



João Pessoa, v. 24 n. 57, set.- dez. 2025

Outras Histórias Da Transição Energética: Experiências Internacionais Na Regulação E Financiamento Do Hidrogênio Verde

Luís Guilherme Tavares Santos*

Universidade Federal do Piauí

<https://orcid.org/0000-0002-9806-9051>

Sebastião Patrício Mendes da Costa**

Universidade Federal do Piauí

<https://orcid.org/0000-0002-2821-1235>

Resumo: O artigo investiga as experiências internacionais de regulação e financiamento do Hidrogênio Verde, com enfoque comparativo nos modelos da União Europeia e da América Latina, a fim de extrair ensinamentos úteis para a construção do marco regulatório brasileiro no setor. Adota-se uma metodologia de pesquisa descritiva, qualitativa e jurídico-teórica, amparada em revisão de fontes bibliográficas especializadas, incluindo normativas internacionais, relatórios de agências técnicas e produções científicas correlatas. O texto organiza-se em duas seções: a primeira analisa a trajetória europeia, destacando sua maturidade regulatória, metas ambiciosas de descarbonização e a criação de programas comunitários (v.g., Pacto Ecológico Europeu, Diretiva RED III e REPowerEU), bem como estratégias nacionais das principais economias do bloco. A segunda seção examina o contexto latino-americano, com ênfase na Colômbia e no Chile, pioneiros na formulação de estratégias nacionais para o Hidrogênio Verde. Conclui-se que, apesar das diferenças institucionais e socioeconômicas, ambos os contextos enfrentam desafios comuns, como a atração de investimentos, a definição de padrões de certificação e a coordenação institucional, cujas soluções podem inspirar o Brasil na consolidação de seu próprio regime jurídico para o Hidrogênio Verde.

Palavras-chave: *Transição Energética; Hidrogênio Verde; Energias Renováveis; Políticas Climáticas Comparadas; Financiamento Sustentável.*

* Mestrando em Direito pela UFPI. Email: luis.tavares@ufpi.edu.br

** Pós-doutor em Direito e Filosofia do Direito pela Universität Augsburg (Alemanha). E-mail: sebastiaocosta@ufpi.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Programa de Pós-Graduação em Ciências Jurídicas

DOI:<https://doi.org/10.22478/ufpb.1678-2593.2025v24n57.77277>

Outras Histórias Da Transição Energética: Experiências Internacionais Na Regulação E Financiamento Do Hidrogênio Verde

Luís Guilherme Tavares Santos

Sebastião Patrício Mendes da Costa

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem direcionado ao Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono uma atenção especial ante a possibilidade de utilizá-lo como instrumento de efetivação dos compromissos assumidos na agenda climática e ambiental de descarbonização da indústria nacional, redução do volume de emissões de gases e resíduos poluentes (GEE) e de promoção de uma matriz energética renovável (CNI, 2024, *passim*; Brasil, 2023, p. 6).

Nesse projeto do Hidrogênio, ganha especial relevância o “Hidrogênio Verde”, nomenclatura utilizada para designar aquele obtido por meio do processo de eletrólise da água com energia elétrica de origem renovável (v.g. eólica, solar) (THOMSEN, 2023, p. 12; CNI, 2022, p. 29). Essa aposta brasileira para uma *nova cor* do Hidrogênio demonstra o interesse na transformação da matriz energética nacional, que apesar de alta participação de fontes renováveis, sobretudo hidrelétrica, ainda possui alto volume de emissões e setores industriais com alta dependência dos combustíveis fósseis (CNI, 2022; GURLIT et al, 2021).

Sem prejuízo da pertinência de uma investigação centrada no caso brasileiro, as limitações inerentes a um artigo científico demandam recortes geográficos e temáticos. A fim de contribuir para o debate brasileiro e tendo em vista a natureza interconectada e associativa do mercado de energia renováveis, propõe-se uma análise, ainda que pontual, das experiências internacionais no setor que

possam repercutir no projeto de inserção do Hidrogênio Verde na matriz energética nacional.¹

Adota-se nessa proposta uma metodologia de pesquisa descritiva, qualitativa e de bases jurídico-teóricas, amparada na análise e revisão de acervo bibliográfico especializado nos temas subjacentes ao debate, o que inclui normas internacionais, produções científicas e relatórios de agências especializadas em temas como a transição energética, desenvolvimento sustentável e os modelos internacionais de regulação e financiamento do Hidrogênio Verde.

Esse *desvio do Brasil* deve ser realizado sobre a baliza do interesse nacional, ou seja, indagando-se quais dessas *outras histórias* carregam ensinamentos pertinentes para o debate brasileiro, um filtro que permite discernir dentre as mais de 78 estratégias nacionais para o Hidrogênio identificadas pela IEA até o ano de 2025.²

A fim de escapar ao simples arbítrio do Autor, optou-se por subdividir este debate em dois núcleos ilustrativos. O primeiro é a

¹ Nesse sentido: “Os desafios relacionados à transição energética apresentam-se de forma diferente para cada país, estando relacionados majoritariamente à disponibilidade de recursos energéticos, como também à capacidade de estimular financeiramente as mudanças necessárias. Assim, o desenvolvimento de cooperações estratégicas será amplamente necessário para que as metas climáticas firmadas no Acordo de Paris sejam cumpridas. [...] No âmbito da estruturação da economia do H₂, um aspecto central observado é a necessidade de uma política industrial norteadora, ou seja, a criação desse mercado global não é apenas uma função de fatores técnicos e econômicos, sendo moldada, também, pela dinâmica geopolítica e pelo engajamento de diferentes *stakeholders* (Ramos et al., 2022). As estratégias e planos de ação voltados ao H₂, já desenvolvidos por mais de 30 países, adquirem contornos geopolíticos, à medida que esse mercado emergente se consolida. A valorização de especificidades regionais, a necessidade de redução da dependência energética e, ao mesmo tempo, a visualização de vantagens estratégicas neste mercado são elementos basilares da visão de longo prazo dos países (Van De Graaf et al., 2020). Nesse sentido, novas relações comerciais emergem com o estabelecimento de uma dinâmica internacional entre países importadores e os países potencialmente exportadores de H₂, bem como por meio de questões econômicas e estratégicas particulares (Ramos et al., 2022; IRENA, 2022)” (ELIZIÁRIO et al., 2023, p. 94-95).

² No caso, realizou-se uma busca por meio da página eletrônica da IEA dedicada ao acompanhamento de políticas energética, utilizando-se em 31 de agosto de 2025, de forma cumulativa, os seguintes filtros de predefinidos pela ferramenta de busca: “Hydrogen electrolysis” e “National”, resultando na identificação de 78 políticas nacionais para o Hidrogênio, ainda que alguns países possuam mais de uma nesse sentido (e.g. Japão, Austrália) (IEA, [s.d.], *Policies Database*). Considerando apenas o período entre setembro de 2023 e outubro de 2024, 30 estratégias nacionais para o Hidrogênio foram lançadas ou atualizadas (IEA, 2024, p. 167).

