



## **Hidrogênio Limpo: Uma revisão sistemática sobre aspectos tecnoeconômicos, produção, políticas de transição e potencial no cenário Brasil e global**

*Clean Hydrogen: A systematic review of technoeconomic aspects, production, transition policies and potential in the Brazilian and global scenario*

**Aline Pott, Graduada em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).**

alinepott2004@gmail.com

**Helena Segui Paul, Graduada em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).**

helenaseguipaul@gmail.com

**Luiza Bomtempo de Marchi, Graduada em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).**

luiza.bomtempo@hotmail.com

**Mauricio Uriona Maldonado, Professor Associado no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).**

mauricio.uriona@gmail.com

**Caroline Rodrigues Vaz, Professora Adjunta no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).**

karollrvaz@gmail.com

Número da sessão temática da submissão – [ 6 ]

### **Resumo**

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) são um dos principais desafios globais, intensificando a crise climática e exigindo soluções sustentáveis para a transição energética. O Hidrogênio Limpo (H<sub>2</sub>L) surge como uma alternativa promissora, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este artigo apresenta uma revisão sistemática, seguindo as diretrizes PRISMA, sobre os avanços, desafios e oportunidades do H<sub>2</sub>L, focando em quatro categorias: aspectos tecnoeconômicos, métodos de produção, políticas de transição e o potencial do H<sub>2</sub>L. A análise abrange estudos de bases como *Scencedirect* e *Web of Science*, abordando desde estratégias regulatórias até inovações tecnológicas e viabilidade econômica. Os resultados indicam que, apesar da alta densidade energética e baixo impacto ambiental, o H<sub>2</sub>L enfrenta barreiras significativas, como custos elevados e limitações tecnológicas. Conclui-se que esforços conjuntos em pesquisa, regulamentação e investimentos são cruciais para acelerar sua implementação como solução para a sustentabilidade energética global.

**Palavras-chave:** Hidrogênio Limpo; Hidrogênio Verde; Transição energética; Produção de hidrogênio; Política do hidrogênio



## Abstract

*Greenhouse gas (GHG) emissions are one of the major global challenges, intensifying the climate crisis and demanding sustainable solutions for the energy transition. Clean hydrogen (H<sub>2</sub>L) emerges as a promising alternative, aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs). This article presents a systematic review, following PRISMA guidelines, on the advances, challenges, and opportunities of H<sub>2</sub>L, focusing on four categories: techno-economic aspects, production methods, transition policies, and the potential of clean hydrogen. The analysis covers studies from databases such as Scencedirect and Web of Science, addressing regulatory strategies, technological innovations, and economic viability. Results indicate that, despite its high energy density and low environmental impact, H<sub>2</sub>L faces significant barriers, such as high costs and technological limitations. It is concluded that joint efforts in research, regulation, and investments are crucial to accelerate its implementation as a solution for global energy sustainability.*

**Keywords:** *Clean Hydrogen; Green Hydrogen; Energy Transition; Hydrogen Production; Hydrogen Policy*

## 1. Introdução

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) representam um dos maiores desafios climáticos do século XXI, impulsionando a necessidade de ações imediatas para cumprir as metas do Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (IPCC, 2021; Paris Agreement, 2015; Ueckerdt et al., 2021). A transição energética é fundamental para reduzir essas emissões, exigindo a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis e novos vetores energéticos (Armaroli; Barbieri, 2021). Contudo, o crescimento populacional e industrial mantém a elevada demanda por energia, majoritariamente suprida por combustíveis fósseis, intensificando o aquecimento global e a degradação ambiental (Dincer, 2012; El-Shafie; Kambara; Hayakawa, 2019; Lee et al., 2018; Sazali, 2020).

Nesse contexto, o hidrogênio limpo (H<sub>2</sub>L) emerge como um vetor estratégico para a descarbonização de setores intensivos em emissões, abrangendo diferentes tipos de hidrogênio de baixo carbono, como o hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V), produzido por eletrólise com eletricidade renovável, e o hidrogênio azul, obtido do gás natural com captura de carbono (IRENA, 2019). Dependendo da matriz energética utilizada, sua pegada de carbono pode variar, mas seu objetivo é reduzir significativamente as emissões de GEE. O H<sub>2</sub>V, conceituado pelo *National Renewable Energy Laboratory* em 1995, destaca-se por emissões praticamente nulas e alinhamento aos ODS 7 e 13, sendo uma alternativa promissora na transição energética sustentável (Bailey, 1995; IRENA, 2019).

