

Hidrogênio na América Latina

De oportunidades no curto prazo à implantação em larga escala

Sumário Executivo



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 30 member countries, 8 association countries and beyond.

Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at www.iea.org/t&c/

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Source: IEA. All rights reserved.
International Energy Agency
Website: www.iea.org

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States

The European Commission also participates in the work of the IEA

IEA association countries:

Brazil
China
India
Indonesia
Morocco
Singapore
South Africa
Thailand



Sumário executivo

A América Latina¹ é, atualmente, uma das regiões líderes no uso de energias renováveis e uma das que possui um papel importante para o desenvolvimento do hidrogênio de baixo carbono, um elemento crucial para que se atinjam emissões líquidas zero. Neste contexto, o hidrogênio de baixo carbono vem ganhando a atenção dos decisores políticos na região, principalmente devido ao seu potencial de produzir volumes grandes e competitivos de hidrogênio para exportação aos mercados globais no longo prazo. Até o momento da escrita deste relatório, 11 países² da região já haviam publicado (ou ainda estavam em fase de preparação) suas estratégias e roteiros para o desenvolvimento do hidrogênio em nível nacional, e um conjunto de mais de 25 projetos estão em fase inicial de desenvolvimento.

O hidrogênio de baixo carbono também pode ter uma grande importância nas transições para energias limpas na América Latina, que vêm ganhando impulso nos últimos anos, com vários países anunciando seus ambiciosos objetivos climáticos e, dando passos para traduzir tais objetivos em ações. Na próxima década, fontes renováveis variáveis, eficiência energética e eletrificação direta continuarão a conduzir a redução de emissões na região, com base nas tecnologias já existentes.

Após 2030, os esforços para a descarbonização dependerão cada vez mais de tecnologias que ainda não estão disponíveis. Tais tecnologias incluem aplicações para hidrogênio de baixo carbono que: poderão substituir combustíveis fósseis onde a implementação da eletrificação direta pode apresentar desafios; favorecerão a integração de fontes renováveis através do armazenamento de energia no longo prazo; entre outras aplicações. A próxima década será crucial para o desenvolvimento inicial e demonstração dessas tecnologias emergentes, antes de apresentarem um custo competitivo.

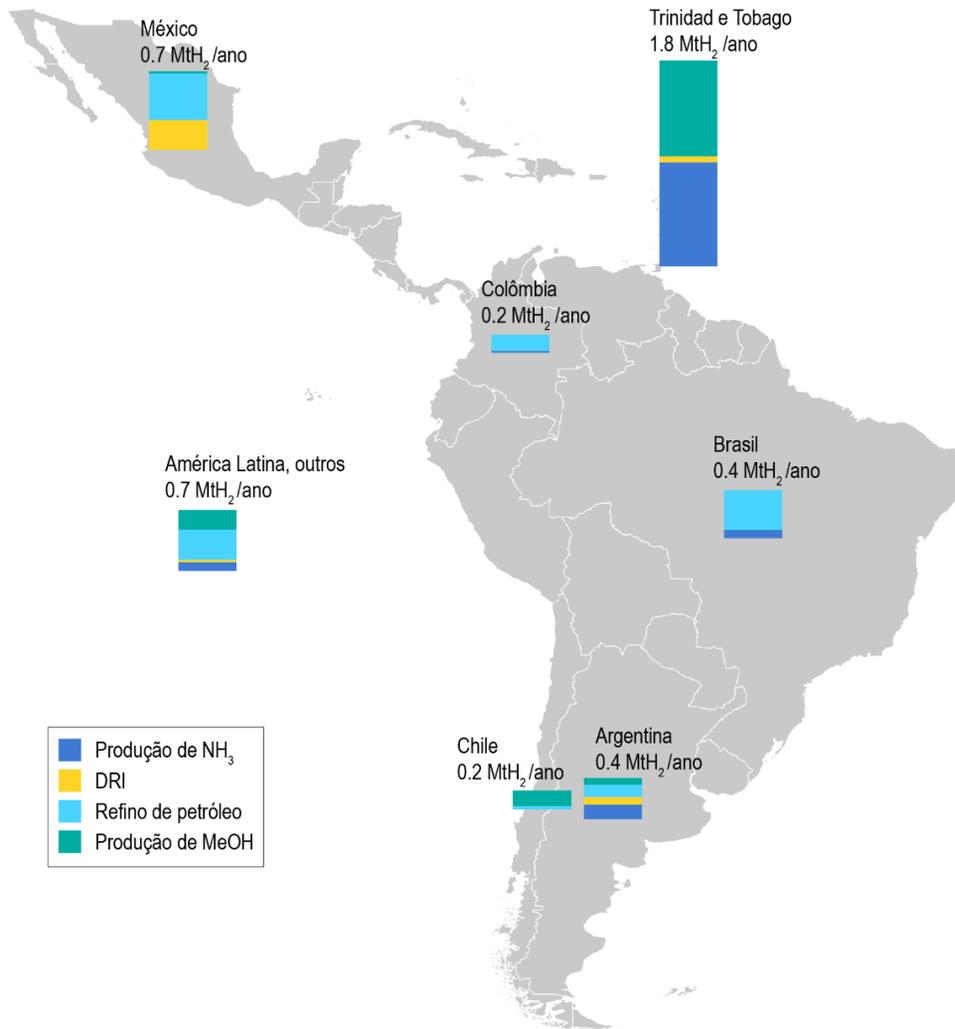
Embora o hidrogênio não emita dióxido de carbono (CO₂) em seu estágio final, os atuais processos de produção já são responsáveis por grandes volumes de emissões na região. Na América Latina, os setores industriais e de refino de petróleo requereram mais de 4 Mt de hidrogênio em 2019 (aproximadamente 5% da demanda mundial), para a produção de amônia, metanol, aço e produtos refinados de petróleo. Em 2019, a produção de

