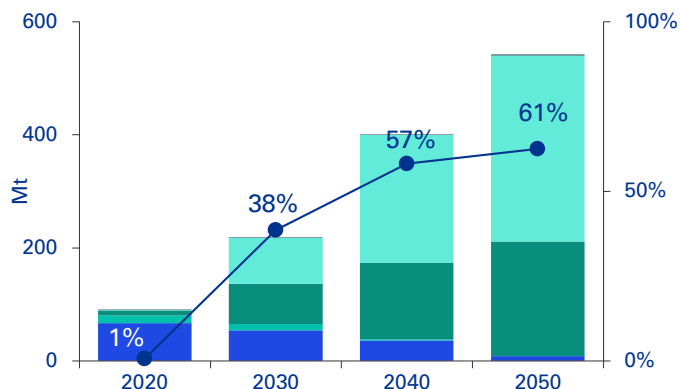
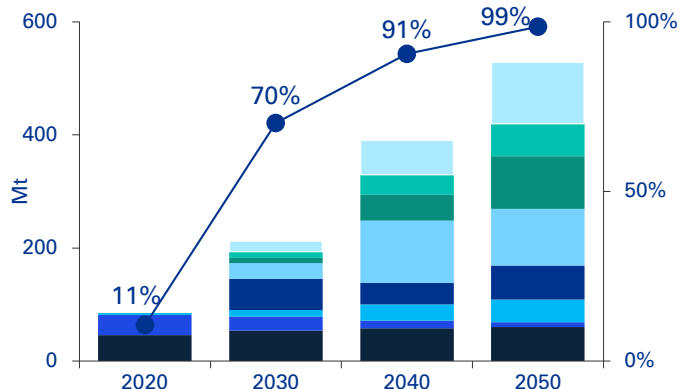
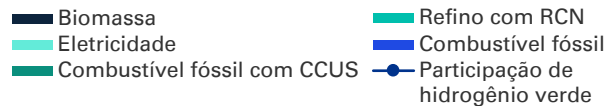


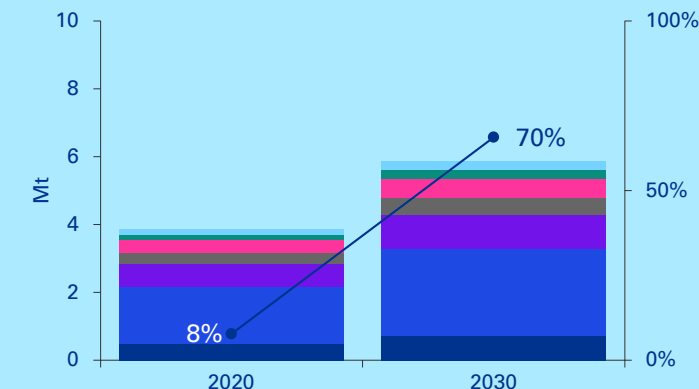
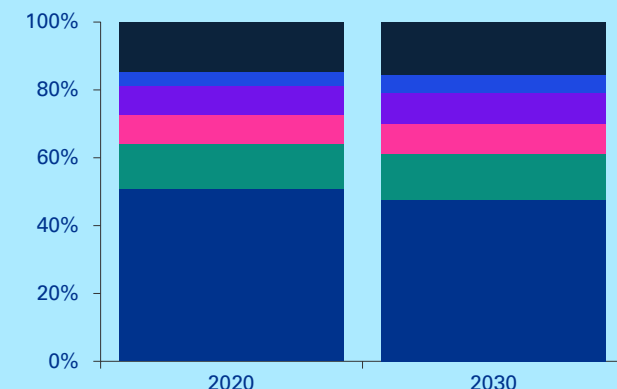
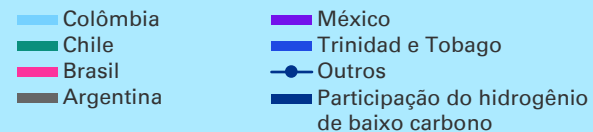
Figura 3

**Demanda de hidrogênio no setor com projeção até 2030 no cenário de projetos anunciados: regiões** (como porcentagem do total demandado no setor)



Figura 4

**Demanda de hidrogênio com projeção até 2030 no cenário de zero emissões líquidas: América Latina** (em milhões de toneladas, ou Mt)



**Observações:**

- Os valores projetados para o futuro (2030 e 2050) pressupõem o cumprimento total das metas estipuladas no cenário de zero emissões líquidas (consulte a nota de rodapé 9). Considerando que este cenário ainda está longe daquele que resulta da soma dos projetos em desenvolvimento e anunciados pelos países, os valores apresentados na figura devem ser considerados apenas como um exemplo potencial. Por exemplo, a IEA estima uma demanda em torno de 250 Mt em 2050, considerando apenas os projetos anunciados e em desenvolvimento (IEA, 2021), ou cerca de 50% do volume projetado no cenário de zero emissões líquidas.
- Neste estudo, não há distinção entre hidrogênio puro e misturado.
- A categoria "outros" inclui edifícios, outras indústrias e aviação.
- O cenário de projetos anunciados considera apenas as iniciativas em desenvolvimento e anunciadas para projetar os números em 2030.
- A projeção para 2030 para a América Latina foi estimada aplicando a participação de cada país na demanda de 2019 (4,1 Mt) sobre a estimativa da IEA para 2030 (6,2 Mt).
- A projeção da participação do hidrogênio de baixo carbono até 2030 para a América Latina foi estimada seguindo a projeção global da IEA para aquele ano.