O H<sub>2</sub>L destaca-se por sua alta densidade energética, versatilidade e baixo impacto ambiental, sendo estratégico em setores de difícil descarbonização, como transporte pesado, aviação e siderurgia, onde a eletrificação completa é inviável (Abdin et al., 2020; Scita; Raimondi; Noussan, 2020). Além disso, seu papel no armazenamento energético é crucial para mitigar a intermitência das fontes renováveis e garantir a estabilidade das redes elétricas (Pavić; Čović; Pandžić, 2022). A produção local de H<sub>2</sub>L fortalece a segurança energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis importados e os riscos geopolíticos associados à volatilidade dos mercados internacionais. Entretanto, sua implementação enfrenta desafios significativos, como elevados custos de produção, infraestrutura limitada e incertezas regulatórias, dificultando a adoção em larga escala (Hydrogen Council, 2021). A falta de políticas governamentais robustas e incentivos adequados agrava essas barreiras,



tornando essencial o desenvolvimento de estratégias estruturadas para viabilizar sua competitividade no cenário energético global (IRENA, 2020).

Desta forma, este artigo tem como objetivo analisar criticamente o conhecimento científico disponível sobre os avanços, desafios e oportunidades do H<sub>2</sub>L, com foco em quatro categorias principais: aspectos tecnoeconômicos, métodos de produção, políticas de transição e o potencial do H<sub>2</sub>L, por meio de uma revisão sistemática da literatura, identificando lacunas de pesquisa e oportunidades para futuras investigações. Para orientar essa análise, esta pesquisa se propõe a responder à seguinte pergunta: “Como diferentes países estão enfrentando os desafios e aproveitando as oportunidades do H<sub>2</sub>L, considerando os aspectos tecnoeconômicos, métodos de produção, políticas de transição e seu potencial no mercado energético global?”. A estrutura do artigo está organizada da seguinte forma: a Seção Procedimentos Metodológicos apresenta os critérios e processos adotados para a revisão sistemática; a Seção Resultados discute as principais características e achados dos estudos revisados; e, por fim, a Seção Conclusões resume os pontos-chave, destacando a importância do H<sub>2</sub>L e a necessidade de mais pesquisas no tema.

## 2. Procedimentos Metodológicos

A revisão sistemática foi conduzida seguindo o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), a fim de garantir um processo sistemático e transparente para a identificação, seleção e análise dos estudos revisados. A coleta de dados foi realizada em agosto de 2024 nas bases *Science Direct* e *Web of Science*, devido à sua ampla cobertura multidisciplinar, indexação por periódicos revisados por pares e funcionalidades que facilitam a análise de tendências e citações, essas bases permitem identificar artigos de alto impacto dentre milhões de publicações (Costa; Silva; Assunção, 2023; Spinak, 2019; Visser; Waltman; van Eck, 2019). O uso combinado dessas bases atende aos critérios metodológicos de revisões sistemáticas, como o PRISMA, assegurando a credibilidade dos resultados (Moher et al., 2015).

Na *Science Direct*, foram utilizados os termos “*Green hydrogen*”, “*Renewable hydrogen*” e “*Clean hydrogen*” com o operador “OR”, resultando em 357 registros iniciais, dos quais, após filtros por tipo de artigo (70 de revisão e 100 de pesquisa), periódicos relevantes (*International Journal of Hydrogen Energy*: 125; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*: 19; *Journal of Cleaner Production*: 14; *Energy Conversion and Management*: 12) e áreas temáticas (170 relacionados à energia e 12 à engenharia), foram exportados 170 artigos. Na *Web of Science*, a busca na *Core Collection* com os mesmos termos e filtros adicionais (documentos: artigos e revisões; categoria: *Energy Fuels*; idioma: inglês; país: Brasil; áreas: engenharia ou combustíveis energéticos) resultou em 70 artigos.

Foram definidos critérios de inclusão — artigos em inglês, sem restrição temporal e que abordassem o tema de forma ampla e relevante — e de exclusão, que eliminaram duplicatas, estudos fora do escopo ou excessivamente específicos e aqueles desalinhados com as palavras-chave. A triagem foi realizada utilizando o *Rayyan*, um *software online* que auxilia na seleção de estudos em revisões sistemáticas ao organizar, classificar e permitir a colaboração entre pesquisadores (RAYYAN SOFTWARE, 2024). Foram excluídas quatro duplicatas, 170 estudos fora do escopo e dois que fugiam do tema principal, resultando na seleção de 64 estudos para análise detalhada, seguindo o modelo PRISMA conforme ilustrado no fluxograma da Figura 1.