União Europeia, eleita sob o critério de maturidade regulatória e o seu potencial como mercado consumidor dessa produção; o segundo discute a perspectiva da América Latina, ante a proximidade geográfica e contextos socioeconômicos com o Brasil.

Por meio de ambas, extrai-se aprendizados e desafios que servem de espelho ao Hidrogênio Verde brasileiro. O objetivo é modesto, mas necessário: conhecer outras histórias que possam enriquecer o debate brasileiro nas páginas futuras do Hidrogênio Verde.

2 O HIDROGÊNIO NA UNIÃO EUROPEIA

A União Europeia (EU) serve como um caso de estudo propício sobre as transformações desse *novo mapa* da energia e sobre o peso da geopolítica nas regras da transição energética. O bloco europeu vem transformando sua matriz energética, que permanecia excessivamente ligada aos combustíveis fósseis e dependente de importações (Eliziário et al., 2023, p. 97/98). A eclosão da guerra na Ucrânia e a instabilidade da relação com algumas das nações líderes no setor de energia acelerou essa metamorfose, passando a EU a dar urgência aos compromissos de descarbonização, de Paris (2015) a Belém (2025).

Essa efetivação se deu por meio da criação de regras comunitárias que promovessem as energias renováveis, fixassem metas mais rígidas para o limite de emissões de GEE do bloco, bem como reduzir o volume e concentração das importações no campo da energia (ELIZIÁRIO et al., 2023, p. 97-98; RIKABI, 2024, p. 2). Além de diretrizes gerais, a EU introduziu políticas específicas para fontes de energia consideradas prioritárias, com potencial de descarbonizar os setores da indústria resistentes à eletrificação e outras vias, aqui, o exemplo é o Hidrogênio.

O ano de 2020 foi um marco da renovação desse interesse com a criação de mecanismos como a “Aliança Europeia para o Hidrogênio

Limpo”³ e a “Estratégia do Hidrogênio da União Europeia” (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *European Clean Hydrogen Alliance*; European Commission, [s.d.], *Hydrogen*; EUROPEAN COMMISSION, 2020).⁴

A esses, seguiu-se a aprovação em 2021 da “Lei Europeia da Clima”, que consolidou objetivos do “Pacto Ecológico Europeu” como a neutralidade de emissões até 2050 e as reduções intermediárias de 55% até 2030 e de 90% até 2040, exigindo-se que os Estados-membros desenvolvam estratégias nacionais para o sucesso dessas metas (EUROPEAN UNION, 2021).⁵

Essa progressão se seguiu com o chamado “Fit for 55”, um pacote de medidas voltadas a acelerar as metas de descarbonização do bloco que incluía a revisão dos limites de emissões e políticas de financiamento para fontes como o Hidrogênio produzido de forma renovável (i.e. Verde) (European Commission, 2021; European Commission, [s.d.], *Hydrogen*).

Antes mesmo que todas essas medidas pudessem ser avaliadas pelo legislativo, o agravamento na guerra da Ucrânia expôs a

³ Lançada de forma conjunta à Estratégia da União Europeia para o Hidrogênio, essa Aliança reúne membros da indústria, autoridades públicas nacionais e internacionais, sociedade civil e potenciais investidores sob a meta partilhada de impulsionar o desenvolvimento do setor, incluindo a introdução de novas tecnologias, estruturação da cadeia comercial do Hidrogênio obtido de renováveis e a melhoria nas rotas de armazenamento, transporte e distribuição da produção até o ano de 2030 (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *European Clean Hydrogen Alliance*; EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *Hydrogen*).

⁴ Apesar do foco ser a produção a partir de fontes “limpas” como a energia solar e a eólica, há um reconhecimento já nessa estratégia de que será necessário, ao menos em um período de transição, da inclusão de outras rotas de obtenção de Hidrogênio que emitem carbono, mas com níveis significante reduzidos, como a necessidade, ao menos em um período transicional até a neutralidade, da utilização do Hidrogênio “Hipocarbônico” ou “de baixo carbono”, assim considerado aquele “proveniente de fontes não renováveis e que reduz, pelo menos, em 70% as emissões de gases com efeito de estufa em comparação com os combustíveis fósseis ao longo de todo o seu ciclo de vida” (TRIBUNAL DE CONTAS EUROPEU, 2024, p. 10).

⁵ “The transition to climate neutrality requires changes across the entire policy spectrum and a collective effort of all sectors of the economy and society, as highlighted in the European Green Deal. The European Council, in its conclusions of 12 December 2019, stated that all relevant Union legislation and policies need to be consistent with, and contribute to, the fulfilment of the climate-neutrality objective while respecting a level playing field, and invited the Commission to examine whether this requires an adjustment of the existing rules” (EUROPEAN UNION, 2021, p.5).

vulnerabilidade energética do bloco ainda existente, cuja resposta imediata foi o lançamento do programa “REPowerEU” (2022) (European Commission, 2022, *SWD 230*).

Esse programa expandiu a participação de renováveis no consumo de energia do bloco – 45% em vez dos 40% propostos inicialmente no Fit for 55 –, revisou o volume de Hidrogênio previsto na estratégia de 2020 e trouxe mecanismos de financiamento com valores de até 300 milhões de euros para garantir a independência e segurança energética europeia (European Commission, 2022, *SWD 230*; European Commission, [s.d.], *REPowerEU*).⁶⁷

Seguindo com atualizações, foi proposta revisão da Diretiva existente sobre as energias renováveis aprovada em 2018 (“RED II”), substituída pela Diretiva (EU) 2023/2413 (“RED III”), consolidando inovações trazidas no período e instituindo medidas para estimular novos investimentos no setor e tornar mais rígidas o controle de emissões no bloco europeu (European Union, 2023).

Uma das principais medidas introduzidas pela RED III foi criar a regra de que o consumo de energia do bloco fosse pautado em pelo menos 42,5 % de renováveis, que chegaria a 45% até 2030, superando

⁶ Dentre as medidas com foco específico na viabilização do Hidrogênio como vetor de descarbonização, o “REPowerEU” (2022) trouxe previsões de expansão da importação do Hidrogênio “renovável” para 20 Mt até 2030, aumento da capacidade instalada de eletrolisadores para 65 GW, melhoria da infraestrutura de energia do bloco, incluindo transporte por gasodutos, adaptações em estações utilizadas para o Gás natural, e armazenamento seguro. A preocupação com a infraestrutura se estende à conexão dessa produção com a rede elétrica no âmbito nacional e com as formas de interligar a cadeia produtiva em diversos países do bloco. (EUROPEAN COMMISSION, 2022, *SWD 230*; EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *REPowerEU*).