A América Latina, por sua vez, contribui atualmente com apenas 4% ou 5% da demanda global de hidrogênio (em 2019, ela foi de 4,1 Mt), sendo o cone sul (Argentina, Brasil, Chile e Colômbia), México e, particularmente, Trinidad e Tobago (que demandou 1,8 Mt em 2019 e 1,5 Mt em 2020, mantendo cerca de 40% do total da demanda regional) os países em que a maior parte do consumo está concentrado (Figura 4).

Conforme detalhado pela IEA em um relatório recentemente realizado para a América Latina (IEA, 2021b), mais de 90% da produção latino-americana de hidrogênio é proveniente de combustíveis fósseis e do uso de tecnologias que não capturam nem armazenam as emissões de CO<sub>2</sub>.

Assim como no resto do mundo, o gás natural, recurso abundante na região, é a principal matéria-prima utilizada, ao mesmo tempo que representa um dos maiores problemas em termos climáticos, pois os níveis de consumo de gás são geralmente significativos na produção de hidrogênio, gerando grandes quantidades de emissão de poluentes<sup>4</sup>.

No entanto, o potencial da região para o desenvolvimento de energia renovável e, conseqüentemente, de hidrogênio de baixo carbono, poderia levar a América Latina, seguindo as previsões globais, a uma produção dessa variedade que poderia representar 70% do total em 2030, com 40% sendo produzido por eletrólise.

Assim, considerando a contribuição potencial do hidrogênio de baixo carbono na corrida pela descarbonização global, grande parte das

expectativas está colocada no desenvolvimento desse combustível. De acordo com um relatório elaborado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2021), há pelo menos quatro elementos que explicariam as perspectivas de crescimento do hidrogênio de baixo carbono nos próximos anos.

Em primeiro lugar, a possível necessidade de se ter uma tecnologia que permita eletrificar os setores que são difíceis de incluir no processo de descarbonização. Por isso, o hidrogênio de baixo carbono pode ser parte da solução, principalmente em setores muito poluentes, como o de transporte e a indústria (especialmente a química e as refinarias) que, com a geração de energia, produzem a maior parte das emissões anuais de CO<sub>2</sub> (figura 5).

Dessa forma, a incorporação gradual dessa variante e de novas tecnologias, que aumentem a participação de fontes renováveis na oferta de geração de eletricidade, ou melhorem ou ainda aumentem a captura e armazenamento de emissões de CO<sub>2</sub>, poderia acelerar o processo de descarbonização e fechar a lacuna ainda existente para o alcance da meta de zero emissões líquidas estipulada para 2050.

Embora o desafio de incluir o hidrogênio de baixo carbono em determinados setores pareça, a princípio, uma tarefa muito complexa (especialmente em refinarias, indústrias e setor de energia, onde o maior custo dessa variedade ou sua baixa representatividade como combustível representa o maior entrave à sua implementação), as perspectivas são promissoras para essa variante até 2050, sobretudo no âmbito do hidrogênio verde ou eletrolítico.

**Mais de 90% da produção latino-americana de hidrogênio é proveniente de combustíveis fósseis e do uso de tecnologias que não capturam nem armazenam as emissões de CO<sub>2</sub>.**

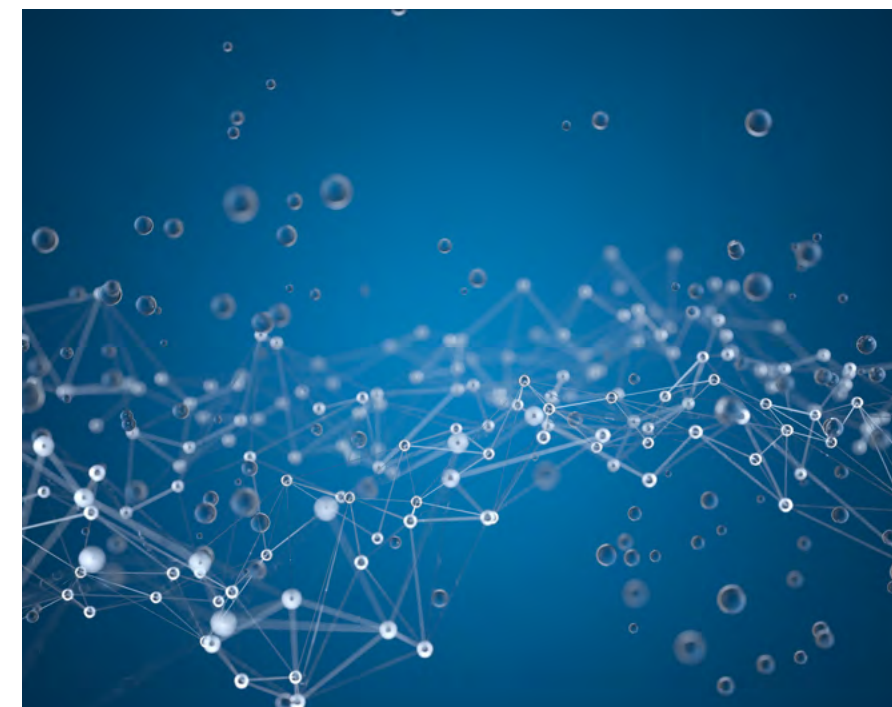
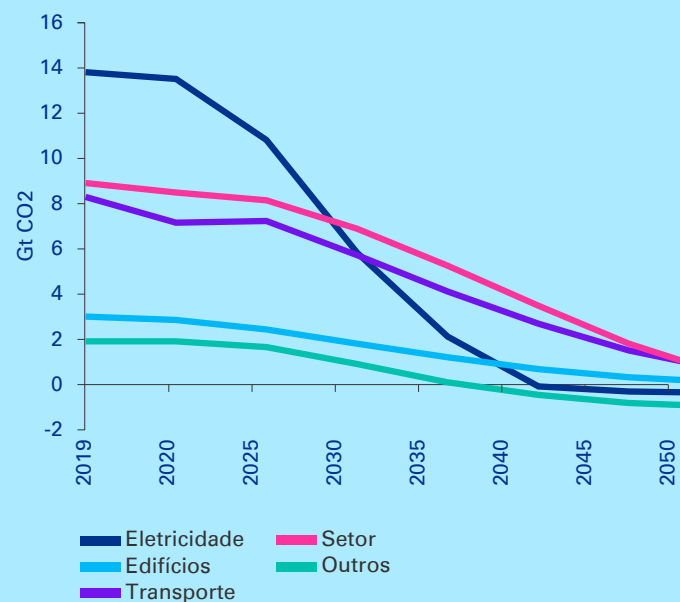




