Hidrogênio na América Latina: um estudo dos projetos de produção e de infraestrutura (2000-2025)

Denisia Araujo Chagas Alonso[1]

Hugo dos Santos Silva[2]

Resumo

O presente trabalho objetiva investigar o avanço do hidrogênio na América Latina, a partir do estudo de projetos de infraestrutura e de produção desenvolvidos na região no período entre 2000 e 2025. A pesquisa é caracterizada como descritiva dos projetos de infraestrutura e produção dos países latinos. Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o conceito de desenvolvimento sustentável e a economia do meio ambiente. A técnica utilizada foi a de natureza quantitativa, através da análise de dados de projetos de infraestrutura e produção de hidrogênio disponibilizados pela International Energy Agency (IEA). Os resultados apontaram que a maioria dos projetos de produção ainda está na fase de intenção (42,57%), enquanto apenas 8,42% dos projetos estão em operacão. Brasil, Chile, Colômbia e México concentram a maior parte dos projetos de produção. Há predominância dos projetos de hidrogênio verde, cujo principal objetivo é a produção de hidrogênio (56,44%), amônia (34,65%) e metanol (4,46%). Em relação à infraestrutura, a maior parte dos projetos está na fase operacional (61,76%) e estudo de viabilidade (23,53%). O Brasil, Chile e México concentram 73,53% desses projetos, com o México e o Brasil liderando na quantidade de projetos em fase operacional. De modo geral, a maior parte dos projetos de infraestrutura é de portos de amônia (85,29%) e de mistura de hidrogênio (5,88%), com o Brasil direcionando todos os seus projetos para portos de amônia.

Palavras-chave: Transição Energética; Energia Renovável; Economias Emergentes; Hidrogênio Verde.

Hydrogen in Latin America: a study of production and infrastructure projects (2000-2025)

Abstract

This study aims to investigate the progress of hydrogen in Latin America, based on the study of infrastructure and production projects developed in the region between 2000 and 2025. The research is characterized as a descriptive study of the infrastructure and production projects in Latin American countries. A literature review was conducted on the concept of sustainable development and environmental economics. The technique used was quantitative in nature, through the analysis of data from hydrogen infrastructure and production projects made available by the International Energy Agency (IEA). The results showed that most production projects are still in the planning phase (42.57%), while only 8.42% of projects are operational. Brazil, Chile, Colombia, and Mexico concentrate most of the production projects. There is a predominance of green hydrogen projects, with the main objective being the production of hydrogen (56.44%) and ammonia (34.65%) and methanol (4.46%). Regarding infrastructure, most of the projects are in the operational phase (61.76%) and feasibility study (23.53%). Brazil, Chile, and Mexico account for 73.53% of these projects, with Mexico and Brazil leading in the number of projects in the operational phase. Overall, most infrastructure projects are ammonia ports (85.29%) and hydrogen blending (5.88%), with Brazil focusing all of its projects on ammonia ports.

Key-words: Energy Transition; Renewable Energy; Emerging Economies; Green Hydrogen.

[1] Professora Associada do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação Profissional em Economia da Universidade Federal de Sergipe. E-mail: denisia@academico.ufs.br

[2] Graduando em Economia pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: hugobem00@gmail.com

Área 8. Economia Ecológica, Mudança Climática e Sustentabilidade

1. Introdução

O hidrogênio é utilizado como meio de armazenamento para energia renovável intermitente e como vetor energético para áreas isoladas que precisam de fornecimento de energia, possuindo um potencial energético que favorece o seu transporte e armazenamento, podendo estar no estado sólido, líquido, gasoso ou sendo convertido em produtos químicos (Abdin *et al.*, 2020).

Atualmente, a América Latina (AL) é uma das regiões líderes na utilização de energias de fontes renováveis, o que incentiva o interesse contínuo nessa região devido ao seu potencial no mercado internacional de hidrogênio (Ramos *et al.*, 2022). Ainda assim, a transição para o hidrogênio verde na AL é um processo complexo, que exige não apenas inovação tecnológica, mas também uma relevante coordenação econômica e política (Santos, 2024).

Embora a AL tenha potencial para produzir hidrogênio, o interesse e atenção às condições necessárias para implementar um ambiente favorável de infraestrutura e produção se apresentam como uma tarefa relevante para os formuladores de políticas públicas, que abrange problemas regionais, desafios iniciais na implementação dos projetos e incertezas diante do futuro do mercado interno e global de hidrogênio.

Diante desse cenário, este trabalho apresenta as seguintes indagações: como está o andamento dos projetos relacionados à produção e infraestrutura de hidrogênio na América Latina? Quais são as principais características dos projetos de produção e infraestrutura?

Nesse sentido, o trabalho objetiva investigar o avanço do hidrogênio na América Latina, a partir do estudo de projetos de infraestrutura e de produção desenvolvidos na região no período entre 2000 e setembro de 2025.

No que diz respeito à metodologia, esta pesquisa é caracterizada como descritiva, já que investiga os projetos de infraestrutura e produção de hidrogênio dos países latinos, identificando as características dos projetos de cada país, concentrações produtivas e melhores condições de infraestrutura. Ademais, os métodos de procedimentos adotados foram desenvolvidos através de pesquisa bibliográfica. A técnica utilizada foi a de natureza quantitativa.

Quanto à coleta de informações, foram utilizados dados de projetos de infraestrutura e produção de hidrogênio disponibilizados pela International Energy Agency (IEA). Os dados relacionados aos projetos de produção abrangem os projetos encomendados para produzir hidrogênio ou aliviar as mudanças climáticas, e inclui projetos em fase de planejamento ou em construção.

No que tange aos dados de projetos de infraestrutura de hidrogênio, abrangem os projetos em desenvolvimento de terminais de importação e exportação dedicados a hidrogênio de baixa emissão

e combustíveis à base de hidrogênio, gasodutos de hidrogênio e instalações de armazenamento subterrâneo.

Incluindo esta introdução, o trabalho possui seis seções. A segunda seção apresenta o referencial teórico sobre o conceito de desenvolvimento sustentável e a economia do meio ambiente. A terceira seção discute sobre projetos de hidrogênio, a partir de questões relacionadas à infraestrutura, viabilidade e políticas públicas. A quarta seção apresenta um breve panorama do hidrogênio no mundo e na AL. A quinta seção investiga os projetos de produção e infraestrutura de hidrogênio na AL. Por fim, são expostas as considerações finais do trabalho.

2. Desenvolvimento sustentável, economia e meio ambiente

O conceito de desenvolvimento sustentável foi desenvolvido na década de 1970, sob o nome de ecodesenvolvimento, sendo resultado do empenho para encontrar uma terceira via, em oposição aos desenvolvimentistas e aos defensores do crescimento zero (Romeiro, 2012).

Assim sendo, a literatura diverge sobre a possibilidade de conciliar o crescimento econômico com o meio ambiente, defende-se que preservar o meio ambiente pode implicar crescimento zero, decrescimento ou pode haver a possibilidade do crescimento através do progresso técnico. Inclusive, pode-se nem defender a ideia de crescimento ou decrescimento, removendo o PIB do debate e incluindo indicadores diretos de bem-estar social e ambiental (Romeiro, 2012).

O Relatório Brundtland, conhecido como “Nosso Futuro Comum”, publicado pela World Commission on Environment and Development (1987), apresenta que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades presentes sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, e cujo objetivo principal é satisfazer e atender as necessidades humanas.

Nessa perspectiva, o relatório aponta que as mudanças institucionais, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a exploração dos recursos devem atingir um equilíbrio e fortalecer o potencial presente e futuro, com o intuito de servir às necessidades e ambições da humanidade.

Entre os pontos relevantes apresentados pelo Relatório Brundtland, é possível destacar: (1) a relevância da redução da utilização de energia e matérias-primas pela indústria devido ao aumento da produtividade e eficiência; (2) energias renováveis e rendimento energético devem ser uma das prioridades nacionais e podem substituir as energias não renováveis; (3) regulamentações e incentivos podem estimular as indústrias a preservarem o meio ambiente e otimizar a utilização de recursos; (4) a situação do sistema econômico internacional pode levar os países em desenvolvimento a uma industrialização inadequada, reduzindo a proteção ambiental e a eficiência administrativa dos recursos naturais; (5) cooperações internacionais podem fornecer assistência

financeira, técnica e institucional para países em desenvolvimento; (6) programas, políticas e o orçamento das instituições e governos são relevantes para os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, destacam-se duas correntes de interpretação no debate acadêmico em economia do meio ambiente: economia ambiental e economia ecológica (Romeiro, 2001). Em 2008, foi criado o termo economia verde pelo PNUMA (2008 apud Oliveira, 2017) que também trata da relação entre a economia e natureza. Desse modo, são abordados sucintamente aspectos teóricos dessas três visões econômicas.

Na perspectiva da economia ambiental (neoclássica), admite-se que a economia retira os recursos naturais e os devolve em forma de resíduos e rejeitos no processo de produção e consumo. Inclusive, os recursos limitados disponíveis na natureza poderiam levar a uma crescente escassez de materiais, bem como há a possibilidade da poluição gerada pelo sistema econômico ultrapassar a capacidade de assimilação dos resíduos dos ecossistemas (Andrade, 2008).