⁷ Especificamente quanto ao financiamento dos projetos desenvolvidos no âmbito do “REPowerEU”, o programa cria diversas fontes de recursos como o arrola fundos de fontes como o “Mecanismo de Recuperação e Resiliência (MRR)”, o “Fundo de Inovação” e a venda de licenças do “Sistema de Comércio de Licenças de Emissão (ETS)”, o “Banco Europeu de Investimento (BEI)” (EUROPEAN COMMISSION, 2022, *SWD 230*; EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *REPowerEU*). Ainda nesse ponto, foram aprovados mecanismos cujos recursos têm origem nos chamados “Projetos importantes de interesse comum europeu” (IPCEIs), como o “Hy2Use” e o “Hy2Tech” (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *Hydrogen*). A criação em 2022 do Banco Europeu para o Hidrogênio também tem sido importante para viabilizar esses projetos, com leilões cujos valores chegam a cifras de um bilhão de euros (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *European Hydrogen Bank*).

as propostas anteriores (RED II, 32%; Fit for 55, 40%) (European Union, 2023).

Além disso, a RED III delineou a aplicação do Hidrogênio Verde (ou “de baixa emissão de carbono”), focando nos setores de “difícil descarbonização” como as indústrias pesadas de siderurgia, petroquímica, refinaria, fertilizantes e transportes de grandes cargas, inclusive com metas vinculativas (1% do setor de transportes e 42% do volume Hidrogênio total do bloco até 2030) (EUROPEAN UNION, 2023; EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *Renewable Energy Directive*).

A esse aumento do volume e dos ramos de aplicação do Hidrogênio, associa-se o debate sobre as exigências de padronização, os critérios para que ele seja considerado “limpo” e possa receber os recursos de descarbonização. Como exemplos, a EU incluiu o Hidrogênio na classe dos “combustíveis renováveis de origem não biológica” (RFNBOs) e editou norma específica sobre a metodologia para avaliar emissões na sua obtenção (Regulamento Delegado 2023/1184) (EUROPEAN COMMISSION, 2023).

Nesse mesmo instrumento são previstos requisitos extras para essa produção, como a utilização exclusiva de energia elétrica de fontes renováveis oriunda de plantas recentes (menos de 36 meses em relação ao polo de Hidrogênio) (“adicionalidade”), que ela não tenha recebido auxílio governamental, e que haja correlação temporal e geográfica entre esses polos (BOEMKE, 2022, p. 40; FERNANDES et al, 2023, p. 9; EUROPEAN COMMISSION, 2023).

As estratégias e regras de metodologia do Hidrogênio na EU seguem sendo revistas de forma contínua, com alterações significativas no ano de 2024 e 2025⁸, dando continuidade ao quadro

⁸ Em 2024 foram introduzidas as Diretiva (UE) 2024/1788, o Regulamento (UE) 2024/1789 e o Regulamento Delegado (UE) 2024/1408. Em julho de 2025 houve a aprovação, pela Comissão Europeia, da metodologia “compreensiva” de contabilização das emissões de GEE na produção de Hidrogênio, flexibilizada para abarcar o conceito mais abrangente de “Hidrogênio de Baixo Carbono” (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *Hydrogen and decarbonised gas market*; EUROPEAN COMMISSION, 2025, *Clarity to hydrogen sector*).

de regras como a Diretiva sobre os mercados de Gás e Hidrogênio e a RED III (art. 9º) acerca da urgência de adoção de uma metodologia comum para avaliar o volume de emissões desses combustíveis de “baixa emissão de carbono” e padronizar tratativas comerciais e regras do bloco europeu.

Uma peculiaridade da análise da União Europeia é que as suas políticas na transição energética excedem o âmbito comunitário, repercutindo nas esferas legislativas internas dos seus Estados-membros, dos quais também dependerá a efetividade das medidas propostas. No caso do Hidrogênio não é diferente, motivo pelo qual o estudo desse recurso se torna incompleto sem um debate sobre a integração com as políticas nacionais europeias.

Em levantamento realizado pelo “Observatório Europeu do Hidrogênio” em 2025 foram identificadas 21 estratégias nacionais de Estados-membros da EU para a redução de emissões via Hidrogênio, todas elas publicadas entre 2020 e 2025, revelando que a renovação do interesse europeu no Hidrogênio é uma pauta comunitário e nacional (CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *National hydrogen strategies*).⁹

Um dos principais exemplos dessa integração nacional das diretrizes comunitárias é a Alemanha, maior economia do bloco, que tem reestruturado sua política energética recente com foco na substituição dos combustíveis fósseis e usinas nucleares por fontes renováveis, de modo a enfrentar a crise climática e a dependência excessiva das importações de gás natural e carvão da Rússia (IEA, 2025).

A estratégia alemã – “Energiewende” – estabelece a busca pela neutralidade de emissões até o ano de 2045, escalonada em reduções

⁹ A União Europeia possui 27 (vinte e sete) Estados-membros. Até o mês de junho de 2025, 21 desses países já publicaram suas estratégias nacionais para o Hidrogênio, todas publicadas entre 2020 e 2025. Dentre os outros países, 03 (três) já possuem debates sobre estratégias em desenvolvimento (Chipre, Suécia e Grécia) e 03 não possuem uma rota delineada (Letônia, Malta e Eslovênia) (CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *National hydrogen strategies*).

de 65% até 2030 e 88% até 2040; metas ainda mais altas no tocante ao setor elétrico (IEA, 2025). Esse reforço institucional incluiu a aprovação de diversas leis voltadas a proporcionar segurança jurídica aos investimentos em transição para fontes renováveis e disponibilizar incentivos governamentais (financeiros e administrativos) a setores estratégicos (IEA, 2025; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *Germany*).¹⁰

Um desses setores é o Hidrogênio, visto como uma forma de conciliar a amplitude dos objetivos dessa estratégia nacional com os prazos exíguos, tornando-se uma agenda prioritária na Alemanha, a ser utilizada nos já citados campos de “difícil descarbonização”, projetando-se um aumento na capacidade geral instalada de eletrolisadores (10 GW até 2030) e da demanda interna (95-130 TWh até 2030), com prioridade para a modalidade “Verde” (IEA, 2025, p. 80; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *Germany*).¹¹

Outro exemplo desse fortalecimento é a França, segunda maior economia da EU, que tem desenvolvido uma estratégia nacional de descarbonização que tem no Hidrogênio uma das suas principais apostas. A importância dessa rota é auxiliar na diminuição do volume de GEE nos campos em que a eletrificação se mostra difícil, já que o país assumiu o compromisso de atingir a neutralidade até 2050 e reduzir 50% das emissões brutas até 2030 (France, 2024; CLEAN

¹⁰ Ilustrando essa transformação normativa, cita-se a aprovação de normas como a “Lei Federal de Proteção Climática”, a “Lei de Eficiência Energética”, e o “Programa de Ação Climática” (2023); a definição de uma estratégia nacional para a gestão de carbono; a criação de mecanismos de financiamento como o “Fundo Climático e de Transformação” (KTF) e legislações específicas para os setores estratégicos como a construção civil e o aquecimento – i.e. “Lei de Energia para Edifícios” (2024) e “Lei de Planejamento de Aquecimento” (2024) (IEA, 2025; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *Germany*).

¹¹ Esse aumento da participação do Hidrogênio inclui medidas para o fortalecimento da produção nacional, simplificando os programas de financiamento e os procedimentos administrativos para novos projetos, promovendo de iniciativas tecnológicas no setor de eletrolisadores, e incrementando a infraestrutura de transmissão e distribuição. Além disso, projeta-se um alto volume de importações do Hidrogênio, associada a mecanismos de comércio internacional como a iniciativa “H2Global” (IEA, 2025, p. 84).

HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *France*; GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025).

Assim como no caso alemão, a França tem investido em uma modernização das leis que regem o setor de energia, criando políticas nacionais direcionadas a lidar com os desafios da crise climática, mitigar os seus danos e diversificar a matriz energética francesa (France, 2024; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *France*; GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025).¹² Essas medidas são desenvolvidas em coordenação com as diretrizes comunitárias, cujas etapas e formas de integração estão consolidadas nos Planos Nacionais Integrados de Energia e Clima (PNEC).¹³

A versão final do PNEC submetida pela França em 2024 prevê metas para o ano de 2030 que incluem uma redução de 47,5% das emissões no âmbito do “Regulamento de Partilha de Esforços” (ESR) da EU, 30% de redução no consumo final de energia, bem como o aumento das renováveis na matriz energética de até 41,4% (FRANCE, 2024; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *France*).

¹² São exemplos dessas inovações a criação do “Programação Plurianual de Energia (EPP)”, da “Estratégia Nacional de Baixo Carbono (SNBC)” e do “Plano Nacional de Adaptação às alterações climáticas” (PNACC); sendo que as duas primeiras foram desenvolvidas com base na “Lei de Transição Energética para o Crescimento Verde” (LTECV) de 2015. Além dessas normas, são destaques recentes a Lei Clima e Resiliência, adotada pela França em 2021 que reforçou os padrões de desempenho energético para edifícios e veículos, bem como a “Lei de Aceleração da Produção de Energia Renovável (APER)” de 2023, voltada a acelerar a implantação de usinas de renováveis e simplificar procedimentos de licenciamento (FRANCE, 2024; GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025; CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *France*).

¹³ Os “Planos nacionais de energia e clima” (PNEC) citados nesta seção são documentos apresentados pelos países-membros da União Europeia descrevendo o planejamento decenal no enfrentamento dos desafios energéticos e climáticos no período de 2021 a 2030. Nos PNEC cada país irá definir as políticas a serem adotadas para que sejam alcançadas as metas fixadas pela União Europeia na transição energética. A apresentação dos PNEC passou a ser exigida pelo Regulamento 2018/1999, iniciando em 2020, atualizada desde então com base nos novos objetivos e legislações do bloco europeu. No modelo atual, os países apresentaram um projeto de PNEC em 2018 e versão final em 2019; posteriormente, foram submetidas minutas atualizadas em 2023, cuja versão final e parecer individualizado da Comissão Europeia foram disponibilizados em 2024. A consulta ao inteiro teor dessas versões pode ser feito no portal eletrônico da Comissão Europeia (EUROPEAN COMMISSION, [s.d.], *National energy and climate plans*).

Para atingir esses objetivos, a estratégia francesa irá incluir o Hidrogênio Verde como substituto do Hidrogênio Cinza em setores da indústria, expandirá a capacidade nacional de eletrolisadores (6,5 GW até 2030) e investirá na criação de usinas dedicadas a essa produção como forma de seguir as regras europeias de adicionalidade (CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY, [s.d.], *France*; GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025).

Reforçando esse interesse, o Governo francês publicou em 2025 uma versão atualizada da “Estratégia Nacional para o Desenvolvimento do Hidrogênio Descarbonizado”, já com as recomendações da Comissão Europeia acerca do PNEC/2024, tendo como foco o Hidrogênio Verde (GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025).

Nesse roteiro, a produção será alimentada em parte pelo mix elétrico nacional já de baixo carbono, aumentando a capacidade francesa de eletrólise (8 GW até 2035), bem como introduzindo leis de aceleração do setor voltadas a atrair recursos a esses projetos, investir em qualificação profissional, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, e estabelecer uma cadeia comercial segura, previsível, independente e sustentável com foco na indústria e no setor de mobilidade intensiva (GOUVERNEMENT FRANÇAIS, 2025).

As trajetórias das duas principais economias da União Europeia dão mostras da natureza geopolítica dessa corrida energética, marcada por interações coordenadas entre as esferas das normas dos Estados-membros e do bloco comunitário, sendo Alemanha e França apenas dois dos vários exemplos dessa interação nem sempre positiva, mas recorrente.¹⁴ Essa interação, ao tratar do Hidrogênio, torna-se

¹⁴ Esse debate tem repercutido em diversos membros da União Europeia. Como exemplo dessa difusão, países como Portugal apresentaram metas de redução de emissões de GEE de até 37% até 2030 e 63% até 2040, bem como uma participação de renováveis de 51% até 2030 associado à aprovação de novas legislações no setor como “Lei de Bases do Clima” o “Roteiro para a Neutralidade Carbônica” e a “Estratégia nacional de Hidrogênio”. Com esse foco, Portugal projeta um aumento de 3 GW na capacidade de eletrolisadores instalada até 2030, utilizando o Hidrogênio Verde como matéria prima, vetor energético e associado às redes de gás

especialmente sensível ante a natureza nascente dessa indústria, que se vê ainda lidando com desafios próprios desse estágio de maturidade regulatória como a competitividade com os setores de combustíveis fósseis e as lacunas de custos, bem como pela ausência de uma padronização quanto a essa cadeia industrial.

Nesse percurso de desafios, embora o bloco europeu tenha alcançado progressos, estes se revelam ainda insuficientes diante da urgência da crise climática e do horizonte do primeiro marco temporal proposto (2030) (Tribunal de Contas Europeu, 2024).¹⁵ Nesse cenário, duas opções se apresentam: admitir o atraso e reajustar as metas da EU, postergando-as para 2040, ou concentrar os esforços nos próximos anos em setores prioritários capazes de gerar impacto imediato na redução de GEE. O Hidrogênio Verde faz parte desse segundo caminho, versátil e com alto potencial de mitigar emissões, reconhecimento expresso pela Comissão Europeia em avaliação

natural. Iniciativas recentes incluem o projeto “H2Med”, um corredor verde que visa conectar a produção na península ibérica ao restante do continente europeu. (PORTUGAL, 2024; LEANDRO, 2024).

¹⁵ Sobre os avanços e o cenário recente do bloco: “Based on Member States’ projections, the Commission estimates a decrease in total net GHG emissions of around 54% in 2030 compared to 1990, hence showing that the EU is well on track to reach the 2030 target. This relies on full implementation of the Member States’ existing and additional policies and measures as well as of EU policies. GHG emissions from the sectors covered by the Effort Sharing Regulation (ESR) are expected to decrease by around 38% in 2030 compared to 2005, about 2 percentage points short of the EU’s 40% target. Though several Member States have stepped up efforts in the land sector compared to the draft plans, there is still a gap of about 45-60 MtCO₂eq. (equivalent to about 100% to 140% of the target of additional removals) compared to the 2030 target under the Land Use Land Use Change and Forestry (LULUCF) Regulation. [...] Most Member States present national contributions that are in line with the EU’s 2030 binding target for renewable energy share of at least 42.5%. However, a limited ambition gap of 1.5 percentage points remains. Despite improvements in Member States contributions to the EU’s target for energy efficiency of 11.7% by 2030, an ambition gap of 31.1 Mtoe remains for final energy consumption and 47.3 Mtoe for primary energy consumption. For final energy consumption this translates to an EU ambition level of 8.1%. Across the plans, energy security is bolstered by lower gas consumption and more diversified energy sources, including an increased role for nuclear energy, in power generation as well as heat production, in several Member States. However, we need to further adapt infrastructure to a decarbonised energy system, increased electrification based on variable renewables and fast-changing threats such as climate change and cybersecurity.” (EUROPEAN COMMISSION, 2025a, p. 3).

recente sobre rotas para alcançar os objetivos comunitários (EUROPEAN COMMISSION, 2025a).