Figura 5

**Emissões líquidas de CO2 por setor:**  
**dados globais** (em bilhões de toneladas,  
 ou Gt de CO<sup>2</sup>)



Em segundo lugar, o aumento que os serviços de armazenamento de energia vêm registrando, necessários para compensar a oferta e a demanda em um momento em que as energias renováveis intermitentes (eólica e solar, por exemplo) estão aumentando sua participação nas matrizes elétricas de todos os países.

Em terceiro lugar, há o interesse crescente dos países em aumentar os investimentos para o desenvolvimento interno do hidrogênio verde, com o objetivo de obter economias de escala no médio prazo e manter sua competitividade nos mercados de exportação desse produto no futuro. Essa é uma tendência que pode ser impulsionada principalmente pelos países latino-americanos.

Finalmente, em quarto lugar, há a queda dos custos de produção que esse combustível e as energias renováveis em geral vêm sofrendo, especialmente considerando que o hidrogênio verde poderá ser ainda mais barato que o hidrogênio cinza até 2050. Isso deve ocorrer principalmente na América do Sul, onde países como Argentina, Brasil e Chile se preparam para produzir a custos que podem chegar a US\$ 0,55 KgH<sub>2</sub> (BID, 2021).



Considerando que os preços das diferentes fontes de energia renovável vêm registrando uma tendência decrescente nos últimos anos, a figura 6 retrata o comportamento recente e esperado do custo nivelado de geração de eletricidade com base nessas fontes (LCOE).

Impulsionado por melhorias tecnológicas, economias de escala e forte concorrência de leilões, os LCOEs apresentam uma clara trajetória descendente para o período analisado (2010 a 2023), especialmente nas opções solar (solar e CSP) e eólica (*onshore* e *offshore*). Como exemplo, entre 2010 e 2021 houve, respectivamente, uma queda de 89% e 77% nos custos relacionados à geração de energia solar e solar concentrada (CSP), enquanto os relacionados a outras fontes limpas, como eólica *onshore* e *offshore*, caíram 51% e 30%.

Além disso, os dados existentes sobre os preços leiloados publicados pela IRENA e que, de alguma forma, enquadram a sua tendência para o futuro, permitem estimar que as quedas até 2023 e nos anos seguintes poderão continuar, ficando abaixo do limite inferior do intervalo estabelecido para os combustíveis fósseis e impulsionando o retorno sobre o investimento em energias renováveis. Isso deve ocorrer embora algumas fontes já tenham atingido ou ultrapassado o intervalo de valores estimados para os combustíveis fósseis (entre 0,055 US\$/kWh e 0,148 US\$/kWh), como é o caso da eólica terrestre e a solar.

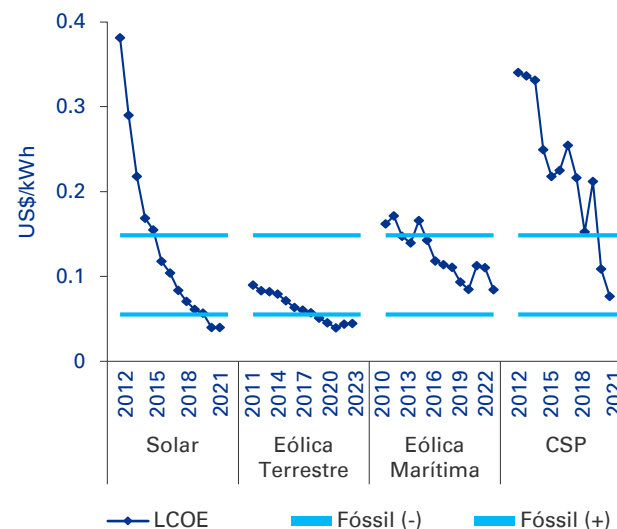
Essa perspectiva representa uma oportunidade para que os governos priorizem a energia limpa no futuro e, particularmente, revertam a tendência da produção de hidrogênio para variantes mais limpas.

**Observações:**

1. NG significa gás natural, cujos preços são estimados com base em um preço padronizado para o gás.
2. Os LCOEs para os anos de 2021 em diante decorrem da base de preços leiloados da IRENA.
3. A faixa de valores de LCOH2 para a América Latina foi obtida a partir do relatório Latin America's Hydrogen Opportunities: from national strategies to regional cooperation (IEA, 2020).