No longo prazo, os recursos naturais não representam um limite absoluto à expansão econômica, pois esta visão se apoia nas premissas de que não existem limites para o progresso tecnológico e científico aumentar a eficiência da utilização dos recursos naturais, e que o trabalho, capital e recursos naturais são perfeitamente substituíveis entre si (Romeiro, 2012).

Nesses moldes, a segunda lei da termodinâmica (Lei da Entropia) não existiria na economia, visto que o processo de crescimento econômico estaria se distanciando progressivamente de sua base energética/material com o aumento indefinido da eficiência da utilização dos recursos naturais, fazendo com que a emissão dos resíduos tendesse a zero. Além disso, os ecossistemas da natureza que foram degradados pelo homem seriam substituídos por capital, e dessa maneira, a restrição ocasionada pela disponibilidade de recursos naturais é considerada relativa devido à infinita capacidade de progresso tecnológico e científico (Romeiro, 2012).

Segundo a economia ecológica, o decrescimento sustentável pode ser entendido como a redução socialmente sustentável e equitativa, e eventual estabilização do fluxo de energia e matérias da sociedade (utilização de recursos naturais para produção e a devolução para a natureza em forma de resíduos e rejeitos), de maneira que o metabolismo do corpo social alimentado por esse fluxo intensifica os efeitos da Lei da Entropia. Esse efeito ocasiona a redução do PIB, mas essa diminuição não é o objetivo do decrescimento sustentável (Kallis, 2011). Estudos de Buch-Hansen (2018) apontam a ideia de que determinados setores (como energias renováveis e educação) precisam se desenvolver enquanto outros (como o setor financeiro e indústrias poluentes) devem encolher ao invés de sugerir um decrescimento generalizado.

Dentro desse contexto, a economia ecológica caminha em sentido semelhante, embora seus teóricos debatam entre o decrescimento e um estado estacionário, em que a economia pode parar de

crescer, mas continuar se desenvolvendo. Essa corrente considera todos os custos de produção e não apenas os monetários, além de não acreditar que o desenvolvimento econômico trará soluções para os desafios ambientais e recusa a ideia de crescimento econômico infinito (Oliveira, 2017).

Daly (2004) aponta que o crescimento não é sustentado devido à economia ser um subsistema aberto do ecossistema terrestre, limitado, não crescente e materialmente fechado, e à medida que o subsistema econômico aumenta, ele incorpora uma proporção cada vez maior do ecossistema total e deve alcançar um limite de sua capacidade.

Dentro dessa visão, o autor aponta argumentações de que o crescimento é quantitativo e qualitativo, tornando-o distinto das leis da física, e que crescimento é diferente de desenvolvimento. Por isso, o termo "desenvolvimento sustentável" faz sentido para a economia apenas se existir desenvolvimento sem crescimento, ou seja, o aprimoramento qualitativo de uma economia física mantida no estado estacionário pelo transumo de matéria-energia que está dentro das capacidades assimilativas e regenerativas do ecossistema.

Diferentemente da economia ecológica e da economia ambiental, a economia verde ainda não possui um dilema quanto ao crescimento econômico e sustentabilidade, tem como foco a implementação de ações voltadas ao desenvolvimento sustentável, abordando inclusão social e qualidade ambiental por meio do incentivo a inovações provindas de políticas públicas e não da força do próprio mercado, o que rompe com a visão neoclássica liberal (Oliveira, 2017; Diniz; Bermann, 2012).

Essas visões colaboram para entender o que se deve esperar de ações voltadas ao avanço energético, sobretudo pela perspectiva da economia verde, que se sustenta em critérios como o baixo carbono, eficiência energética, inovação, governança global e agenda verde (Sawer, 2011 *apud* Oliveira, 2017).

3. Projetos de hidrogênio: infraestrutura, viabilidade e políticas públicas

Para construir uma infraestrutura de H_2 em larga escala voltada para produção, distribuição e utilização, é necessário investimento significativo e mudanças nos sistemas de energias existentes, o que torna sua viabilidade um desafio (Mansilha *et al.*, 2026).

Para implantar o hidrogênio em larga escala é imprescindível um sistema de armazenamento e transporte estrategicamente projetado para conectar as fontes de suprimento aos centros de demanda de maneira eficaz e economicamente eficiente. Entretanto, ainda existem incertezas sobre como sua produção, consumo e distribuição geográfica evoluirão, o que influencia o desenvolvimento de sua infraestrutura (IEA, 2021a).

Diante desse cenário, a eficiência do projeto depende das tecnologias utilizadas para localização da infraestrutura em relação aos recursos para produção de hidrogênio, as redes existentes de gás natural e eletricidade, bem como o seu desenvolvimento futuro (IEA, 2021a).

De modo complementar, a adoção do hidrogênio verde enfrenta desafios logísticos, tecnológicos e econômicos, com as tecnologias atuais de baixa eficiência e altos custos de produção, além da baixa densidade energética e alta volatilidade, que dificultam seu armazenamento e transporte, visto que o armazenamento de hidrogênio por absorção de materiais absorvem e liberam hidrogênio quando aquecido, mas exigem altas temperaturas para liberação de hidrogênio, limitando a utilização e reduzindo a vida útil devido às variações de temperatura. Devido a esses diversos fatores, a viabilidade econômica torna-se um desafio (Silva; Toffoli; Ribeiro, 2025).

Dessa maneira, torna-se essencial a adoção de soluções como armazenamentos seguros, eficientes e economicamente viáveis para integrar o hidrogênio aos diversos setores, como geração de energia, transporte e armazenamento sazonal de energia (Khan *et al.*, 2025).

Segundo Palovic e Poudineh (2022), o transporte de hidrogênio em grandes quantidades tende a induzir dois desalinhamentos que o processo de planejamento não consegue abranger: (1) ocorre um desalinhamento tecnológico devido à utilização das redes de energia elétrica e gás de forma mais ampla, de modo que os limites técnicos superam a capacidade administrativa para o planejamento da rede; e (2) o desalinhamento institucional que ocorre em razão das redes de energia elétrica e gás, a arquitetura e o processo de planejamento serem centralizados devido às suas características de monopólio natural, contrapondo a arquitetura descentralizada de algumas opções de distribuição de hidrogênio, como no setor de transportes, e com caráter ponto a ponto do atual setor de hidrogênio.

Para produzir H_2 em larga escala utilizando a eletrólise, é necessário o estabelecimento e desenvolvimento de infraestruturas capazes de acomodar a integração de eletrolisadores de água conectados à rede elétrica, incluindo estruturas e equipamentos para o sistema de alimentação de água do eletrolisador e soluções de armazenamento e transporte para o H_2 produzido (Mansilha *et al.*, 2026).

No entanto, a disponibilidade de recursos hídricos para produção de hidrogênio a partir de eletrólise da água é uma das dificuldades existente, visto que a água precisa estar em determinadas condições para ser utilizada, e a utilização de águas residuais industriais e urbanas surge como uma alternativa sustentável para abastecimento (Pinto *et al.*, 2025).

A água é escassa em alguns locais, bem como sua baixa qualidade impacta na eficiência energética, na durabilidade dos materiais e nos custos operacionais no processo de eletrólise. Por isso, o reuso das águas residuais apresenta potencialidades devido aos custos serem menores em

relação à dessalinização da água do mar ou captação e tratamento da água potável, e pela infraestrutura de estação de tratamento de esgoto já existente em áreas urbanas e industriais poderem ser adaptadas para fornecer água tratada destinada à eletrólise, diminuindo os investimentos em novos sistemas de abastecimentos (Pinto *et al.*, 2025).

Vale frisar, ainda, que a implementação de projetos de hidrogênio pode ocasionar em impactos negativos, como alterações no escoamento das águas superficiais, risco de fragmentação de ecossistemas e o comprometimento de atividades tradicionais, aumento das emissões de gases, poeira e ruído de obras, além de impactos socioeconômicos em comunidades tradicionais (Nunes filho, 2025).

Diante dos variados desafios, o Estado pode desempenhar função relevante na viabilidade dos projetos de hidrogênio, por meio de políticas que reduzem as barreiras à entrada nos mercados, como a incerteza sobre o desempenho técnico do hidrogênio verde, os altos custos dos eletrolisadores e o risco de investir em uma indústria em desenvolvimento (Berg; Rubio, 2022).

Além disso, o governo pode reduzir as inseguranças relacionadas à demanda de hidrogênio por meio de compras públicas para uso doméstico, ou em países importadores, inclusive, possibilitar a redução de custos de financiamento e atrair investimentos estrangeiros por meio de licenciamento simplificado, regulamentações claras e investimentos e infraestrutura facilitadora (IEA, 2025b).

Segundo Pereira *et al.* (2026), os principais objetivos de políticas e marcos regulatórios estão relacionados à busca para facilitar a realização de investimentos, garantir segurança no processo de produção, armazenamento e uso do hidrogênio, promover pesquisa e inovação, apoiar o desenvolvimento de infraestrutura e incentivar a colaboração internacional.