Seguir nessa escolha exige a adoção imediata de medidas estruturais como a atualização da Estratégia para o Hidrogênio e o fortalecimento de programas como o “REPowerEU”; maior rigo na fiscalização das metas nacionais (PNEC); simplificação do acesso de interessados aos mecanismos de financiamento do bloco (e.g. unificação dos “balcões de investimento”) e das exigências administrativas para obtenção de licenças para novos projetos (TRIBUNAL DE CONTAS EUROPEU, 2024, p. 77-79; EUROPEAN COMMISSION, 2025a).

Escolhido por um interesse na maturidade regulatória e expertise na coordenação de políticas em duas frentes (nacional e comunitária), o estudo da União Europeia revela que o bloco lida com desafios extensíveis ao debate brasileiro sobre a implementação do Hidrogênio Verde. Essas barreiras comuns e o modo que se tem lidado com elas por meio de políticas de incentivo serve como um espelho ao Brasil em etapas futuras, mostrando que a criação de boas normas base não retira o peso da realidade de implementação, não basta dizer aonde ir, exigindo os recursos, padrões e governança dessa rota.

3 O HIDROGÊNIO NA AMÉRICA LATINA

A separação entre a União Europeia e a América Latina não se restringe a barreiras geográficas. Essas duas regiões estão situadas em pontos opostos do atlântico e dos avanços no espectro regulatório do Hidrogênio Verde. Se o interesse do bloco europeu nessa energia serve para balancear os recursos naturais limitados e a dependência energética externa, a América Latina enfrenta a subutilização do potencial de uma matriz energética rica em fontes renováveis, recurso minerais, clima diversificado e posição geográfica favorável à integração na cadeia global de energia (IEA, 2024, p. 235).

Ante a natureza competitiva da transição energética, permeada por interesses políticos e comerciais, a América Latina passa a receber o interesse que seu potencial de fornecedora de energia “verde” atrai, especialmente aos olhos dos países que não consegue seguir as suas metas de redução de GEE (GOMES et al, 2024, p. 5). Fatores como a parcela da energia elétrica oriunda de renováveis (60%) e o crescimento de fontes como a eólica e a solar nos últimos cinco anos dão força à imagem sustentável do horizonte latino-americano (IEA, 2024, p. 237).

Todavia, essa imagem se enfraquece na cadeia do Hidrogênio, uma vez que as rotas de obtenção permanecem centradas nos combustíveis fósseis (90% por meio da reforma do gás natural com emissões anuais de 30 milhões de toneladas) (IEA, 2024, p. 238). Há, portanto, uma lacuna no aproveitamento dessas vantagens naturais da região no tocante à produção do Hidrogênio Verde, visto que os recursos disponíveis podem torná-lo competitivo mesmo ante a produção via gás natural, conciliando preservação climática e o desenvolvimento econômico desses países (GOMES et al, 2024, p. 5; IEA, 2024, p. 239).

Ainda que sujeitas a variações metodológicas, as projeções para o crescimento da região indicam um aumento significativo na demanda regional por esse Hidrogênio obtido de forma “limpa”, seja em sua forma pura ou em produtos derivados, superando a participação registrada na média global (IEA, 2024, p. 242). Com o foco no Hidrogênio Verde, estima-se um volume regional de mais de 7 MT anuais em 2030, o que exigirá um aumento equiparável das fontes de energia elétrica disponíveis e a melhoria da infraestrutura elétrica atual (*grids*) (IEA, 2024, p. 244-245).

As expectativas otimistas para o Hidrogênio Verde na região estão associadas à ideia de consolidação de mercados consumidores, sobretudo na Europa e na Ásia, que identificarão na América Latina um polo exportador ideal em razão do preço competitivo ofertado, o

que tem impulsionado as estratégias nacionais adotadas pelos países latinos entre 2020 e 2025.¹⁶ O uso dessa energia teria como foco os setores de “difícil descarbonização” (siderurgia, petroquímica, refinaria, transporte de grandes cargas, fertilizantes) (IEA, 2024).

Essa perspectiva centrada na América Latina como um *Hub* exportador, comum em estudos no tema, acaba limitando o potencial da região, replicando o modelo histórico presente em várias dessas economias de simplificação das exportações – foco em commodities e não em bens de alto valor agregado – e de subdesenvolvimento do mercado interno (IEA, 2024, p. 247-248; GOMES et al, 2024, p. 6). Para fugir desse lugar comum, torna-se necessário incluir na análise da região a perspectiva de construção de um modelo de consumo próprio, aplicando a energia do Hidrogênio Verde e seus derivados às industriais locais e revertendo para os países da região os ganhos econômicos e ambientais desses projetos.

Esse recorte local pode ser visto de maneira eficiente por meio dos projetos existentes e do potencial de utilização nas principais economias da região. Antes de prosseguir com a análise desses projetos, faz-se a ressalva de que o cenário brasileiro, cujo interesse foi justificado no início do artigo, fica a cargo de estudo futuro que servirá de complemento ao tema.

O Chile é considerado o pioneiro na renovação desse interesse latino-americano pelo Hidrogênio Verde e, junto ao Brasil, um dos países com maior potencial de produzi-lo de forma competitiva. Desde 2015 o país já mapeava o Hidrogênio como uma das ferramentas para seguir os compromissos de neutralidade de emissões até 2050 (ELIZIÁRIO et al., 2023, p. 129-130). Em 2020 esse objetivo ganhou

¹⁶ Nesse sentido, ver: “More recently, LAC countries have made progress in the low-emissions hydrogen sector. Chile led the way by publishing the region's first national hydrogen strategy in 2020, focusing on electrolytic hydrogen, followed by Colombia in 2021 and Uruguay in 2023. In 2023, Argentina, Brazil, Costa Rica, Ecuador and Panama also presented their national hydrogen strategies. Several other countries are currently developing strategies and are expected to publish them soon. In 2024, Peru passed a law to promote ‘green’ hydrogen,¹²⁶ and Mexico issued its first hydrogen guidelines.” (IEA, 2024, p. 240).

força por meio do lançamento de uma estratégia nacional chilena do Hidrogênio Verde, baseada no potencial do país, rico em projetos de energia solar (região norte) e eólica (patagônia chilena) (GOMES et al, 2024, p. 33-34; CHILE, 2020).