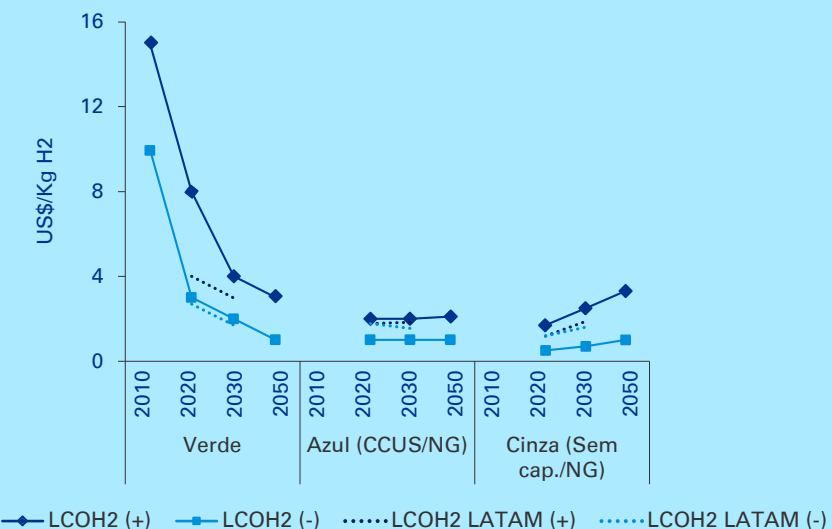
**Figura 6**

**Custo nivelado de energia elétrica a partir de energias renováveis: dados globais**  
(em dólares por kWh)



**Figura 7**

**Custo nivelado do hidrogênio: dados globais e da América Latina**  
(em dólares por Kg de H2)



A situação é refletida e justificada na figura 7. Espera-se que uma diminuição gradual, mas sustentada, do custo nivelado de produção (LC) do hidrogênio verde no médio prazo (entre US\$ 2 e 4 por Kg de H<sub>2</sub> Verde até 2030) como resultado da redução dos custos médios associados à eletrólise, o que será obtido por meio do aumento da capacidade instalada e do aproveitamento de economias de escala, permitindo atingir o custo associado ao hidrogênio cinza até 2050 mundialmente e, inclusive, valores mais baixos em alguns países da América Latina.

De fato, os dados fornecidos pela IEA permitem avaliar que o custo médio regional dessa variante pode atingir uma faixa entre US\$ 1,7 e US\$ 3 por Kg de H<sub>2</sub> verde até 2030, ou seja, abaixo dos valores globais. A tendência deve ainda ser de queda nos próximos anos, podendo atingir valores inferiores a uma unidade por Kg de H<sub>2</sub> verde até 2050.

Como a IEA destaca em outra análise realizada para a América Latina e seu potencial, em termos de hidrogênio de baixo carbono (IEA, 2020), vários países da América Latina, como Argentina, Brasil, Colômbia, Chile e México, compartilham características que os tornam candidatos de alta contribuição futura nos níveis projetados de produção e exportação de hidrogênio verde.

No entanto, o relatório também destaca que, embora o hidrogênio produzido a partir da eletricidade renovável represente uma

oportunidade muito atraente para os países da região no longo prazo, no curto e médio prazo deve haver um planejamento e desenho de uma estratégia para o desenvolvimento da variante azul, que implica na incorporação crescente de tecnologias de captura de carbono (CCUS), especialmente em países como Argentina e Brasil.