¹ Neste relatório, América Latina inclui o Caribe

² Chile (publicado), Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Costa Rica, El Salvador, Panamá, Paraguai, Trinidad e Tobago e Uruguai (em preparação).

hidrogênio na região demandou mais gás natural do que toda a oferta de gás no Chile, e emitiu mais CO₂ na atmosfera do que toda a frota de veículos da Colômbia. Quase 90% da demanda regional de hidrogênio em 2019 esteve concentrada nas cinco maiores economias³ da região e em Trinidad e Tobago que foi, sozinho, responsável por mais de 40% da demanda total de hidrogênio.

Demanda de hidrogênio, América Latina, 2019



AIE. Todos os direitos reservados.

Nota: NH₃ = amônia; MeOH = metanol; DRI = *direct reduction of iron*.

Fontes: IEA analysis based on IEA statistics, data from the International Fertilizer Association, Wood Mackenzie, World Steel Association Steel Statistical Yearbook, Argentinian Petrochemical Institute Yearbook, ANP (Brasil) eSistema de Información Energética (Mexico), entre outros.

³ Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e México.

Em 2019, a produção de hidrogênio de baixo carbono limitou-se a três projetos pilotos na Argentina, Chile e Costa Rica. A fim de atender a demanda de energia e os objetivos climáticos da região, o hidrogênio de baixo carbono terá de substituir a produção de hidrogênio na região, de modo a suprir a demanda adicional para novos usos nas próximas décadas. A sua produção poderá aumentar substancialmente com base no portfólio atual de projetos, que inclui pelo menos cinco grandes projetos da magnitude de gigawatts para a produção de hidrogênio a partir de eletricidade, tendo como alvo mercados de exportações ao invés do mercado doméstico. Para que se tenha um impacto nas transições de energias limpas na América Latina, os setores de uso final devem também se beneficiar das vantagens competitivas da região na produção de tal combustível, de modo a reduzir as emissões, encontrar oportunidades e criar empregos num cenário de emissões zero. A versatilidade do hidrogênio como um vetor de armazenamento de energia permite a cada país adaptar o desenvolvimento de suas estratégias a seus respectivos contextos e prioridades no longo prazo, de modo a oferecer oportunidades para explorar suas vantagens estratégicas, cadeias de valor industriais, capacidades tecnológicas e infraestrutura.