Com base na disponibilidade de recursos mapeados, projeta-se que o Chile será capaz de produzir Hidrogênio Verde a um dos menores custos nivelados globais – entre \$2.5 e \$3.5/kg em 2030 –, valores competitivos mesmo em relação ao gás natural e ao Hidrogênio obtido de fontes fósseis (azul e cinza) (ELIZIÁRIO et al., 2023, p. 130; GOMES et al, p. 33). Nessa estratégia o Governo Chileno prevê uma estruturação escalonada dessa cadeia produtiva com etapas que vão desde o fortalecimento da indústria nacional até o avanço ao mercado externo, tendo como base marcos de 2020 a 20250 (ELIZIÁRIO et al., 2023, p. 132; CHILE, 2020).

No tocante ao mercado interno, a estratégia chilena mapeou os setores responsáveis pela demanda atual e indústrias nas quais esse nova fonte pode ser inserida no lugar de combustíveis fósseis. No modelo atual, a maior parte do consumo de Hidrogênio no Chile vem da refinaria e da indústria petroquímica, como a produção de metanol, utilizando quase de forma integral o Hidrogênio Cinza, de modo que a substituição, ainda que gradual, pelo Hidrogênio Verde seria um grande passo na redução do volume global de emissões anuais (GOMES et al., 2024, p. 34).

Também foi identificado um interesse e potencial de utilização de produtos derivados do Hidrogênio Verde como a amônia e o nitrato de amônia, que servem de matéria prima para os fertilizantes nitrogenados e os explosivos do setor de mineração. Esta última aplicação se mostra especialmente relevante para o Chile, maior produtor mundial de cobre, e que poderia utilizá-lo para reduzir as emissões dos explosivos industriais e para abastecer o maquinário utilizado na mineração (GOMES et al., 2024, p. 35; IEA, 2024, p. 259).

Outros usos potenciais para o Hidrogênio Verde chileno são as indústrias de siderurgia, de transporte (via combustível de aviação e navegação), para armazenar e transportar energia a comunidades geograficamente isoladas, e no enfrentamento da sazonalidade das energias solar e eólica em regiões sujeitas a variações climáticas (GOMES et al. 2024, p. 35).¹⁷

No entanto, o potencial chileno ainda enfrenta desafios regulatórios, institucionais e econômicos. Dentre os principais, cita-se a falta de coordenação entre os setores público e privado, a reduzida infraestrutura (logística, produção), as barreiras administrativas na obtenção de licenças e insegurança de investimentos e regulatória (certificação padronizada) (GOMES et al., 2024, p. 38-39).

O enfrentamento desses desafios tem sido um esforço contínuo do Governo Chileno, apontado desde a Estratégia Nacional para o Hidrogênio Verde apresentada em 2020, e que tem sido complementado por iniciativas voltadas à atração de investimentos no setor, incluindo acordos de colaboração internacional e memorandos de entendimento (MoU) com potenciais consumidores (Singapura, Japão, Alemanha, Coreia do Sul), mecanismos de subsídios a eletrolisadores, e a elaboração do “Plano Nacional de Ação do Hidrogênio” (2023), que traz oito eixos de atuação governamental

¹⁷“In particular, there are two main applications of locally-produced green hydrogen in electricity production. Specifically, due to the extreme weather conditions in northern Chile, there is a significant difference in solar PV power generation between the summer and winter seasons (World Bank, 2021). This inherently leads to the curtailment of many PV assets, which currently represents one of the key problems of the national power market (Fraunhofer Chile, 2022). In these circumstances, seasonal storage (through power-to-H₂ process) together with the benefits of sector coupling (demand response) seem to be key to reducing the challenge of curtailing current and future PV facilities. The second application arises from the fact that Chile has hundreds of isolated communities and islands, which are mostly powered by generators that run on diesel, liquefied petroleum gas (LPG) and/or natural gas (GIZ, 2018). Here, the most notable cases are the ones of the Easter Island, San Pedro de Atacama and the so called ‘Sistemas Medianos’ (Medium Sized Systems) in Patagonia (Chilean Ministry of Energy, 2019). While all these places represent world-renown ecotourism locations, today their power and heat demands are completely dependent on fossil fuels. In these circumstances, using power-to-X applications for storing renewable power could represent a more sustainable alternative to hydrocarbons for island and isolated communities.” (GOMES et al, 2024, p. 35).

para fortalecimento de uma cadeia nacional para essa nova energia (GOMES et al., 2024, p. 37-38; CHILE, 2020).¹⁸

A Colômbia é outra das principais economias da região que apresenta um cenário atrativo à implementação do Hidrogênio Verde, reunindo abundância de recursos naturais, uma localização estratégica e movimentações políticas de promoção dessa fonte de energia como a estratégia nacional do Hidrogênio em 2021 (GOMES et al., 2024, p. 26; COLÔMBIA, 2021). Nesse mapeamento do potencial colombiano, identifica-se a possibilidade de utilizar recursos como a energia eólica produzida na região de “La Guajira” para obter Hidrogênio Verde com valor competitivo (i.e. \$ 1.7/kg em 2030, \$ 1.1/kg em 2050) (GOMES et al., 2024, p. 26).

Essas projeções apontam que o crescimento do setor de Hidrogênio no país até 2040 representará mais de cinco vezes o volume atual, exigindo investimentos equiparáveis para a substituição do Hidrogênio obtido por meio de combustíveis fósseis e para expandir o campo de aplicação do Hidrogênio Verde, impactando na redução de emissões e no reequilíbrio da balança comercial colombiana, excessivamente dependente de importações de derivados

¹⁸Cf.: “In fact, some of these and other measures were preliminary outlined in the National Hydrogen Action Plan, which broadly defines eight action lines on supporting the development of the national hydrogen economy (Chilean Ministry of Energy, 2024b). These lines include: (i) market promotion measures; (ii) infrastructure development; (iii) information and education; (iv) permits; (v) sustainability in industries; (vi) geographical deployment; (vii) the development of human capital; and (viii) international positioning (ibid). Under these action lines, over 70 specific measures and initiatives were defined, and 30 prioritized together with the allocation of responsibilities among the key respective ministries (ibid). Some of these prioritised measures include the promotion of the development and local demand for SAF50; the creation of a fund for tax credits attributable to the first category tax for investments with a high multiplier effect, including the ‘green’ dimension; the development of a strategic proposal for a sustainability certification system for hydrogen, ammonia and synthetic fuels to meet target markets’ requirements; the identification and implementation of measures to promote hydrogen and derivatives in the mining industry; the development of strategic port infrastructure masterplans for logistics and for public use; the integration of green hydrogen and derivatives’ industry requirements into public infrastructure planning; and the promotion of regulations for seawater desalination (ibid)”. (GOMES et al., 2024, p. 38).

do Hidrogênio (metanol, amônia e fertilizantes) (GOMES et al., 2024, p. 27).