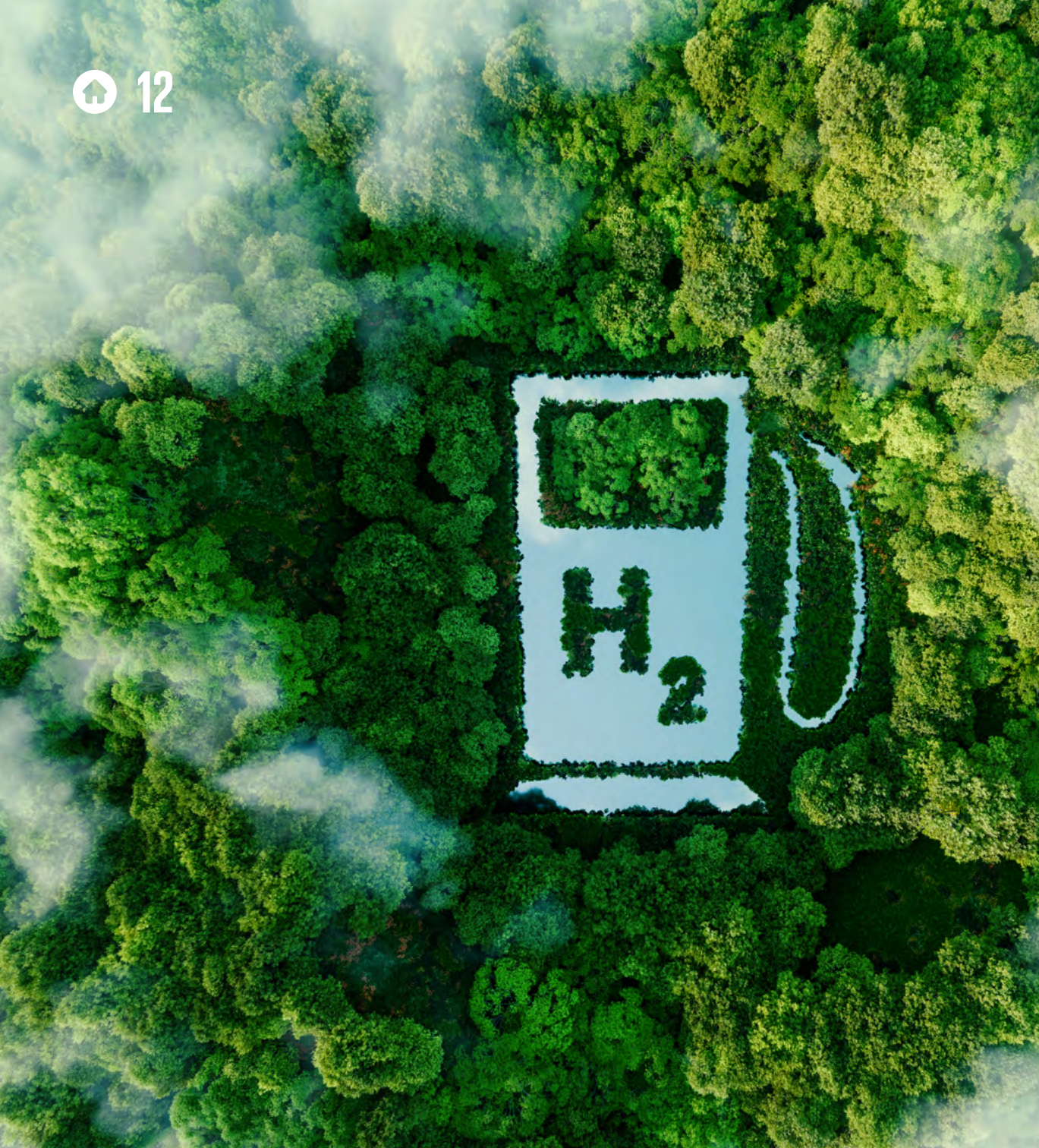
Nesses dois países, as instalações de produção de hidrogênio existentes poderiam ser modernizadas com unidades de captura (IEA, 2021) por meio da articulação de políticas e mecanismos que estabeleçam preços de carbono ou outros incentivos similares, que incentivem as indústrias a embarcar no caminho da descarbonização e optar por essas alternativas mais limpas.

Em relação ao último ponto, a mesma agência (IEA, 2020) já salientou que a eletrólise atingiu o nível de maturidade necessário para operar em escala (o que deverá se traduzir em uma redução significativa dos custos médios de produção), considerando os aumentos substanciais da capacidade instalada dessa tecnologia nos últimos anos (entre 2018 e 2020), e contra os efeitos adversos produzidos pela pandemia da covid-19 na maioria dos indicadores econômicos globais, incluindo investimentos.

Atualmente, a capacidade instalada global de eletrólise é de 300 MW (IEA, 2021a). Desse total, a Europa detém 40% (116 MW), e o continente continuará sendo dominante no mercado graças às políticas de estímulo à produção de hidrogênio eletrolítico

**Vários países da América Latina, como Argentina, Brasil, Colômbia, Chile e México, compartilham características que os tornam candidatos de alta contribuição futura nos níveis projetados de produção e exportação de hidrogênio verde.**





(especialmente na Alemanha, França e Espanha), enquanto a Ásia detém 25% (com a China na liderança). A América Latina, por sua vez, tem atualmente uma capacidade limitada de produção de hidrogênio usando essa tecnologia, contribuindo apenas com uma fração do total global.

Contudo, a região tem um futuro promissor para esse combustível e oferece um grande conjunto de oportunidades para o seu desenvolvimento, especialmente no setor de refino de petróleo, no qual o hidrogênio de baixo carbono poderá ser produzido a curto prazo por meio da utilização do gás natural com captura (CCUS) e, assim, substituir as compras comerciais desse combustível.

Já os setores químico e metalúrgico poderiam substituir ou combinar o hidrogênio com base em gás natural com a variante produzida pelo CCUS ou eletrolítica. No setor de transporte, o hidrogênio de baixo carbono pode contribuir para a descarbonização caso seja aplicado aos meios de transporte que são difíceis de eletrificar, como caminhões e outros veículos muito poluentes.

Conforme destaca a IEA, essas estratégias seriam pontos de partida para aqueles países em que os setores mencionados já dependem do hidrogênio em seus processos, como Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Trinidad e Tobago e México, considerando o prazo necessário para testar novas tecnologias e analisar os efeitos da substituição por variantes de baixo carbono.

Entretanto, podem ser destacados alguns obstáculos que podem dificultar esse processo na região, principalmente a falta de meios e

tecnologias que permitam capturar, transportar e armazenar o CO<sup>2</sup> gerado na produção de hidrogênio e a necessidade de integrar e otimizar a operação das cadeias de valor que produzem e utilizam esse combustível nos seus processos produtivos. Outro desafio são os avanços tecnológicos no transporte, que devem ser efetivamente trazidos para o setor (tanto para empresas quanto para consumidores), o que também implica o desenvolvimento de novas infraestruturas.

Da mesma forma, níveis mais altos de investimento e maturidade são necessários para a produção desse combustível, para que seja possível a economia de escala e que as margens de lucro das empresas não sejam significativamente afetadas por sua implementação, situação que só pode ser atingida a médio e longo prazos.

A esses desafios, devem ser somados os desafios econômicos que afetam constantemente o desenvolvimento da América Latina e as necessárias mudanças regulatórias e financeiras que estabelecem bases sólidas para a criação de um ambiente propício ao investimento.