A transferência de conhecimento dos países pioneiros pode auxiliar na aceleração das emissões líquidas zero, e são importantes no processo inicial de adoção, quando as novas tecnologias geralmente são menos competitivas em relação às tecnologias já estabelecidas (IEA, 2021a).

À vista disso, a cooperação regional possui grande relevância para a promoção da mobilidade sustentável, que exige uma infraestrutura adequada e padrões para veículos com emissões zero, de baixo transporte de carbono e aviação para toda a região (Oliveira, 2022).

4. Breve Panorama do hidrogênio: global e na América Latina

O mercado de hidrogênio verde somente começou a ganhar espaço nos últimos anos. Os países pioneiros nos projetos de desenvolvimento em hidrogênio de baixo carbono são Japão, Austrália, Coréia do Sul e países da União Europeia (Scita; Raimondi; Noussan, 2020).

No entanto, a China, Estados Unidos e a Europa são os maiores consumidores de hidrogênio em refinarias, contribuindo para altos níveis de emissões de CO_2 devido à cadeia de valor ser limitada principalmente a produção e uso de hidrogênio cinza, o que representa cerca de metade do consumo total de hidrogênio nas refinarias (Scita; Raimondi; Noussan, 2020).

Com exceção do Mar Cáspio e Rússia, a Ásia Pacífico necessitou de cerca de 52 milhões de toneladas de hidrogênio em 2020, o que lhe confere como a maior demanda global de hidrogênio, cujas tecnologias necessárias para atendimento dessa demanda foram por meio da utilização de carvão, representando aproximadamente 60% do hidrogênio consumido na região (Alsulaiman, 2023).

A demanda global de hidrogênio em 2024 aumentou 2% em comparação com o ano anterior, impulsionados pelo maior consumo de setores que tradicionalmente consumem hidrogênio, como a indústria e refino de petróleo (IEA, 2025b). Já a produção de hidrogênio de baixas emissões[3] teve um aumento de 10% em 2024, mas ainda representa menos de 1% da produção global (IEA, 2025b).

A adoção de hidrogênio de baixas emissões ainda não está atendendo as ambições estabelecidas nos últimos anos devido a fatores como ambientes regulatórios incertos, demanda, altos custos e lento desenvolvimento de infraestrutura.

De acordo com a IEA (2025b), as projeções de probabilidade dos projetos de eletrólise se tornarem operacionais até 2030 variam conforme o país. A Europa, Estados Unidos e Canadá representam 50% dos projetos que são quase certos ou possui forte potencial, com 18% a 16% da capacidade dessas regiões se enquadrando nessas categorias, enquanto a China lidera com um terço dos projetos que são quase certos ou possui forte potencial, com 85% da capacidade anunciada no país se enquadrando nessa categoria. Por outra ótica, a África e América Latina abrangem mais de um terço da capacidade que tem baixo potencial ou é incerto em relação a sua operacionalidade até 2030, com 95% dos projetos se enquadrando nessa categoria.

Segundo a IEA (2021), a região da América Latina e Caribe possui uma combinação de fatores que impulsionou o crescente interesse no hidrogênio na região, que foram:

1) As principais economias da América Latina produzem grandes volumes de combustíveis fósseis não controlados para uso na indústria pesada, e o Trinidad and Tobago é um dos maiores produtores mundiais de amônia e metanol;
2) A AL possui uma das maiores participações mundiais de energias renováveis na geração de eletricidade;
3) Há quantia significativa de recursos de petróleo e gás na região.

[3] Segundo Scita, Raimondi e Noussan (2020), o hidrogênio de baixa emissão de carbono inclui o hidrogênio verde, azul, amarelo e turquesa.

A Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, México, Peru e Bolívia possuem significativas possibilidades para desenvolver uma indústria de hidrogênio verde competitiva por possuírem uma matriz energética relativamente limpa e a abundância de energias renováveis de baixo custo (ECLAC, 2022 *apud* OECD; CAF; European Union, 2022).

No caso brasileiro, o país tem um extraordinário potencial do hidrogênio para armazenamento de energia para sua demanda interna e para exportação. O Brasil atualmente sofre de excesso de produção de energias renováveis que ainda não podem ser armazenadas, ocasionando em cortes de energia e gerando prejuízos bilionários para os produtores de energia eólica e solar (Paulo, 2025).

Nesse sentido, o desenvolvimento de hidrogênio em larga escala possui o potencial de criar um fornecimento regional para a produção industrial de equipamentos, o que proporciona um ambiente para geração de empregos e oportunidades superiores às das grandes economias e que ressalta a relevância de padrões e mecanismos de certificações para facilitar a cooperação e o comércio internacional (Oliveira, 2022).

Além disso, existe a expectativa de que parte da demanda doméstica de H_2 da AL venha do setor de transportes, devido a indústria de transportes da região ser uma fonte relevante de emissões de carbono (Berg; Rubio, 2022).

Segundo a IEA (2024a), a América Latina possui grandes oportunidades no mercado interno relacionadas principalmente ao refino e produção de amônia, que oferece aplicações de imediato em larga escala, podendo proporcionar a redução da dependência de importações de fertilizantes em uma região onde a agricultura contribui de maneira significativa para o PIB nacional.

Entretanto, de acordo com a IEA (2025b), existem diversos fatores que atrasam o avanço dos investimentos já comprometidos, visto que a maior parte dos projetos anunciados pelos mercados emergentes e em desenvolvimento é para exportação, tornando-os dependentes da demanda externa que ainda não se consolidou em larga escala.

Os projetos em andamento, inclusive, exigem que a capacidade fotovoltaica e eólica quase triplique na América Latina, além dos custos em financiamento em economias emergentes e em desenvolvimento serem até três vezes maiores do que em economias desenvolvidas, tornando os projetos não competitivos.

Adicionalmente, uma das causas dos investimentos em energias renováveis terem sido relativamente baixos na América Latina e no Caribe é devido ao lento crescimento econômico na última década, em que o PIB da região avançou apenas cerca de um terço do ritmo de crescimento médio global (IEA, 2024b).

Há também desafios que a América Latina e o Caribe enfrentam que geram insegurança sobre a transição energética na região, tal como a incerteza política quanto às mudanças abruptas na

direção do governo, a vulnerabilidade às condições climáticas, o populismo, o preço das *commodities* e a coordenação entre as partes interessadas (World Energy Council, 2024).

No que diz respeito às ações de cooperação internacional na AL, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas de 2023, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Organização Latino-Americana de Energia (OLACDE) lançaram o CertHiLAC, que é um sistema de certificação para hidrogênio limpo e de baixo carbono na América Latina e no Caribe (OLACDE, s.d.).

Assim sendo, quatorze países da região assinaram uma declaração conjunta para a implementação do CertHiLAC, a fim de atender os padrões internacionais e considerar as características específicas da América Latina e Caribe, com o intuito de proporcionar um ambiente regulatório benéfico para incentivar investimentos e facilitar a difusão de conhecimento (OLACDE, s.d.).

Em 2023, foi realizado na Coreia do Sul o “Programa Treinamento KEA-BID 2023 em Energias Renováveis e Hidrogênio Verde”, financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e pela Agência de Energia da Coreia (KEA), com o objetivo de compartilhar as políticas e as melhores práticas da República da Coreia com autoridades latino-americanas sobre o tema (México, 2023).

O projeto "Fortalecimento das Capacidades da América Latina para o Cumprimento das Normas Internacionais na Certificação de Hidrogênio de Baixa ou Zero Emissão e seus Derivados para Fins de Exportação" foi lançado em novembro de 2024 pela Agência Chilena de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AGCID), e financiado pelo Fundo de Cooperação Triangular Chile-União Europeia (UE), no âmbito do Programa ADELANTE 2 (AGCID, 2024). O projeto tem como objetivo impulsionar o mercado de energia limpa na América Latina e Caribe, e identificar os requisitos e padrões para o cumprimento das normas internacionais.

No entanto, apesar dessas iniciativas, segundo a Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2023), o nível de comércio entre os países, a distância geográfica, o capital humano do país receptor, o grau de investimentos em infraestrutura industrial interna e o nível de flexibilidade das políticas ambientais nacionais determinam a transferência internacional de tecnologia para reduzir as mudanças climáticas. A América Latina e o Caribe enfrentam problemas com a limitada diversificação econômica, baixa produtividade e dependência econômica de setores com baixo valor agregado, bem como nem todos os países da região possuem a mesma capacidade ou estrutura para absorver todas as tecnologias.