Algumas das características geográficas da Colômbia fazem com que as rotas para o Hidrogênio se diferenciem dos seus vizinhos regionais, preterindo aplicações como os setores de siderurgia e armazenamento de energia, e focando no potencial do país no setor da aplicação de Hidrogênio aos transporte, rodoviário e marítimo.¹⁹ Quanto a essa rota de embarcações, o potencial colombiano se dá por sua localização próxima a rotas marítimas globais e ao canal do Panamá, já possuindo estrutura portuária robusta tanto no atlântico quanto no pacífico, que pode ser redirecionado para os serviços de abastecimento dessas embarcações com Hidrogênio, tornando a Colômbia um Hub no setor (GOMES et. al, 2024, p. 27).

Já os desafios do projeto colombiano se assemelham aos dos demais países latino-americanos, incluindo a necessidade de incentivo à formação de uma demanda interna, a indefinição dos critérios de taxonomia do Hidrogênio, a falta de clareza no licenciamento ambiental, a urgência de melhorias significativas da infraestrutura para armazenamento e transporte do Hidrogênio e dos seus derivados e o risco de resistência social a esses projetos.²⁰ Ciente dessas

¹⁹ No caso do transporte, o cenário colombiano ainda se mostra excessivamente dependente do transporte rodoviário, em parte pela existência limitada de alternativas como a via férrea e uma envelhecida frota marítima. Considerando as longas distâncias exigidas no transporte rodoviário, as células de combustível se mostram vantajosas em comparação à eletrificação, de modo que o setor de transporte foi identificado como uma das principais apostas na inserção do Hidrogênio no Plano Nacional apresentado em 2021, estimando-se que poderá responder por 64% da demanda total em 2050; já com projetos em fases iniciais para viabilizar ônibus e corredores de Hidrogênio ao longo do país (GOMES et al., 2024, p. 29; COLÔMBIA, 2021).

²⁰ Sobre esse último aspecto (resistência de comunidades à implementação de projetos de energia), ver: “In addition, resistance from some local communities to large-scale projects introduces an added layer of complexity, demanding meticulous attention and thoughtful engagement in the planning and execution of low-carbon hydrogen projects. This challenge is particularly pronounced in regions like La Guajira, where renewable energy projects have encountered such obstacles. An example of this is the Enel Green Power’s Windpeshi wind project which was indefinitely paused due to construction delays arising from challenges from neighbouring communities (Enel, 2019). La Guajira region has a historical backdrop of community resistance to energy projects, primarily rooted in issues such as inequality, inadequate government presence, and a pervasive incidence of

barreiras, o roteiro nacional lançado em 2021 prevê quatro frentes de ação – regulação, mercado, infraestrutura e tecnológico-indústria –, às quais se somaram políticas de incentivos fiscais como a Lei 2.099/2021 e plataforma de financiamento como o FENOGE (GOMES et al., 2024; COLÔMBIA, 2021).

Os casos chileno e colombiano ilustram o esforço regional para tentar transformar o Hidrogênio Verde de uma aposta potencial subutilizada em uma ferramenta de metamorfose econômica, social e ambiental para a América Latina. Eles não abarcam todos os pontos desse debate, sobretudo considerando a existência de outros projetos de grande dimensão em países como o Brasil e Argentina, mas permitem evidenciar o surgimento de rotas para a região se integrar ao mercado global do Hidrogênio (Verde), bem como aproveitá-lo em benefício dos seus projetos nacionais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Feita essa breve incursão nas histórias da União Europeia e da América Latina, percebe-se que as disparidades quanto ao grau de avanço regulatório e às condições socioeconômicas não impedem que alguns dos desafios sejam comuns a ambas. Definir de maneira clara e rígida qual o Hidrogênio a ser foco de investimento, estabelecer regras padronizadas de certificação, obter e tornar acessíveis os recursos financeiros desses projetos, e lidar com eventual resistência da população afetada a esses empreendimentos são óbices replicadas no cenário europeu e nos vizinhos latino-americanos.

Desses relatos, cumpre ao Brasil aprender com as falhas e sucessos de cada um. Sobre a primeira, deve entender como evitar sua

multidimensional poverty (New Climate Institute, 2023). In this regard, it is imperative to prioritize a fair energy transition that thoroughly considers the well-being and development of all the communities involved. This highlights the critical importance of such considerations in the development of hydrogen projects within the country.” (GOMES et al., 2024, p. 32-33).

repetição ao construir seu próprio marco regulatório, de modo a não prejudicar essa indústria em construção ou mesmo causar prejuízos ambientais e sociais de longo prazo, especialmente a comunidades vulneráveis. Quanto aos méritos, servem para que o debate brasileiro replique, com as adaptações necessárias e viáveis, caminhos para que o Hidrogênio Verde seja economicamente competitivo e capaz de ajudar na transformação ambiental e econômica do Brasil.

Resta aprender com outras histórias sobre o que e como fazer, sempre com a ressalva de que cada país traz consigo a herança de sua formação e dos recursos que detém para delinear os caminhos das futuras gerações. Ainda que possa tentar importar todas essas práticas, nem sempre convém fazê-lo.

Data de Submissão: 13/11/2025

Data de Aprovação: 02/12/2025

Processo de Avaliação: *double blind peer review*

Editora Geral: Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Editor Convidado: Fernando Joaquim Ferreira Maia

Editora Convidada: Marilda Rosado de Sá Ribeiro

Assistente Editorial: Semíramis Manguiera de Lima

REFERÊNCIAS

BOEMKE, F. M. Short overview of the regulatory situation. In: EBNER, M.; ENGELMANN, T. (Coord.). **Green H₂ investments, from buzz to boom**: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of Hydrogen opportunities. [S.l.: s.n.], 2022. p. 36-41. Disponível em: <https://www.wfw.com/wp-content/uploads/2022/10/KGAL-Whitepaper-Hydrogen-Energy-English.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2024.

CHILE. Ministry of Energy. **Green Hydrogen Action Plan**. Santiago: Ministry of Energy, 2020. Disponível em:

https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/green-hydrogen_action-plan.pdf. Acesso em: 9 set. 2025.

CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY. **France (national hydrogen strategy)**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/policies-and-standards/national-strategies/france>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY. **Germany (national hydrogen strategy)**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/policies-and-standards/national-strategies/germany>. Acesso em: 28 ago. 2025.

CLEAN HYDROGEN OBSERVATORY. **National hydrogen strategies**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/policies-and-standards/national-strategies>. Acesso em: 28 ago. 2025.

COALITION FOR HUMAN RIGHTS IN DEVELOPMENT. **Too good to be true: the true cost of green hydrogen in Chile**. 2024. Disponível em: <https://rightsindevelopment.org/news/green-hydrogen-chile-pueblo-chango/>. Acesso em: 4 nov. 2025.