Nesse sentido, é importante estabelecer regulamentações que estimulem a produção e o uso de combustíveis de baixo carbono, reforcem as obrigações em termos de energias renováveis e gerem incentivos fiscais diretos e indiretos como, por exemplo, impostos sobre combustíveis fósseis e preços de carbono.

Ainda é necessária a articulação público-privada para o desenvolvimento de projetos, de programas de apoio público para financiar os custos de capital

(CAPEX) e operacionais (OPEX) relacionados com a produção do combustível e, entre outras iniciativas, a promoção das normas e certificações de baixo carbono para produtos. Também é preciso implementar bolsas para pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que favoreçam a descarbonização e permitam estimular o uso do hidrogênio como vetor de energia no futuro.

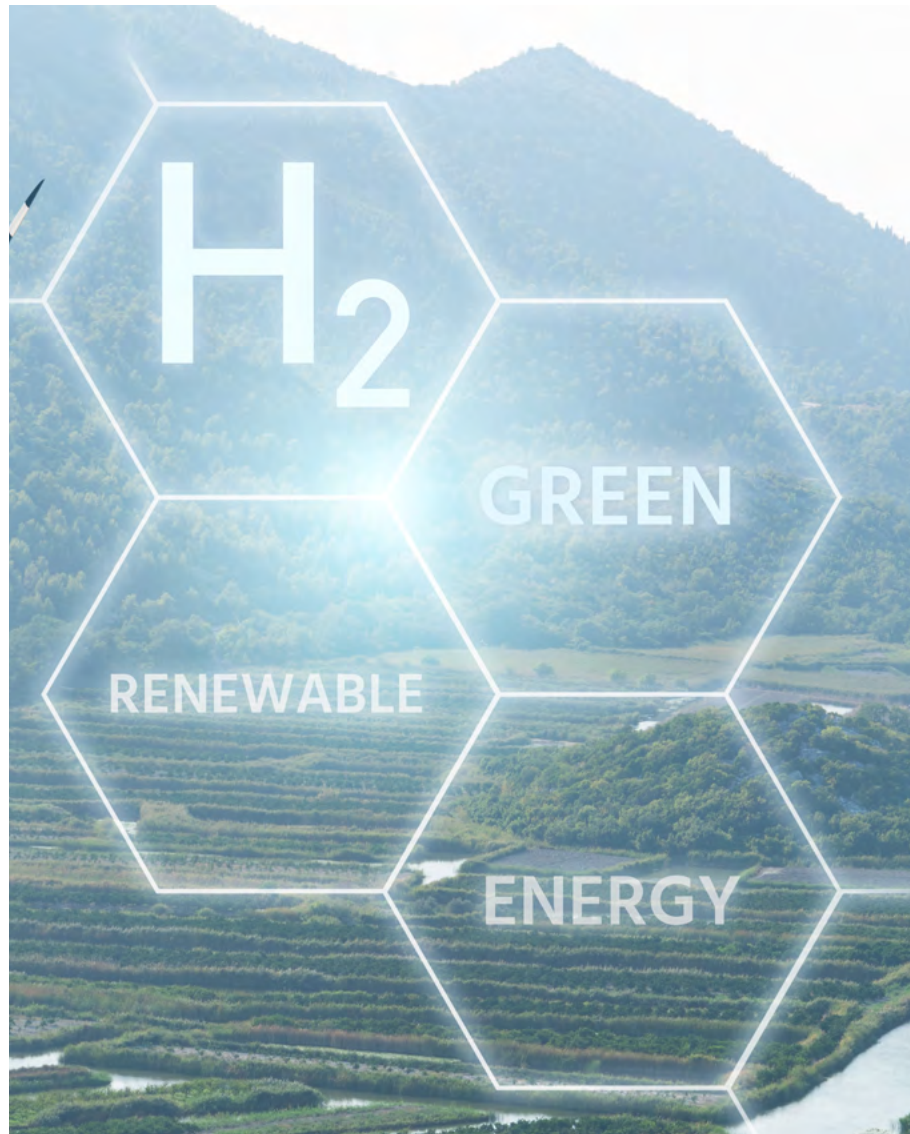
Vale destacar que atualmente há um número significativo de projetos operacionais, em desenvolvimento e anunciados, voltados para a produção de hidrogênio de baixo carbono na América Latina (tabela 1), que mostram o progresso que a região está fazendo nessa direção e como seus países estão se preparando para liderar essa tendência.



**Tabela 1**

**Principais projetos de hidrogênio de baixo carbono na América Latina**  
(em operação ou em desenvolvimento)

Projecto	País	Início das operaçãoe	Status	Produto	Capacidade
Hychico, Comodoro Rivadavia	ARG	2009	Em operação	H2	120+60m3 H2/h
Pico Truncado	ARG		Conceito	H2	
Porto de Pecem - Base Um	BRA	2025	Viabilidade	H2	600 kt H2/ano
Porto de Açú Fortescue Ammonia Project	BRA		Viabilidade	Amônia	300MW
Fortescue Future Industries - Porto de Pecem	BRA	2030	Conceito	H2	15Mt H2/ano
Marítimo Dragão - Qair	BRA	2023	Conceito	H2	296 kt H2/ano
Cerro Pabellón Microgrid 450 kWh Hydrogen ESS	CHL	2017	Em operação	H2	50 kW
HyEx - fase 1	CHL	2024	Viabilidade	Amônia	50MW
HyEx - fase 2	CHL		Conceito	Amônia	780MW
Walmart Quilicura forklifts	CHL	2021	Construção	H2	56t H2/ano
Haru Oni, fase 1	CHL	2022	Construção	Vários	1,25 MW - 750000 l MeOH/ano
AES Gener ammonia project	CHL		Conceito	Amônia	
Hy-Fi	CHL	2025	Conceito	Amônia	650t H2/dia
Haru Oni, fase 2	CHL	2024	Viabilidade	Vários	175 MW - 55 million liter synfuel/ano
Haru Oni, fase 3	CHL	2026	Conceito	Vários	2 GW - 550 million liter synfuel/ano
HNH	CHL	2026	Conceito	Amônia	1400MW
Hoasis (TCP Gecomp)	CHL		Conceito	Vários	2,1W