O hidrogênio de baixo carbono tem um potencial para reduzir as emissões e destravar novas oportunidades comerciais no longo prazo

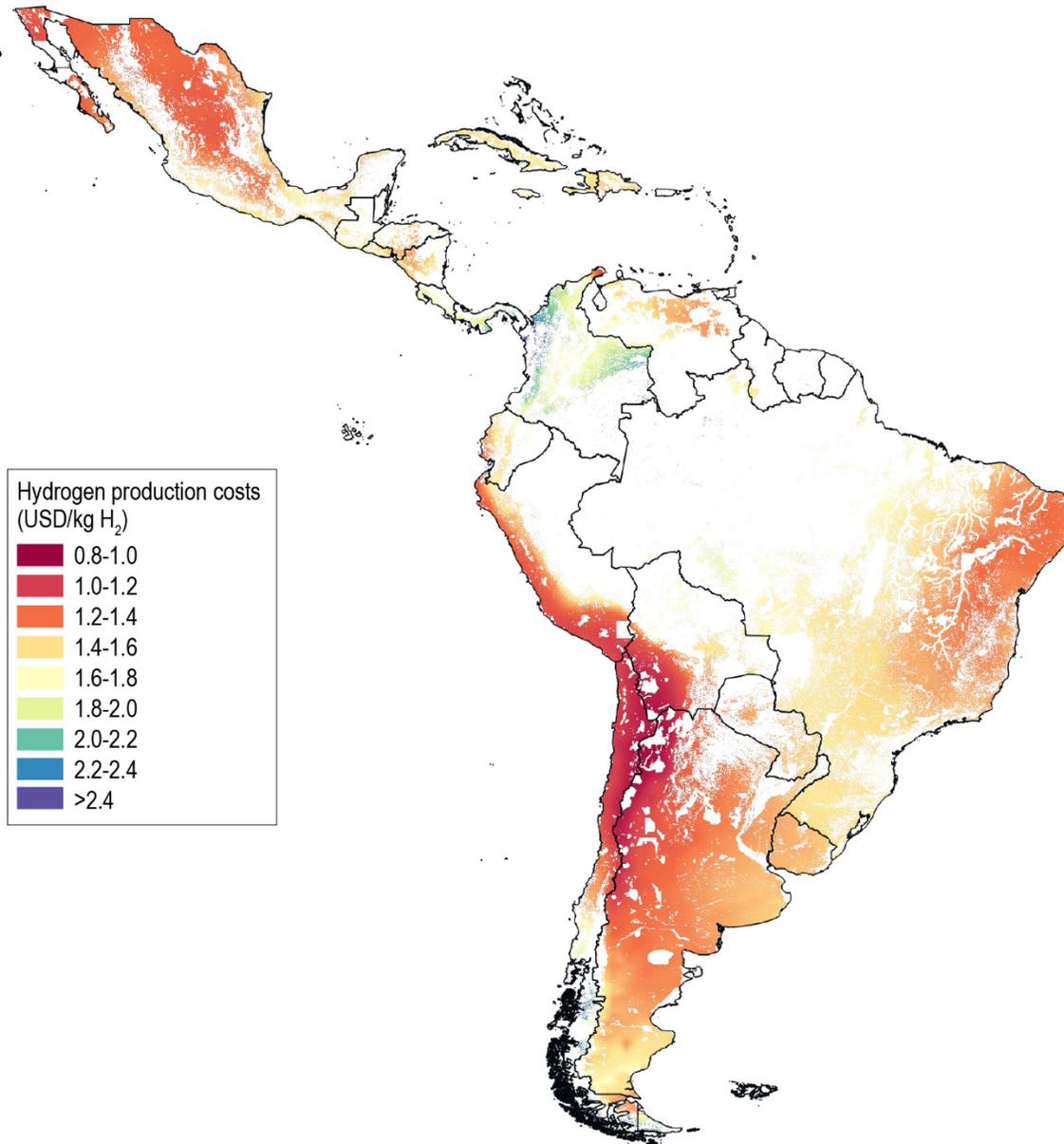
O hidrogênio de baixo carbono pode ser um dos catalisadores das transições para energias limpas na América Latina, de modo a substituir os combustíveis fósseis em usos finais não-adequados para a eletrificação direta. Isto inclui suas aplicações na indústria e nos transportes, onde os caminhos para a descarbonização são limitados (por exemplo, na produção de aço e no transporte marítimo de longa distância), assim como em algumas aplicações onde o hidrogênio será complementar e competirá com outras tecnologias sustentáveis (por exemplo, no transporte rodoviário).