COLÔMBIA. Ministerio de Minas y Energía. **Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia**. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2021. Disponível em: https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf. Acesso em: 9 set. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022. ISBN 978-65-86075-53-3. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/e8/29/e829e13b-ba12-4a76-9fe2-a60116e76d7d/hidrogenio_sustentavel_web.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

ELIZIÁRIO, S. et al. Experiência internacional. In: CASTRO, N. de et al. (Org.). **A economia do hidrogênio: transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2023. p. 93–158.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Clarity to hydrogen sector with new EU methodology for low-carbon hydrogen and fuels**. Brussels: European Commission, 2025. Press release

IP/25/1743. Disponível em:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_550
. Acesso em 25 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1184 of 10 February 2023** supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin. *Official Journal of the European Union*, L 157, 20 June 2023, p. 11–19. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1184>. Acesso em 25 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Commission staff working document – Implementing the REPowerEU Action Plan: investment needs, hydrogen accelerator and achieving the biomethane targets** (SWD [2022] 230 final). Brussels: European Commission, 18 maio 2022. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2022:230:FIN>. Acesso em 25 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe** (COM(2020) 301 final). Brussels: European Commission, 8 jul. 2020. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>. Acesso em 25 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Communication from the Commission – COM(2025) 274 final, 27 May 2025: EU-wide assessment of the final updated national energy and climate plans – delivering the Union’s 2030 energy and climate objectives**. Brussels: European Commission, 2025a. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52025DC0274>. Acesso em 30 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Directorate-General for Energy. **Hydrogen**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/hydrogen_en. Acesso em: 20 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Directorate-General for Energy. **Renewable Energy Directive**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable->

[energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en#the-revised-directive](#). Acesso em: 20 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **European Clean Hydrogen Alliance**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/industrial-alliances/european-clean-hydrogen-alliance_en. Acesso em: 20 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **European Hydrogen Bank**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/hydrogen/european-hydrogen-bank_en. Acesso em 20 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **National energy and climate plans**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/implementation-eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en. Acesso em 29 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652** (COM(2021) 557 final). Brussels: European Commission, 14 jul. 2021. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0557>. Acesso em: 25 ago. 2025.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **REPowerEU**. [S.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en. Acesso em 20 ago. 2025.

EUROPEAN UNION (EU). **Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023** amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652. *Official Journal of the European Union*, L 2023/2413, 31 Oct. 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>. Acesso em 30 ago. 2025.

EUROPEAN UNION (EU). **Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council, of 30 June 2021,**

establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law). *Official Journal of the European Union*, L 243, 9 jul. 2021, p. 1–17. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>. Acesso em 30 ago. 2025.

FERNANDES, G. et al. **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2023. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opiniaio_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

FRANCE. Government of France. **Final updated National Energy and Climate Plan (NECP) 2021–2030**. Paris: Government of France, July 2024. Disponível em: https://commission.europa.eu/document/download/ab4e488b-2ae9-477f-b509-bbc194154a30_en?filename=FRANCE%20%E2%80%93%20FINAL%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20%28English%29.pdf. Acesso em 29 ago. 2025.

GOMES, I. et al. **Hydrogen for the ‘low hanging fruits’ of South America**: Decarbonising hard-to-abate sectors in Brazil, Argentina, Colombia, and Chile. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. 64 p. (OIES Paper: ET33). ISBN 978-1-78467-237-9.

GOUVERNEMENT FRANÇAIS. Ministère de la Transition énergétique. **Stratégie nationale hydrogène décarboné 2025**. Paris: Ministère de la Transition énergétique, avril 2025. Disponível em: https://www.economie.gouv.fr/files/2025-04/strategie_nationale_hydrogene_decarbhone_2025.pdf. Acesso em: 29 ago. 2025.

GURLIT, W. et al. **Hidrogênio verde**: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo. McKinsey & Company, 25 nov. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 11 dez. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global Hydrogen Review 2024**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>. Acesso em: 10 nov. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Germany 2025**: Energy Policy Review. Paris: IEA, 2025. Disponível em:

<https://www.iea.org/reports/germany-2025>. Acesso em: 28 ago. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Policies Database**. Paris: IEA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.iea.org/policies?jurisdiction=National&q=hydrogen&technology%5B%5D=Hydrogen%20electrolysis%20technologies®ion%5B%5D=Europe>. Acesso em: 10 ago. 2025.

LEANDRO, A. M. G. **A regulação jurídica do hidrogênio renovável no contexto da transição energética – do Acordo de Paris à neutralidade carbônica**. 2024. Dissertação (Mestrado em Direito e Prática Jurídica – Especialidade de Direito do Ambiente, dos Recursos Naturais e da Energia) – Faculdade de Direito, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2024.

PORTUGAL. Government of Portugal. **National energy plan and climate 2021-2030** (Revision of the 2030 NECP: Update/Review (as defined in Article 14 of Regulation (EU) 2018/1999 of 11 December). Lisbon: Government of Portugal, 1 oct. 2024. Disponível em: https://commission.europa.eu/document/download/f12fd5f8-605b-481c-9690-6b86fe2d48e3_en?filename=Final+NECP_20241118_pnec2030_para_aprov_ar_EN.pdf. Acesso em 31 ago. 2025.

RIKABI, R. **Green hydrogen imports into Europe: an assessment of potential sources**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, 2024. 60 p. (OIES Paper: ET32). ISBN 978-1-78467-236-2.

THOMSEN, M. **Desenvolvimento de uma economia de hidrogênio verde no Brasil: obstáculos e viabilizadores**. 2023. Dissertação (Mestrado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa, Rio de Janeiro/RJ, 2023.

TRIBUNAL DE CONTAS EUROPEU. **Relatório especial 11/2024: política industrial da UE para o hidrogênio renovável – quadro jurídico praticamente todo adotado, está na hora de fazer um ponto da situação**. Luxemburgo: Tribunal de Contas Europeu, 2024. Disponível em: https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-11/SR-2024-11_PT.pdf. Acesso em 29 ago. 2025.

Other stories of the energy transition: international experiences in the regulation and financing of green hydrogen

Luís Guilherme Tavares Santos

Sebastião Patrício Mendes da Costa

Abstract: The article investigates international experiences in the regulation and financing of Green Hydrogen, with a comparative focus on the models of the European Union and Latin America, in order to extract lessons relevant to the development of the Brazilian regulatory framework for the sector. It adopts a descriptive, qualitative and legal-theoretical methodology, supported by a review of specialized bibliographic sources, including international regulations, reports from technical agencies and related scientific works. The text is organized into two sections: the first analyzes the European trajectory, highlighting its regulatory maturity, ambitious decarbonization goals, and the creation of community programs (e.g., the European Green Deal, RED III Directive, and REPowerEU), as well as national strategies from the bloc's main economies. The second section examines the Latin American context, focusing on Colombia and Chile, pioneers in the formulation of national strategies for Green Hydrogen. It concludes that, despite institutional and socioeconomic differences, both contexts face common challenges, such as investment attraction, the definition of certification standards, and institutional coordination, whose solutions may inspire Brazil in consolidating its own legal framework for Green Hydrogen.

Keywords: *Energy Transition; Green Hydrogen; Renewable Energy; Comparative Climate Policies; Sustainable Finance.*

DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1678-2593.2025v24n57.77277>

Conteúdo sob licença *Creative Commons: Attribution-NonCommercial-NoDerivative 4.0 International* (CC BY-NC-ND 4.0)