**Tabela 1 (continuação)**

**Principais projetos de hidrogênio de baixo carbono na América Latina**  
(em operação ou em desenvolvimento)

Projeto	País	Início das operaçãoe	Status	Produto	Capacidade
H Valle Sur	CHL		Conceito	H2	
METH2 Atacama	CHL		Conceito	Vários	300 MW
Quintero LNG terminal	CHL		Viabilidade	H2	10MW
H2V Las Tortolas	CHL	2021	Em operação	H2	2kg H2/dia
Power-to-gas Coquimbo	CHL	2022	FID	H2	150kW
Ecopetrol 50kW electrolyser	COL	2022	Construção	H2	50kW
Costa Rica Transportation Ecosystem Project	CRI	2017	Em operação	H2	1 m3/h
Costa Rica Transportation Ecosystem Project	CRI	2021	Construção	H2	3 m3/h
Energía Los Cabos	MEX		Viabilidade	H2	25MW
Delicias Solar	MEX	2026	Viabilidade	H2	35MW
Dhamma Energy Guanajuato	MEX		Conceito	H2	
Mexican Green Hydrogen Hub	MEX		Conceito	Amônia	
Industrial Cachimayo	PER	1965	Em operação	Amônia	50t NH3/dia
ECB Omega Green biofuel project	PRI	2022	Viabilidade	H2	310MW
Villa Lisa	PRI		Viabilidade	H2	200kgH2/dia
Ciudad del Este	PRI		Conceito	H2	
Encarnación	PRI		Conceito	H2	
NewGen	TTO	2024	Viabilidade	Amônia	170-185MW
BP-Shell Trinidad and Tobago green NH3	TTO	2024	Viabilidade	Amônia	27200 t H2/ano
H2U (antigo projeto Verne)	URI		N/A	H2	1.5MW

Além da planta industrial de Cachimayo, no Peru, que funciona desde 1965, tem capacidade de 25MW e é atualmente uma das mais importantes do mundo, há outras iniciativas que começaram a operar mais recentemente como parte desse processo de transformação para o hidrogênio de baixo carbono.

Esses são os casos de Cerro Pabellón e de H2V Las Tórtolas no Chile (com capacidades de 50kW e 2 kg de hidrogênio por dia, respectivamente), que começaram a operar em 2017 e 2021, da Hychico na Patagônia Argentina (0,55 MW), em operação desde 2009, e do Ecosystema de Transporte Sustentável na Costa Rica, que busca eletrificar o transporte por meio do uso de hidrogênio de fontes renováveis e está em operação desde 2017.

Ao mesmo tempo, há diversos projetos em diferentes fases de desenvolvimento que devem entrar em operação até 2030, principalmente na Argentina, Chile, Brasil e México. Entre eles, destaca-se o HyEx (2024) (ENGIE; ENAEX, 2021) e o Haru Oni (2022) (SIEMENS ENERGY, 2021), projetos chilenos de baixo carbono que visam, por um lado, substituir a amônia importada para diferentes aplicações na mineração, que é o setor mais representativo da economia chilena (especialmente de cobre) e, por outro, produzir um combustível ecológico com efeito neutro sobre o meio ambiente. Os dois projetos contemplam uma fase piloto que, posteriormente, será ampliada para outras etapas, com o objetivo final de gerar os excedentes necessários para exportação.

Da mesma forma, em 2021, o Ministério de Minas e Energia do Brasil declarou o hidrogênio como área prioritária para desenvolvimento. O País atualmente conta com quatro projetos em fase inicial e com datas estimadas para início das operações em 2023, 2025 e 2030.

Na Argentina, um grupo interdisciplinar e interministerial foi criado em 2021 com o objetivo de criar um roteiro para o desenvolvimento do hidrogênio e, ao mesmo tempo, atualizar a Lei de Promoção do Hidrogênio, originalmente sancionada em 2006.

Finalmente, cabe destacar que outros países da região, como Bolívia, Colômbia, Paraguai, Peru, México e Uruguai, também estão planejando e desenvolvendo diferentes iniciativas voltadas à produção de hidrogênio limpo, detalhadas na tabela 1.

Há uma revolução em curso na geração de hidrogênio de baixo carbono na América Latina. Um grande número de projetos que aumentam ao longo do tempo é uma prova clara desse processo. No futuro, é desejável que a maioria dessas iniciativas entre em operação e a região ocupe o lugar previsto pelos especialistas, tornando-se um hub de países produtores e exportadores de hidrogênio verde de baixo custo.

Como a IEA destaca em um dos seus últimos estudos (SIEMENS ENERGY, 2021), os testes piloto serão a pedra fundamental para atingir o crescimento sustentado desse produto, permitindo que os países se familiarizem com a tecnologia e tomem decisões pensadas para o futuro.