Certos usos do hidrogênio de baixo carbono podem ser específicos para determinados países da região. Praticamente todos os países da região precisarão descarbonizar o setor de transportes para cumprir com suas ambições climático-energéticas, e poderão encontrar oportunidades para desenvolver tecnologias de hidrogênio nesse setor. Por outro lado, oportunidades na indústria pesada estão concentradas em alguns países, cuja atividade é responsável por grande parte das emissões. Brasil e México foram responsáveis por mais de 80% da produção de aço da região em 2019. Aproximadamente metade das emissões de Trinidad e Tobago são oriundas da indústria química, que produz e consome grandes volumes de hidrogênio de origem fóssil e sem

compensação de emissões. No Chile e no Peru, os usos do hidrogênio de baixo carbono no setor de mineração têm o potencial de substituir grandes volumes de diesel e propiciar a redução significativa das emissões no longo prazo. Os países latino-americanos também podem aproveitar oportunidades para capitalizar as capacidades industriais e tecnológicas existentes, bem como cadeias de valor e infraestrutura, como parte da sua estratégia de baixo carbono no longo prazo.

Alguns países latino-americanos têm o potencial de produzir mais hidrogênio de baixo carbono do que consomem, graças aos seus recursos de energias renováveis abundantes e competitivos. O Chile almeja produzir e exportar o hidrogênio proveniente de fontes renováveis mais competitivo do mundo até 2030. Outros países da região compartilham as condições necessárias para fazer da região um líder na produção deste recurso. Os países produtores de combustíveis fósseis podem também aproveitar a infraestrutura já existente, a fim de produzir hidrogênio de baixo carbono como, por exemplo, através da captura e armazenamento de carbono emitido pelas já existentes instalações. Em certos países, como no Brasil, a disponibilidade de carbono biogênico, oriundo das instalações de produção de biocombustíveis e bioeletricidade, podem também auxiliar na produção e exportação de combustíveis sintéticos, que requerem tanto carbono quanto hidrogênio.

Custo nivelado da produção de hidrogênio via eletrólise alimentada por sistema solar híbrido e eólico onshore, América Latina, 2050



AIE. Todos os direitos reservados..

Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Assumptions: Electrolyser CAPEX = USD 232-341/kW; solar PV CAPEX = USD 325/kW; onshore wind CAPEX = USD 1 200/kW.

Weather datasets: Wind data: Copernicus Climate Change Service (2020), ERA5 hourly data on single levels from 1970 to present, <https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47>, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Solar PV: renewables.ninja, www.renewables.ninja.

Exclusion zones based on: ESA and UCL (2011), *GLOBCOVER 2009: Products description and validation*; USGS (1996), *Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30)*; Global Lakes and Wetlands Database (GLWD): Lehner and Döll (2004), "Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands", *Journal of Hydrology*, Vol. 296, Issues 1–4, 20 August 2004, pp. 1-22; FAO-UNESCO (2007), *The Digital Soil Map of the World*; WDPA (2020), December 2020.

Para alguns países, isto pode vir a destravar oportunidades de exportação de produtos de baixo carbono que são fabricados a partir do hidrogênio e que já são internacionalmente comercializados, como amônia e aço. Podem ainda beneficiar-se de mecanismos de ajuste de carbono em alguns mercados nos próximos anos. Um aumento no comércio pode também beneficiar países que não possuem condições para exportar o hidrogênio de baixo carbono, como o Panamá, que depende da intersecção de rotas comerciais marítimas e que vem projetando-se como um *hub* de distribuição de hidrogênio para toda a região.

Estimular a instalação de cadeia de valores a fim de fabricar equipamentos (por exemplo, eletrolisadores e células a combustível) pode não somente ajudar a reduzir os custos, como também criar trabalhos altamente qualificados e oportunidades econômicas para a região. Tal iniciativa pode ser considerada como um objetivo de políticas industriais.