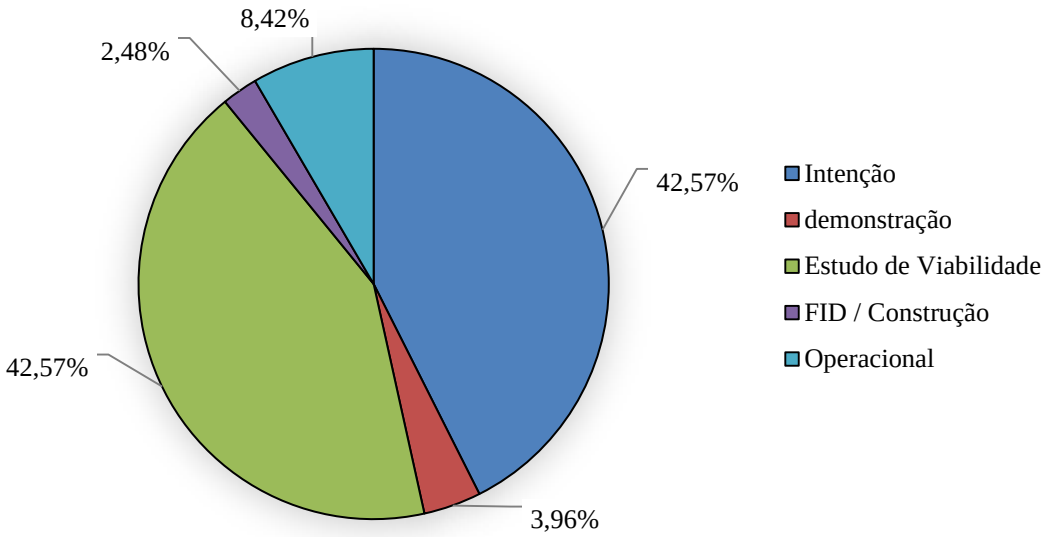
5. Um estudo dos projetos de hidrogênio na América Latina

Esta seção apresenta os projetos de hidrogênio desenvolvidos na América Latina, a partir do estudo de projetos de produção e de infraestrutura no período entre 2000 a setembro de 2025, com destaque para o avanço dos projetos e suas principais características.

5.1. Projetos de Produção

A pesquisa revelou que na América Latina estão em andamento 202 projetos de produção de hidrogênio no período entre 2000 a 2025. O gráfico 01 mostra que existe variação no andamento desses projetos, em que 42,57% estavam na fase de intenção (conceito), ou seja, estavam definindo o que será feito e não possuíam estudos técnicos avançados, enquanto apenas 3,96% estão na fase de demonstração (demo), realizado em escala reduzida. Além disso, 42,57% dos projetos encontram-se na fase de estudo de viabilidade, enquanto 2,48% estavam na fase de decisão final de investimento (FID/Construção) e já estão em construção. Inclusive, apenas 17 projetos (8,42%) chegaram na fase operacional, produzindo hidrogênio.

Gráfico 01: América Latina - *Status* dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão (2000-2025)

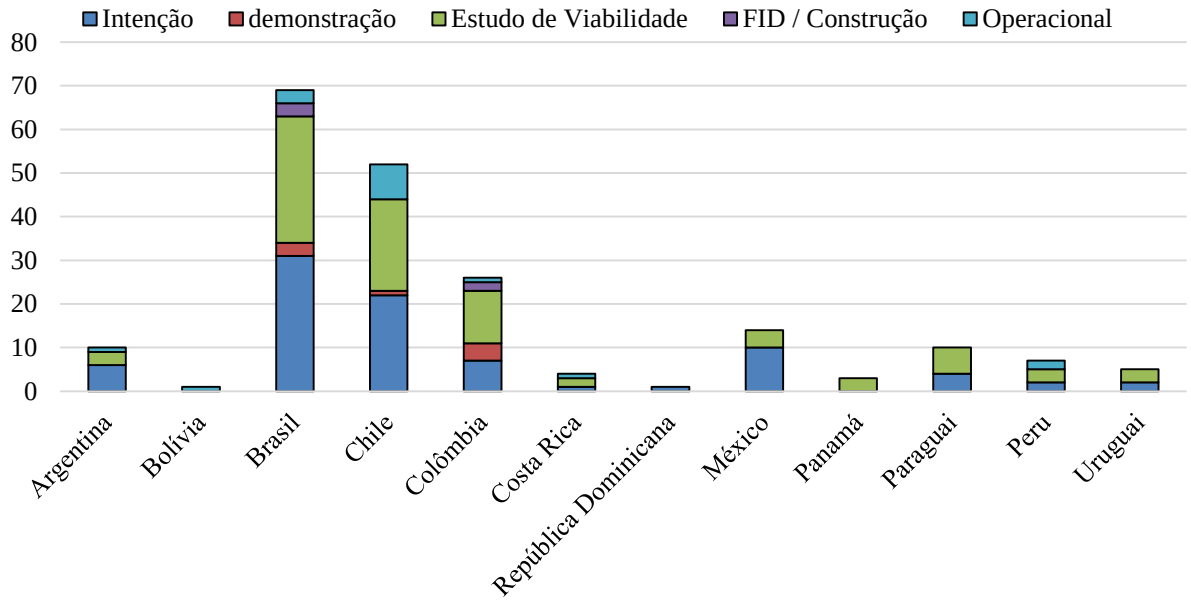


Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Vale observar que não houve projetos descomissionados nos países analisados da AL. Ademais, no mundo, apenas 09 projetos foram descomissionados entre os anos de 2000 a 2025, o que sugere uma alta taxa de sucesso quando o projeto entra em execução.

Em perspectiva regional (gráfico 02), a maior parte dos projetos de produção de hidrogênio concentra-se no Brasil (34,16%), Chile (25,74%), Colômbia (12,87%), México (6,93%), Argentina (4,95%) e Paraguai (4,95%). Juntos, esses 06 países concentram 89,6% dos projetos da região.

Gráfico 02: América Latina - *Status* dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão, por país (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Dos projetos existentes, apenas o Brasil e Colômbia estão na fase de construção, com 03 e 02 projetos, respectivamente. Por outro lado, o Chile lidera com 08 projetos na produção de hidrogênio (operacional), seguido pelo Brasil (03), Argentina (01), Colômbia (01), Costa Rica (01) e Bolívia (01).

Anteriormente, o Chile era o país com o maior número de projetos, seguidos de Brasil, Colômbia, Argentina, México, Costa Rica, Uruguai e Peru (Cortés; Soto, 2023), porém no cenário atual, o Brasil superou a quantidade de projetos de hidrogênio do Chile. Embora o Brasil possua maior quantidade de projetos, a liderança de projetos operacionais do Chile deve ser ressaltada. Segundo a IEA (2025b), a AL teve uma redução de 15% nos projetos de hidrogênio, relacionados a cancelamentos ou adiamentos de mais da metade dos projetos do Chile, enquanto o Brasil aumentava em 60% sua capacidade, graças ao anúncio do seu novo programa de polos. Ainda assim, a concretização dos projetos na região até 2030 ainda é incerta.

Sepúlveda (2026) reconhece o potencial do Chile para o hidrogênio verde, embora assinale que o país sofre com gargalos institucionais, implicando muitos projetos atrasados e/ou cancelados. Esses gargalos estão relacionados principalmente a conflitos territoriais e institucionais, bem como

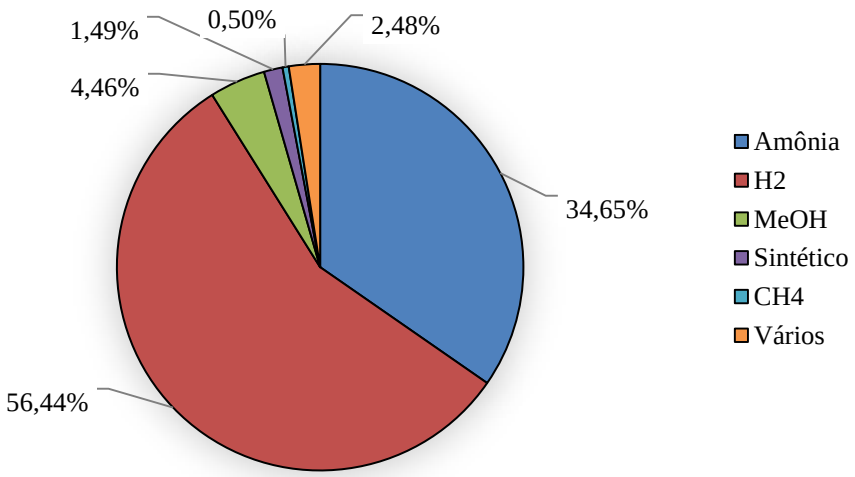
à regulamentação e atrasos de permissões. O processo de licenciamento é complexo e extenso devido às autorizações, concessões e permissões serem administradas por diferentes instituições que trabalham com uma coordenação limitada, o que aumenta a incerteza no desenvolvimento dos projetos. No que tange a conflitos territoriais, os projetos de hidrogênio em grande escala frequentemente encontram dificuldades com outras prioridades estratégicas, como a conservação da biodiversidade, territórios indígenas, turismo e observatórios astronômicos de classe mundial situados nas regiões do norte.

Além disso, o autor afirma que existem incentivos financeiros diretos limitados, com apoio a políticas voltadas para projetos-piloto, subsídios à inovação e financiamento em estágios iniciais, assim como processos de licenciamento fragmentados e ausência de mecanismos robustos de estímulo à demanda de mercado e de mitigação de riscos, o que são barreiras encontradas nos mercados emergentes de hidrogênio.