No entanto, para que isso aconteça, os governos latino-americanos devem avançar tanto nas novas regulamentações que promovam esse negócio e criem um ambiente propício ao investimento, quanto em políticas e medidas que priorizem o acesso ao financiamento para esses projetos. Essas mudanças, sozinhas, já representam um grande desafio para a região.

## Em 2021, o Ministério de Minas e Energia do Brasil declarou o hidrogênio como área prioritária para desenvolvimento.



# Considerações finais

**No futuro, avaliando-se a situação climática global delicada, a necessidade de redução das emissões de CO<sub>2</sub> e o cumprimento das metas estipuladas no Acordo de Paris (recentemente destacadas na última Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas [COP26]), é esperado um maior desenvolvimento das energias renováveis e, conseqüentemente, um aumento da produção de hidrogênio verde. Isso não só exigirá uma reorganização dos custos e preços envolvidos na sua produção, mas também, ao mesmo tempo, uma capacidade de produção por eletrólise.**

Da mesma forma, é importante destacar que a ponderação dos fatores descritos ao longo da seção anterior e que afetarão o caminho de desenvolvimento do hidrogênio verde mundialmente, vai se refletir no aparecimento gradual, mas sustentado, de novos setores que demandam esse combustível em substituição ao hidrogênio cinza e outros combustíveis muito poluentes.

Nesse sentido, considerando que se estima que cerca de 99% do hidrogênio produzido mundialmente seja de baixo carbono até 2050, espera-se que os setores muito poluentes, como o de geração de energia elétrica (ainda amplamente dependente de fontes fósseis), indústrias e transporte, entre outros, comecem a mudar sua fonte de energia para esse combustível nos próximos 30 anos.

O contexto é propício para que a América Latina tenha um papel fundamental, pois além de contar com uma recursos naturais e fontes renováveis, cujo desenvolvimento já alimenta os sistemas energéticos de vários de seus países, está dando passos firmes para se transformar na referência regional na produção e exportação futuras de hidrogênio verde.

No entanto, essa transição exigirá que os governos da região promovam novos marcos legais e políticas adequadas, que incentivem os investimentos nesse combustível e forneçam o apoio público e o financiamento necessários para desenvolvê-lo.

Exemplos dessas iniciativas seriam a promoção da pesquisa e desenvolvimento focados no hidrogênio de baixo carbono e suas aplicações potenciais como vetor de energia no futuro (considerando que muitas dessas tecnologias ainda não amadureceram), a aplicação de incentivos ao uso de energias renováveis, que contemplem impostos sobre combustíveis fósseis e preços sobre emissões de carbono, e medidas destinadas a facilitar os investimentos no desenvolvimento de hidrogênio de baixo carbono, como incentivos fiscais e subsídios à produção.

Em um setor que se encontra na fase inicial de desenvolvimento, também será importante a cooperação e a conexão internacional, como a disponibilidade e o acesso ao financiamento público, com o objetivo de mitigar o alto risco financeiro comumente associado às fases iniciais do ciclo de vida de um produto e, ao mesmo tempo, funcionar como apoio para promover o seu desenvolvimento a médio prazo. Isso deverá ocorrer até que o financiamento privado substitua gradativamente o financiamento público, estimulado pela redução dos riscos e pela maior rentabilidade.

Por fim, deve-se observar que o papel que cada país adotar para o desenvolvimento do hidrogênio de baixo carbono dependerá não apenas do planejamento e dos objetivos estratégicos definidos por seus governos, mas também do caminho percorrido para a adoção e uso de energias renováveis. E aí está uma das principais vantagens dos países latino-americanos.

Paralelamente, a orientação para essa jornada deve ser sustentada por uma estratégia regional integrada, que congregue políticas internas, planejamento e, sobretudo, condições regulatórias, jurídicas e financeiras adequadas, que facilitem e promovam investimentos para o desenvolvimento desse combustível.



# Referências

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). *Hidrógeno verde: un paso natural para Uruguay y hacia la descarbonización*. 2021.

BLOOMBERG. *El hidrógeno de América Latina podría ser el más barato del mundo*. 2022. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/latam/blog/el-hidrogeno-de-america-latina-podria-ser-el-mas-barato-del-mundo/>>. Acesso em: 2022.

ENGIE; ENAEX. *HyEx – The Green Ammonia in Chile*. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Global Hydrogen Review 2021*. 2021a.

\_\_\_\_\_. *Hydrogen in Latin América. From near-term opportunities to large-scale deployment*. 2021b.

\_\_\_\_\_. *Hydrogen. More efforts needed*. 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/hydrogen>>. Acesso em: 2022.

\_\_\_\_\_. *Hydrogen Projects Database*. 2021c. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/hydrogen-projects-database>>. Acesso em: 2022.

\_\_\_\_\_. *Latin America's hydrogen opportunity: from national strategies to regional cooperation*. 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/commentaries/latin-america-s-hydrogen-opportunity-from-national-strategies-to-regional-cooperation>>. Acesso em: 2022.

\_\_\_\_\_. *The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities*. 2019.

SIEMENS ENERGY. *Una nueva realidad de hidrógeno: combustible a partir del agua y del viento*. 2021.

# Contato



**Manuel Fernandes**

Sócio-líder de Energia e Recursos Naturais  
da KPMG na América do Sul  
[mfernandes@kpmg.com.br](mailto:mfernandes@kpmg.com.br)

[kpmg.com/socialmedia](https://kpmg.com/socialmedia)