Por fim, o hidrogênio de baixo carbono pode contribuir para o aumento da segurança energética e para a integração de fontes renováveis no sistema elétrico. Isto poderá ser alcançado através do armazenamento de energia sazonal e inter-anual de eletricidade, utilizando excedentes provenientes de fontes renováveis, em uma região amplamente dependente da geração hidrelétrica. Em alguns países, o hidrogênio produzido através de fontes renováveis poderá também substituir uma parcela das importações de gás natural, além de promover estabilidade no fornecimento de eletricidade oriundo de fontes renováveis em algumas ilhas e sistemas isolados.

Desenvolver hidrogênio de baixo carbono na América Latina será um desafio complexo

O desenvolvimento da produção de hidrogênio de baixo carbono bem como suas implicações, consistem em um desafio complexo para a América Latina no longo prazo, que requerirá um trabalho simultâneo em múltiplas frentes e de maneira coordenada. A única maneira de atingir isto é através do engajamento de todas as partes interessadas e relevantes, o que inclui governos, indústria, agências de pesquisa e inovação, serviços financeiros, uniões comerciais e sociedade civil.

Diferentemente do desenvolvimento em fontes renováveis de natureza variável, a produção de hidrogênio de baixo carbono e seus usos dependem de várias tecnologias que ainda não atingiram um certo estágio de maturidade. Os tomadores de decisão de políticas energéticas deverão, portanto, formular medidas adaptadas para fomentar tais tecnologias sustentáveis à medida que estas chegam ao mercado, assim como outras

políticas mais amplas, como a precificação de carbono, para promover sinais econômicos a longo prazo. A América Latina poderá basear-se em suas próprias experiências para desenvolver e implementar tecnologias limpas, como as de biocombustíveis no setor de transporte brasileiro. A recente implementação de fontes renováveis de natureza variável na região foi capaz de apoiar-se nos já existentes mercados elétricos e suas respectivas infraestruturas, a fim de alcançar os mercados consumidores. Entretanto, a demanda de hidrogênio de baixo carbono dependerá da instalação simultânea e coordenada de tecnologias emergentes de uso final e infraestrutura para que a região possa utilizar o hidrogênio produzido, de maneira similar aos começos do aproveitamento do gás natural.

Difundir o uso do hidrogênio de baixo carbono demandará investimentos em infraestrutura adequada, o que inclui novas linhas de transmissão (para que a eletricidade de baixo carbono chegue até os eletrolisadores para projetos *on-grid*), transporte de hidrogênio, armazenamento e terminais portuários. Novas cadeias de valor serão necessárias para contribuir para essa maior difusão e captura de múltiplos benefícios, tais como instalação de plantas manufadoras de eletrolisadores, criação de empregos e oportunidades econômicas. Isto demandará um foco na educação, a fim de desenvolver as habilidades e capacidades das quais o setor precisa.

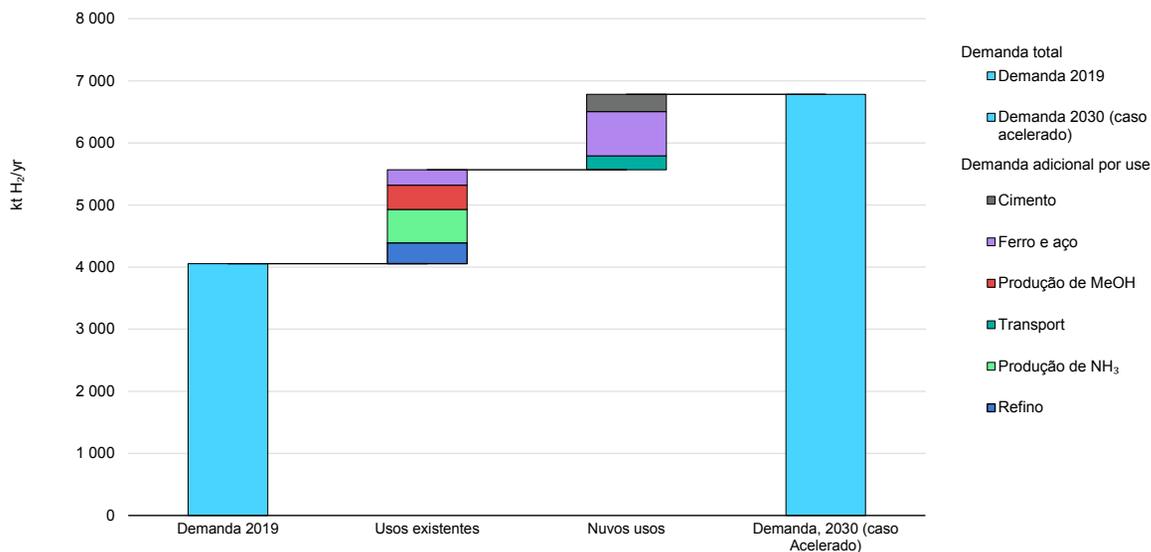
A próxima década será crucial para assegurar o potencial do hidrogênio de baixo carbono na América Latina no longo prazo