No que diz respeito ao Panamá, este possui uma localização estratégica na encruzilhada das principais rotas marítimas, tornando-o um centro global para o transporte marítimo e um polo para o comércio regional (IEA, 2021a). Todavia, o país possui apenas 03 projetos, dos quais todos se encontram em estudo de viabilidade.

Em relação ao tipo de produto que os projetos latinos objetivam (gráfico 03), 56,44% são de hidrogênio (H_2), 34,65% de Amônia, 4,46% são de metanol (MeOH), 2,48% são de vários tipos, 1,49% são sintéticos e 0,5% são de metano (CH4).

Gráfico 03: América Latina – Produto dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

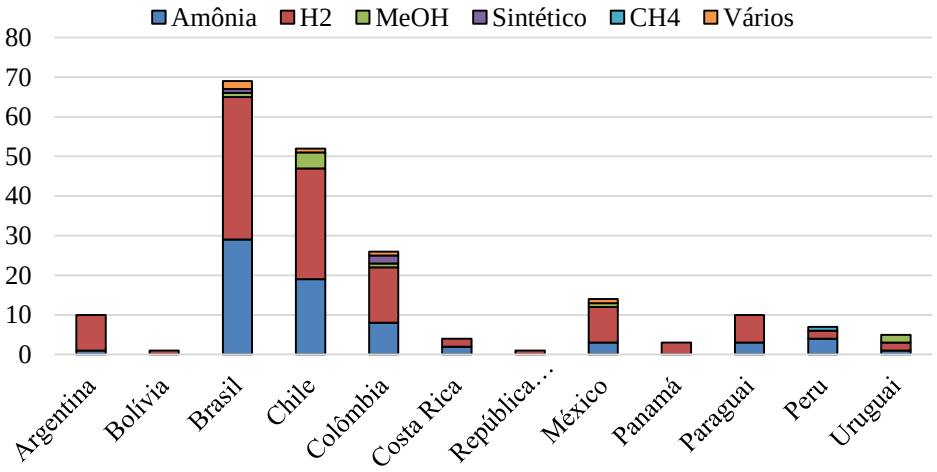
Diversos países da América Latina estão utilizando como estratégia o foco nas oportunidades de exportação de hidrogênio (IEA, 2024a). Entretanto, em 2023, não houve aumento global no

número de projetos anunciados relacionados ao comércio de hidrogênio e combustíveis à base de hidrogênio, sugerindo uma maior concentração em oportunidades do mercado interno e gerando incertezas quanto ao tamanho do mercado global de hidrogênio (IEA, 2024a).

O lento desenvolvimento do mercado global para os combustíveis e matérias-primas a base de hidrogênio reduziu alguns projetos na AL voltados a exportação, os quais foram cancelados ou tiveram a data de início de operação para depois de 2030 (IEA, 2025b).

Na distribuição regional (Gráfico 04), Brasil, Chile e Colômbia concentram os projetos latinos que objetivam hidrogênio (H_2), amônia e metanol (MeOH). O Brasil sozinho responde por 41% de projetos regionais voltados para o hidrogênio e 32% para a amônia.

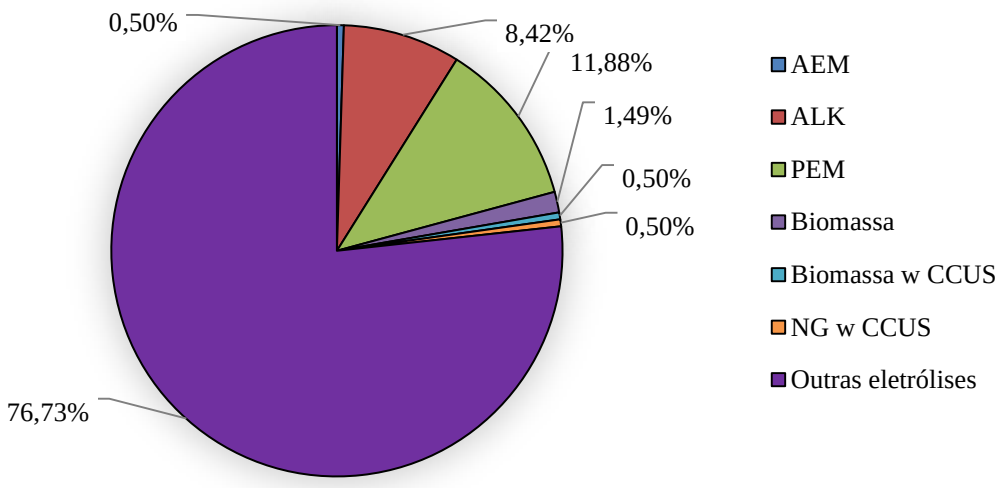
Gráfico 04: América Latina – Produto dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão, por país (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

O gráfico 05 apresenta a tecnologia dos projetos de produção de hidrogênio de baixa emissão. Dos projetos existentes, 11,88% são de eletrólises por membrana de troca de prótons (PEM), 8,42% de eletrólise alcalina (ALK), 1,49% de biomassa, e 0,5% em eletrólise por membrana de troca aniônica (AEM), e da biomassa (Biomassa w CCUS) e gás natural (NG w CCUS) que utilizam a captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS). Enquanto isso, 76,73% são de outras eletrólises, que englobam as tecnologias diferentes das descritas anteriormente, como a fotoeletrocatálise ou a separação por membrana de fluxos gasosos residuais industriais.

Gráfico 05: América Latina - Tecnologia dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

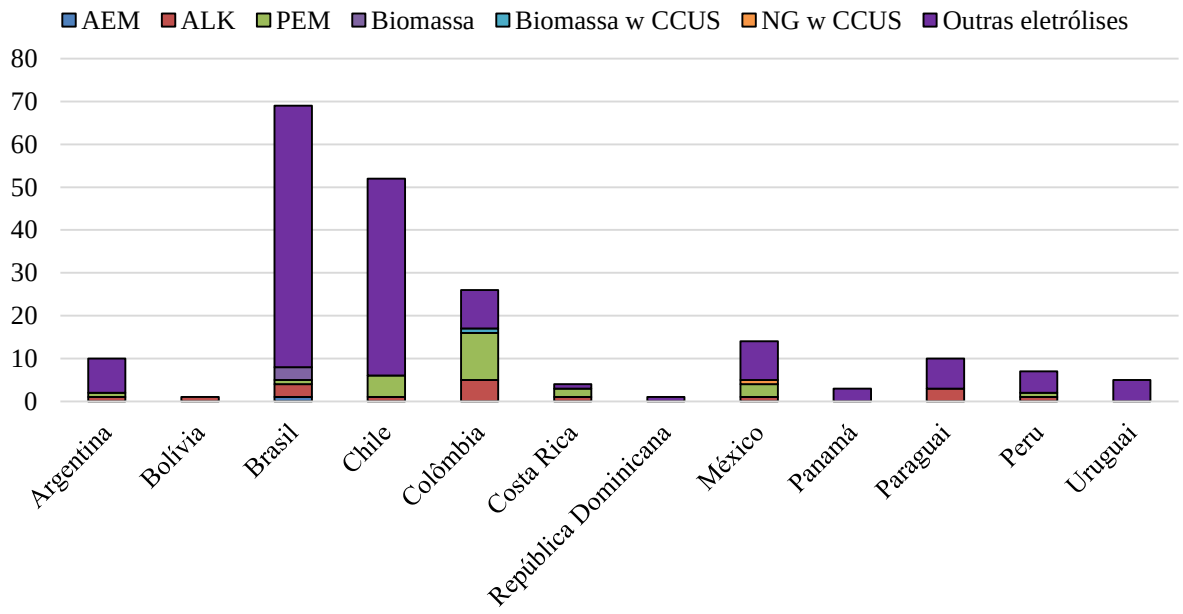
O hidrogênio pode ser classificado de acordo com a pegada de carbono em sua produção, descrito de diversas cores, entre elas o hidrogênio marrom, cinza, azul e verde (Ribeiro; Matos, 2025). O hidrogênio marrom utiliza a gaseificação do carvão mineral no processo produtivo sem a CCUS. O hidrogênio cinza utiliza através do gás natural, e da reforma a vapor do metano, ou seja, de combustíveis fósseis sem CCUS. O hidrogênio azul é produzido com gás natural com CCUS. O hidrogênio verde é produzido a partir do processo de eletrólise da água utilizando energias renováveis.

Ao observar a presença majoritária de outras eletrólises, e considerando os aspectos regionais da América Latina, é possível constatar que a maior parte dos projetos é de hidrogênio verde. De acordo com Torres, Freitas e Medeiros (2023), o hidrogênio verde surge como uma alternativa sustentável, representando um avanço e progresso inovativo para o setor energético, possuindo elevado potencial na mudança social, podendo impactar no estilo de vida, consumo, comportamento e na produção de bens.

Os eletrolisadores alcalinos possuem uma tecnologia mais madura e utilizam uma solução alcalina líquida de hidróxido de potássio ou sódio como eletrólito, enquanto os eletrolisadores PEM usam um eletrólito de polímero sólido e são conhecidos por sua maior eficiência, resposta dinâmica e capacidade de produzir H_2 de alta pureza (Hasanbeigi; Springer; Sibal, 2024).