Muito pode ser feito na região para assegurar o lugar do hidrogênio de baixo carbono no cenário futuro. Durante a próxima década, os esforços iniciais devem ser focados em P&D, pilotos e na implementação inicial da produção do hidrogênio e suas tecnologias de consumo, bem como em preparar as condições para sua adoção em larga escala no longo prazo. Para países que tem como objetivo se tornarem futuros exportadores, estabelecer esquemas de certificação e garantias de origem – internacionalmente compatíveis –, assim como mecanismos de coordenação com futuros parceiros comerciais, lhes permitirá capturar novas oportunidades comerciais para o hidrogênio de baixo carbono e seus produtos derivados.

Os usos existentes do hidrogênio irão, entretanto, dominar a demanda na América Latina até 2030, com novos usos na indústria e transportes representando menos de 20% da demanda total nesse ano. Estes usos existentes podem absorver parcelas crescentes do hidrogênio de baixo carbono, substituindo alternativas intensivas em

carbono e auxiliando a produção do hidrogênio de baixo carbono no curto prazo, mesmo sem investimento adicional em infraestrutura de uso final.

Mudança na demanda de hidrogênio por setor, Caso acelerado, América Latina, 2019-2030



AIE. Todos os direitos reservados.

Sources: IEA analysis based on IEA statistics, country surveys and data from the International Fertilizer Association, Wood Mackenzie, World Steel Association Steel Statistical Yearbook, Argentinian Petrochemical Institute Yearbook, ANP (Brazil) and Sistema de Información Energética (Mexico), among others.

Desenvolver padrões de segurança e tecnologia é um pré-requisito para o uso de hidrogênio em novas aplicações, especialmente aquelas que ocorrem próximas ao consumidor, como veículos de células a combustível ou o uso de hidrogênio em edifícios. Algumas tecnologias de baixo carbono, como os veículos de células a combustível, irão enfrentar, num estágio inicial, o dilema “do ovo ou da galinha”, visto que sua adoção dependerá que infraestruturas de apoio estejam disponíveis em tempo oportuno. Esquemas de certificação de baixo carbono e garantias de origem podem também ser uma prioridade inicial, já que podem demorar anos para serem totalmente desenvolvidos e implementados. Tais esquemas podem estimular a demanda local por hidrogênio de baixo carbono e, no longo prazo, destravar oportunidades comerciais internacionais para a região (no caso destes esquemas serem reconhecidos pelos parceiros comerciais).

Na próxima década, reformar as instalações existentes para a produção de hidrogênio, com a adição de captura e armazenamento de carbono, pode se tornar a rota mais competitiva para a produção de baixo carbono em várias localidades, especialmente

naquelas que requerem grandes volumes de hidrogênio e fornecimento estável, como plantas de amônia e grandes refinarias. Porém, isto dependerá da disponibilidade de locais permanentes para o armazenamento de CO₂ e suas respectivas infraestruturas. Alguns países podem também encontrar oportunidades para iniciar a produção de hidrogênio utilizando eletricidade de baixo carbono e água, rota tecnológica com alta expectativa de tornar-se a opção mais competitiva de médio a longo prazo, à medida que a geração renovável e eletrolisadores se tornem economicamente acessíveis.

Recursos públicos serão necessários para P&D e projetos de demonstração, assim como para o suporte inicial de tecnologias emergentes, pois estas tecnologias de baixo carbono serão (quase sempre) mais caras que as alternativas intensivas em carbono. À medida que tecnologias são desenvolvidas, aplicadas e seus custos tornam-se competitivos, medidas de apoio econômico podem ser gradualmente removidas e substituídas por medidas regulatórias.