Aditivamente, o gráfico 06 apresenta a tecnologia dos projetos de produção de hidrogênio dos países da América Latina. No Brasil, 88,40% dos projetos utilizam como tecnologia outras eletrólises, enquanto 4,35% utilizam eletrólise alcalina, 4,35% usam biomassa e pequena parcela utiliza AEM e PEM.

Gráfico 06: América Latina - Tecnologia dos projetos de produção de H_2 de baixa emissão, por país (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Países como o Uruguai, Panamá e República Dominicana possuem apenas projetos com tecnologia de outras eletrólises, enquanto a Bolívia é o único país que não possui essa tecnologia. Por outro lado, a utilização de tecnologias que reduzam tanto as emissões de CO_2, quanto a utilização dos recursos hídricos tornam-se essenciais para melhorar a relação entre a produção e o meio ambiente, de maneira que não comprometa a produção futura na região.

5.2. Projetos de infraestrutura

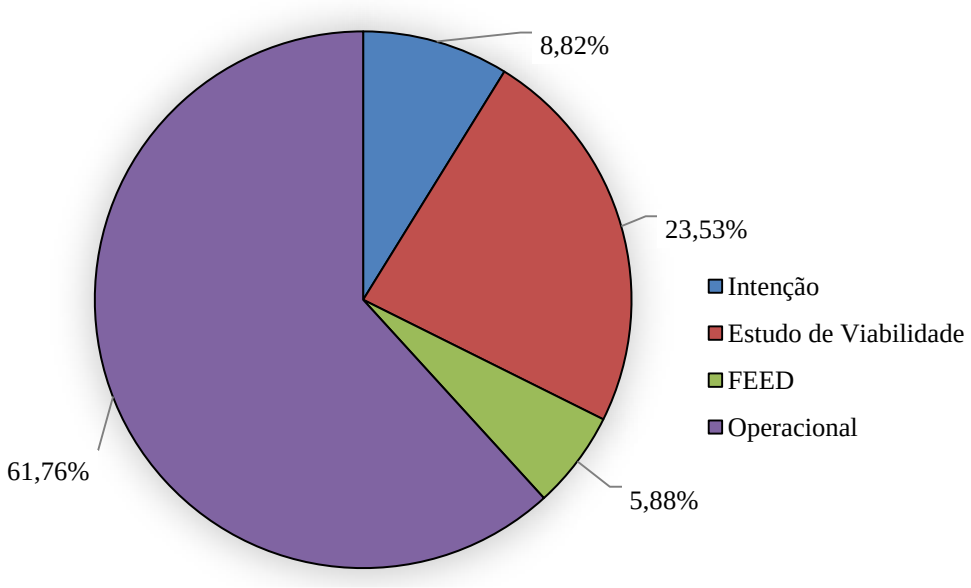
A infraestrutura e a logística são determinantes para a viabilidade do comércio de hidrogênio verde. Ao analisar essa cadeia internacional, Galimova *et al.* (2023) demonstraram que o transporte pode representar de 29% a 63% do custo total do vetor importado. O estudo aponta que para distâncias terrestres de até 1.370 km os gasodutos constituem a opção mais econômica, ao passo que o modal marítimo se torna superior a partir desse limite. No entanto, a logística marítima impõe altos custos iniciais, uma vez que a liquefação responde por até 74% dos gastos de transporte em rotas de até 2.000 km. Essa forte dependência logística reflete-se diretamente no planejamento territorial dos países produtores.

A exemplo do Chile, Cárdenas *et al.* (2026) mostram que a aptidão espacial para projetos de hidrogênio varia conforme o destino final da produção. Para o mercado de exportação, a proximidade dos portos e o custo nivelado do hidrogênio (LCOH) exercem o maior peso decisório. Já para o consumo

doméstico, a viabilidade é guiada prioritariamente pelo LCOH, seguido pela conexão com subestações elétricas e com a malha rodoviária.

A respeito do avanço dos projetos de infraestrutura de hidrogênio na AL (gráfico 07), 61,76% dos projetos já estão em fase operacional, enquanto 8,82% estão em intenção, 23,53% em estudo de viabilidade e 5,88% em projeto de engenharia de detalhamento preliminar (FEED).

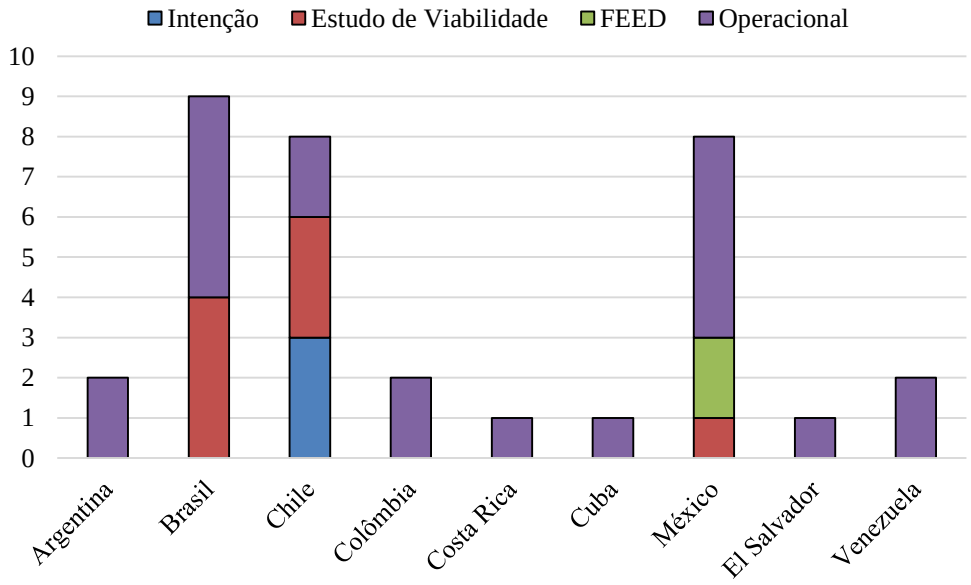
Gráfico 07: América Latina - *Status* dos projetos de Infraestrutura de H_2 de baixa emissão (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Foram identificados 09 países que possuem juntos 34 projetos de infraestrutura de hidrogênio, sendo eles a Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, México, El Salvador e Venezuela. O México, Chile e Brasil lideram no número de projetos, concentrando 73,53% desses projetos, com destaque para o Brasil e México que se igualam no número de projetos em fase operacional, com o registro de 05 projetos em cada país.

Gráfico 08: América Latina - *Status* dos projetos de Infraestrutura de H_2 de baixa emissão, por país (2000-2025)

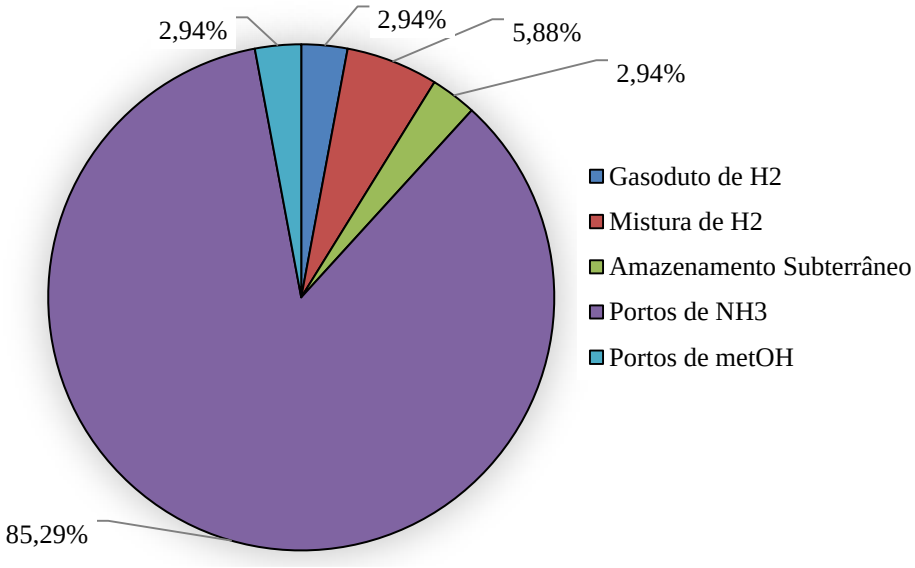


Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Não existiam projetos de infraestrutura de H_2 para transporte na Argentina, Colômbia e Costa Rica até o ano de 2022. Enquanto no Brasil e Chile, a infraestrutura estava em progresso (Ronceros *et al.*, 2024). Ao comparar com o ano de 2025, os projetos de infraestrutura desses países avançaram de maneira significativa, considerando que todos eles já possuem pelo menos um projeto em estado operacional.

Dos projetos existentes na AL atualmente, 85,29% são de portos de amônia, 5,88% de mistura de hidrogênio, 2,94% de armazenamento subterrâneo, 2,94% de portos de metanol e 2,94% de gasoduto de hidrogênio, conforme ilustra o Gráfico 09.

Gráfico 09: América Latina – Projetos de Infraestrutura de H_2 de baixa emissão (2000-2025)



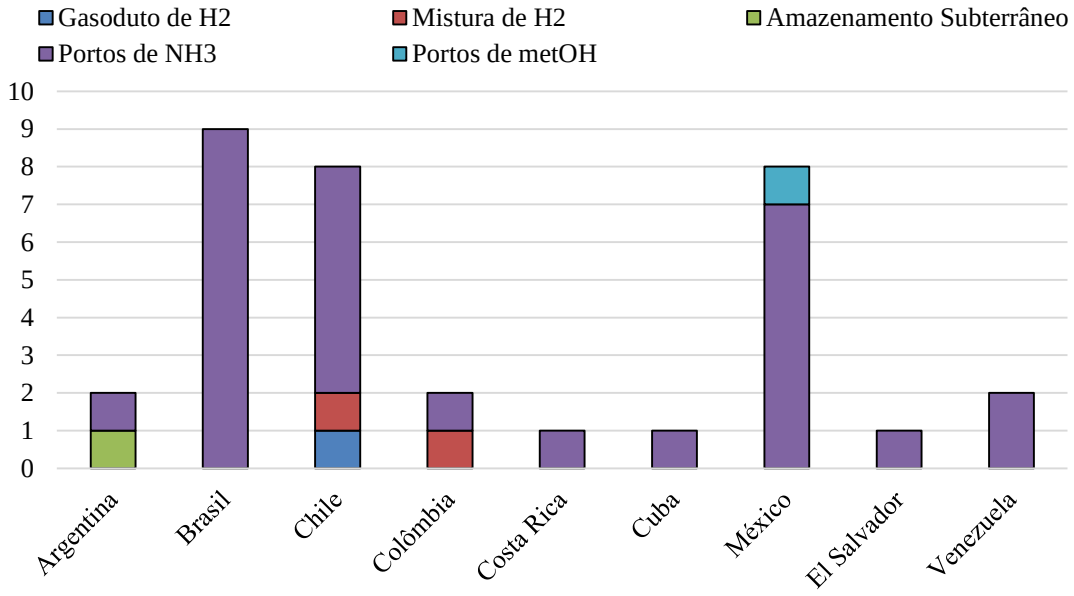
Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

A amônia, por sua vez, possui uma rede global de navegação já estabelecida, o que a torna um transportador de hidrogênio viável. Entre as vantagens da amônia como transportadora de hidrogênio, é possível citar sua alta densidade volumétrica de hidrogênio, facilidade de liquefação e potencial para uso direto em células a combustível ou como combustível, além de possuírem vantagem econômica sobre o metanol devido às economias de escala logísticas da amônia (Taghavi *et al.*, 2026).

Quanto aos tipos de infraestrutura, o transporte por dutos são uma das formas mais eficientes para o transporte de hidrogênio em longas distâncias e larga escala, enquanto o armazenamento subterrâneo lidera como a principal solução para demanda de armazenamento sazonal, possibilizando a utilização de formações geológicas similares às usadas para armazenamento de gás natural. Além disso, a mistura de gás com hidrogênio (Blending) em redes de dutos é uma das estratégias promissoras para o transporte de hidrogênio (Taghavi *et al.*, 2026).

No Brasil, segundo o Gráfico 10, todos os seus projetos de infraestrutura seguem o movimento regional, com 100% direcionados para portos de amônia (09 projetos). Inclusive, os dois projetos de mistura de hidrogênio são do Chile e da Colômbia. Apenas o Chile registrou um único projeto de gasoduto de H_2 e a Argentina também apresentou um único projeto de armazenamento subterrâneo.

Gráfico 10: América Latina – Projetos de Infraestrutura de H_2 de baixa emissão, por país (2000-2025)



Fonte: International Energy Agency (2025). Elaboração própria.

Segundo estudos de Palovic e Poudineh (2022), uma infraestrutura apresenta bom desempenho social, técnico e econômico quando o escopo do controle institucional corresponde aos limites técnicos do sistema e as arquiteturas institucionais e técnicas, sejam elas centralizadas, descentralizadas ou ponto a ponto (relacionais) estão alinhadas. No contexto da AL, a literatura aponta que países latinos como o Brasil e a Argentina sofrem de uma infraestrutura inadequada (Santos, 2024), podendo refletir no desempenho produtivo, e na capacidade de exportação.

No caso brasileiro, há o Hub de hidrogênio do Complexo do Pecém, localizado no Ceará, que sofre de diversos desafios para implementação em larga escala (Nunes Filho, 2025), sendo crucial a existência de uma infraestrutura robusta e tecnológica para atender a demanda contínua e eficiente de hidrogênio verde, a ampliação da infraestrutura de tratamento e transporte da água de reuso, uma infraestrutura de transmissão que comporte a demanda energética dos projetos de hidrogênio verde e a realização de adaptações na logística de exportação para o transporte seguro de H_2 e seus derivados.

6. Considerações finais

O trabalho analisou os projetos de infraestrutura e produção de hidrogênio de baixas emissões na América Latina, buscando entender como está o andamento dos projetos e suas características. Revelou-se que a maioria dos projetos de produção está em fase de intenção (42,57%) e estudo de viabilidade (42,57%), enquanto apenas 8,42% (17 projetos) se encontram em fase operacional..

No que tange à distribuição na região, o Chile lidera com 08 projetos em operação, embora o Brasil o supere em números totais, concentrando 34,16% dos projetos de produção na AL. Quanto às características desses projetos de produção, a maioria dos projetos da AL é de hidrogênio verde, e os projetos em sua totalidade possuem como principal objetivo a produção de hidrogênio (56,44%), amônia (34,65%) e metanol (4,46%), com destaque para o Brasil, Chile e Colômbia que concentram esses projetos.

Ademais, a tecnologia dos projetos de produção de hidrogênio de baixa emissão predominante na região e no Brasil é de outras eletrólises, 76,73% e 88,40%, respectivamente, que englobam a fotoeletrocatálise ou a separação por membrana de fluxos gasosos residuais industriais.

Em relação à infraestrutura, o Brasil, o Chile e o México concentram a maior parte dos projetos, concentram 73,53%. Do total, 61,76% dos projetos já estão em fase operacional, com o México e o Brasil liderando na quantidade de projetos em fase operacional, cada país com 05 projetos. De modo geral, a maior parte dos projetos de infraestrutura é de portos de amônia (85,29%) e de mistura de hidrogênio (5,88%). O Brasil, por sua vez, direciona todos os seus projetos de infraestrutura para portos de amônia (09 projetos) e os dois projetos de mistura de hidrogênio são do Chile e da Colômbia.

Diante desse cenário, para o avanço dos projetos de hidrogênio de baixa emissão de carbono, os países latinos podem utilizar a infraestrutura de gasoduto de gás natural existente para a infraestrutura de hidrogênio em desenvolvimento, proporcionando não apenas o transporte em longas distâncias de forma econômica, como também permite ser armazenado sazonalmente, embora tenha desvantagens caso não seja uma infraestrutura avançada (Lara; Richter, 2023).

Por parte das políticas públicas, o foco estratégico de estímulo a demanda interna e a redução dos custos de viabilidade tornam-se essenciais para a consolidação do mercado de hidrogênio nos países, impondo-se uma ação conjunta entre diversos setores e instituições para tornar o hidrogênio uma alternativa viável e sustentável, tanto em aspectos econômicos, quanto em questões sociais e ambientais.

Outro aspecto relevante diz respeito às instituições que estão realizando cada projeto, sejam elas empresas petrolíferas, governos, portos e concessionárias de serviços públicos, as quais podem possuir dificuldades distintas para viabilizar seus projetos. Nesse sentido, identificar quais são as entidades que possuem maiores desafios na realização do investimento torna-se essencial para definir qual estratégia de intervenção e incentivo deve ser implementada.

Referências Bibliográficas

ABDIN, Zainul; ZAFARANLOO, Ali; RAFIEE, Ahmad; MÉRIDA, Walter; LIPIŃSKI, Wojciech; KHALILPOUR, Kaveh R. Hydrogen as an energy vector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 120, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109620

AGENCIA CHILENA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO (AGCID). **Chile, la Unión Europea y OLADE elaborarán hoja de ruta para la certificación del hidrógeno renovable en América Latina y el Caribe**. AGCID, 6 nov. 2024. Disponível em: https://www.agcid.gob.cl/noticias/2467-chile-la-union-europea-y-olade-elaboraran-hoja-de-ruta-para-la-certificacion-del-hidrogeno-renovable-en-america-latina-y-el-caribe. Acesso em: 28 ago. 2026.

ALSULAIMAN, Abdurahman. **Renewable Hydrogen Import Routes into the EU**. [S.I.]: Oxford Institute for Energy Studies, OIES PAPER: ET24, 2023.

ANDRADE, D. C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de Economia Política**, p. 1-31, ago.-dez. 2008.

BERG, Ryan C.; RUBIO, Juliana. **Hydrogen Development in Latin America**: Varying Scenarios for Chile and Paraguay. [S.I.]: Center for Strategic and International Studies (CSIS), CSIS BRIEFS, 2022.