Recomendações para os decisores políticos

Tendo em vista os complexos desafios envolvidos, as partes políticas decisoras deverão desenvolver um conjunto de medidas políticas e regulatórias sob medida para guiar suas prioridades estratégicas, a fim de colher os benefícios do hidrogênio de baixo carbono. Cada país possui um conjunto distinto de oportunidades e desafios em relação a: demanda e fornecimento existentes de hidrogênio, rotas de produção de baixo carbono e setores de demanda, cadeias de valor industrial existentes, infraestrutura e ecossistemas dos participantes do mercado, capacidades tecnológicas e serviços financeiros, entre outros aspectos cruciais. Assim sendo, o planejamento estratégico deve ser informado através de uma análise cuidadosa e uma visão clara do papel do hidrogênio na transição energética nacional. Deve-se também considerar claramente a posição de cada país no futuro cenário global do hidrogênio. Baseado nestas análises, a publicação de *roadmaps* fornece uma direção comum para impulsionar o setor público, investidores privados e academia rumo ao objetivo de realizar as promessas do hidrogênio.

Juntamente aos esforços nacionais, o nível regional (América Latina) apresenta outras oportunidades que devem ser consideradas ao determinar as áreas prioritárias em escala nacional. Durante a fase inicial de P&D, pilotos e desenvolvimento, a colaboração regional pode acelerar a curva de crescimento e explorar sinergias, de modo a reduzir o tempo até atingir o mercado e garantir a adaptação das tecnologias aos pré-requisitos regionais. O desenvolvimento de hidrogênio em larga escala tem o potencial de criar um

novo setor industrial para a produção de equipamentos de alta tecnologia. Cadeias de fornecimento regionais para a manufatura de equipamentos (como eletrolisadores e células a combustível) podem criar oportunidades e empregos além das grandes economias. Isto realça a importância de padrões harmonizados e esquemas de certificação para facilitar a cooperação e o comércio internacional. Diálogo internacional e coordenação serão importantes para fomentar as conexões necessárias entre os diferentes acionistas e participantes do mercado, bem como para posicionar a região no cenário futuro do hidrogênio de baixo carbono. Dadas as ambições globais, a região deve ativamente participar de iniciativas que busquem definir o futuro dos mercados de hidrogênio, como o [Clean Energy Ministerial Hydrogen Initiative](#), a [International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy](#), a [Clean Hydrogen Mission](#) e o [IEA Hydrogen TCP](#).

Desse modo, o hidrogênio de baixo carbono pode representar uma oportunidade ímpar para a América Latina em um mundo de emissões líquidas zero. Este relatório propõe seis recomendações para os decisores políticos na América Latina, os quais podem agir hoje para garantir, no longo prazo, as seguintes oportunidades:

- Definir uma visão de longo prazo para o hidrogênio no sistema energético.
- Identificar oportunidades no curto prazo e apoiar o desenvolvimento inicial de tecnologias-chave.
- Apoiar esquemas iniciais de financiamento e reduzir o risco de investimentos.
- Focar em P&D e habilidades para colher os frutos além da redução das emissões.
- Utilizar esquemas de certificação para incentivar a produção e criar oportunidades de mercado.
- Promover a cooperação regional e internacional a fim de posicionar a América Latina no cenário global do hidrogênio.

Brazilian Portuguese translation of *Hydrogen in Latin America (Executive Summary)*

Este relatório foi escrito originalmente em inglês. Embora todo o cuidado tenha sido tomado para que esta tradução seja o mais fiel possível, pode haver pequenas diferenças entre este texto e a versão original.

No reproduction, translation or other use of this publication, or any portion thereof, may be made without prior written permission. Applications should be sent to: rights@iea.org

This publication reflects the views of the IEA Secretariat but does not necessarily reflect those of individual IEA member countries. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the publication's contents (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the publication. Unless otherwise indicated, all material presented in figures and tables is derived from IEA data and analysis.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA. All rights reserved.

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Contact information: www.iea.org/about/contact

Typeset in France by IEA - August 2021

Cover design: IEA

Photo credits: © Shutterstock

Hydrogen H_2