BUCH-HANSEN, H. The Prerequisites for a Degrowth Paradigm Shift: Insights from Critical Political Economy. **Ecological Economics**, vol. 146, p. 157-163, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.10.021

CÁRDENAS, A. I.; ROJAS-ARAYA, J.; POTTSTOCK-HURTUBIA, A.; VALDERRAMA, Á.; IBARRA, M.; GUÍÑEZ, P.; SÁEZ, J.; DÍAZ-ROMERO, M. Spatial suitability for green hydrogen and derivatives: A GIS-AHP framework with export-certification sensitivity applied to Chile. **International Journal of Hydrogen Energy,** vol. 238, 2026.

CORTÉS, B. I.; SOTO, I. **Renewable Hydrogen in Latin America and the Caribbean:** Opportunities, Challenges, and Pathways. Santiago: LAC Green Hydrogen Action, 2023.

DALY, H. E. Crescimento Sustentável? Não, Obrigado. **Ambiente & Sociedade**, vol. VII, n. 2, jul./dez. 2004.

DINIZ, E. M.; BERMANN, C. Economia verde e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 323-330, 2012.

GALIMOVA, Tansu; FASIHI, Mahdi; BOGDANOV, Dmitrii; BREYER, Christian. Impact of international transportation chains on cost of green e-hydrogen: Global cost of hydrogen and consequences for Germany and Finland. **Applied Energy**, vol. 347, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121369

HASANBEIJI, Ali; SPRINGER, Cecilia; SIBAL, Adam. **Green Hydrogen for Decarbonizing Asia's Industrial Giants:** Analyzing H_2 Electrolyzer Market Opportunity in Key Industrial Applications. New York: The Asia Society Policy Institute, 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍAS LIMPIAS (INEEL). **Participa el INEEL en el 2023 KEA-BID, Programa de Capacitación sobre Energía Renovable e Hidrógeno Verde**. INEEL, 26 set. 2023. Disponível em: https://www.gob.mx/ineel/articulos/participa-el-ineel-en-el-2023-kea-bid-programa-de-capacitacion-sobre-energia-renovable-e-hidrogeno-verde?idiom=es. Acesso em: 28 ago. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Delivering Sustainable Fuels: Pathways to 2035**. [S.I]: IEA, 2025a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2024**. [S.I.]: IEA, 2024a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2025**. [S.I.]: IEA, 2025b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2021**. [S.I.]: IEA, 2021a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Hydrogen Production and Infrastructure Projects Database.** 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database#hydrogen-infrastructure-projects>. Acesso em: 03 fev. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector**. [S.I.]: IEA, 2021b.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Investment 2025**. [S.I.]: IEA, 2025c.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Investment 2024**. [S.I.]: IEA, 2024b.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Green hydrogen auctions:** A guide to design. Abu Dhabi: IRENA, 2024.

KALLIS, G. In defence of degrowth. **Ecological Economics**, vol. 70, p. 873-880, 2011.

KHAN, Firdos Jahan; THALI, Sushant Pravin; SAWANT, Yashraj Nitin; PATANGE, Yash Prasad; PANDEY, Adeshkumar Anilkumar; JADHAV, Sandhya. Recent Advancements in Hydrogen: Overviewof Hydrogen Production and StorageTechnologies. In: **Proceedings of the 7th International Conference on Inventive Material Science and Applications (ICIMA-2025)**, 2025.

LARA, D. M.; RICHTER, M. F. Hidrogênio verde: a fonte de energia do futuro. **Novos Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, p. 413-436, 2023.

MANSILHA, Catarina; BARBOSA-PÓVOA, Ana; TARELHO, Luís; FONSECA, André. A comprehensive review of green hydrogen production technologies: current status, challenges, research trends and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 225, 2026.

NUNES FILHO, Marcos Antônio Freire. **Hidrogênio verde no Complexo do Pecém**: o protagonismo do Ceará na transição energética nacional. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energias Renováveis) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025.

OLADE. **CertHiLAC**: Sistema de certificación de hidrógeno limpio para América Latina y el Caribe. OLADE, s.d.. Disponível em: https://www.olade.org/certhilac-sistema-de-certificacion-de-hidrogeno-limpio-para-america-latina-y-el-caribe/. Acesso em: 28 ago. 2026.

OLIVEIRA, Rosana Cavalcante de. **Panorama do Hidrogênio no Brasil**. Brasília: Ipea, Texto para discussão, n° 2787, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.38116/td2787

OLIVEIRA, E. Economia verde, economia ecológica e economia ambiental: uma revisão. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD); CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF); EUROPEAN UNION. **Latin American Economic Outlook 2022**: Towards a Green and Just Transition. [S.I.]: OECD, 2022. DOI: https://doi.org/10.1787/3d5554fc-en

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Towards Climate Resilience and Neutrality in Latin America and the Caribbean:** Key Policy Priorities. [S.I.]: OECD, 2023.

PALOVIC, Martin; POUDINEH, Rahmatallah. **PolyGrid 2050**: Integrating hydrogen into the European energy transfer infrastructure landscape. [S.I.]: Oxford Institute for Energy Studies, OIES PAPER: ET19, 2022.

PAULO, Paula Paiva. Por que o 'excesso de energia' no Brasil não barateia a conta de luz? **O Globo**, 2025. Disponível em: https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-30/noticia/2025/11/01/por-que-o-excesso-de-energia-no-brasil-nao-barateia-a-conta-de-luz.ghtml . Acesso em: 09 de maio de 2026.

PEREIRA, Eduardo G.; NIEVES-ZARATE, Margarita; MUINZER, Thomas; JACOBS, Mutindi Lydia; JOSHUA, Olujobi Olusola. Hydrogen Development: Legal Challenges Andcurrent Trends. **The Journal of Sustainable Development Law and Policy**, vol. 17, n.1, p. 51-76, 2026. DOI: https://doi.org/10.4314/jsdlp.v17i1.3

PINTO, V. G. C.; SABIÁ, R. J.; SILVA, Y. C.; MAIA, E. A.; NETO, J. F. O.; ALMEIDA, M. E. F.; OLIVEIRA, D. J. V.; SALOMON, V. A. P. Qualidade da Água e Reuso de Efluentes na Produção de Hidrogênio Verde: Contribuições para a Transição Energética. **Revista de Geopolítica**, v. 16, n. 5, p. e1091, 2025.

RAMOS, Caroline Chantre; CANTARINO, Vinicius Botelho Pimenta; AQUINO, Thereza Cristina Nogueira de; CASTRO, Nivalde José de; SENA, Allyson Thomas Oliveira de. Financiamento internacional da economia do hidrogênio: uma visão a partir dos países importadores. In: **Anais do VI Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**, 2022.

RIBEIRO, Esther Farias; MATOS, Janara de Camargo. Hidrogênio Verde No Brasil: Potencial Exportador e Contribuições para a Sustentabilidade. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, vol. 4, n. 22, 2025. DOI: https://doi.org/10.47402/remici.v4n22222225

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 102, set. 2001.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico ecológica. **Estudos Avançados,** vol. 26, n. 74, 2012.

RONCEROS, Nestor Gálvez; OLIVEIRA, Ricardo Daher; OLIVEIRA, Leila Cristina da Silva; SANTOS, Gabriela Soares; AZEVEDO, Ana Cleyge Silva de; MENDES, Rogério Souza; JESUS, Arnaldo Bispo de. Caraterísticas e processos de obtenção do hidrogênio verde H2V: análise do cenário do combustível do futuro nos países da América do Sul, Central e Caribe. **Observatorio de La Economia Latinoamericana**, v. 22, n. 11, p. 01-44, 2024. DOI: https://doi.org/10.55905/oelv22n11-130

SANTOS, W. C. Política de Integração do Hidrogênio Verde na Matriz Energética da América Latina. **Revista CEDEPEM**, v. 4, n. 1, p. 8-13, 2024.

SEPÚLVEDA, E. Regulatory and institutional challenges to green hydrogen deployment in Chile. **International Journal of Hydrogen Energy**, vol. 224, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2026.154422

SCITA, Rossana; RAIMONDI, Pier Paolo; NOUSSAN, Michel. **Green Hydrogen**: the Holy Grail of Decarbonisation? An analysis of the technical and geopolitical implications of the future hydrogen economy. [S.I]: Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), Ed. Manfred Hafner, Working Paper, n. 013.2020.

SILVA, C. A.; TOFFOLI, D. J.; RIBEIRO, A. C. N. Geração de energia limpa por meio do hidrogênio verde: uma revisão da literatura. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 7, n. 3, p. 133-143, 2025.

TAGHAVI, A.; NIKNAM, T.; SHOJAEIYAN, S.; RODRIGUEZ, J. The future of hydrogen as a strategic enabler in integrated energy systems: Technological developments, barriers, and policy implications. **Energy Strategy Reviews**, vol. 63, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101999

TORRES, I. F.; FREITAS, F. R. D.; MEDEIROS, A. A. O Estado do Ceará em Destaque: O Caso do Hidrogênio Verde. In: MAMED, D. O. *et al.* **Natureza, povos e clima na sociedade de risco**. Curitiba: CEPEDIS, 2023.

WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). **World Energy Issues Monitor 2024**. London: World Energy Council, 2024.