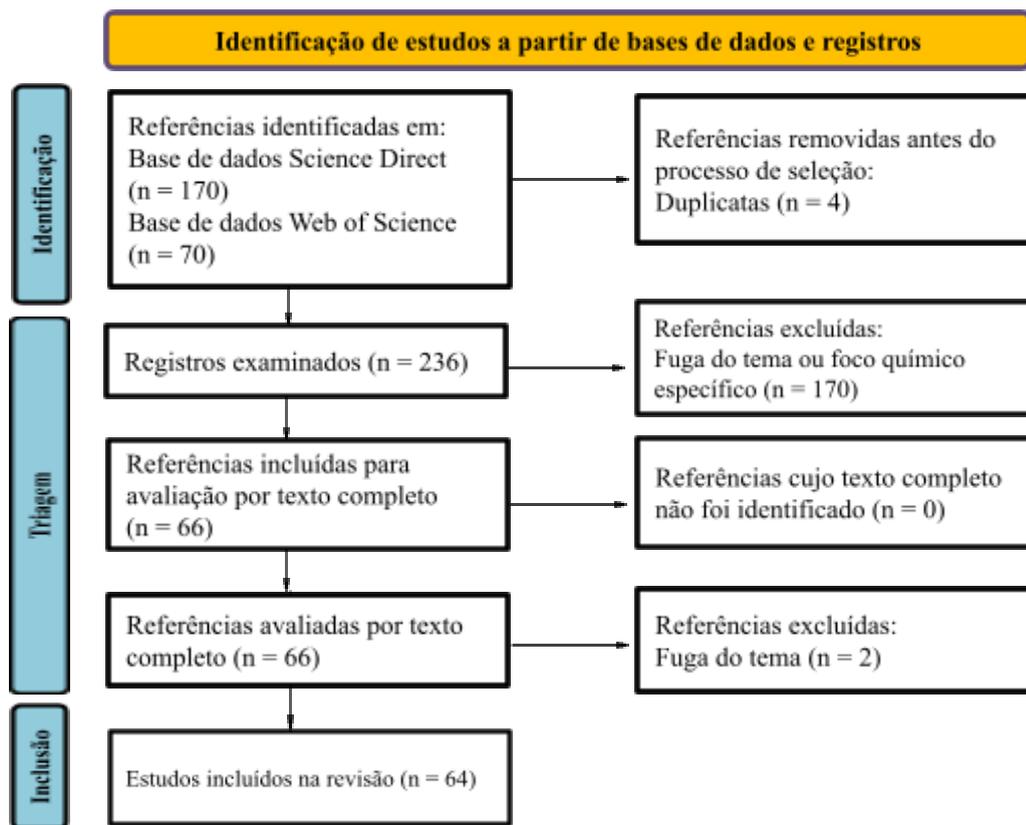


Figura 1: Diagrama de fluxo de itens de relatórios preferenciais para revisões sistemáticas e meta-análises. Fonte: elaborado pelos autores.

### 3. Resultados

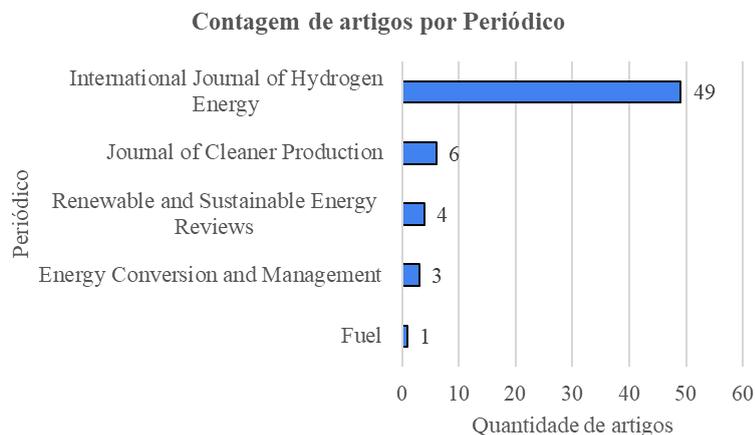
Os artigos analisados nesta revisão foram representados graficamente para evidenciar a tendência temporal, a quantidade de periódicos analisados, considerando a recorrência das revistas, a quantidade de autores, avaliando aqueles que aparecem em múltiplas publicações e a distribuição de artigos por países. Esses dados permitem compreender a distribuição e a contribuição individual no campo de H<sub>2</sub>L.



Figura 2: Contagem de artigos por ano. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 2 apresenta a evolução das publicações sobre H<sub>2</sub>L, a qual evidencia um crescimento expressivo a partir de 2021, impulsionado pelas metas globais de descarbonização e pela necessidade de soluções energéticas sustentáveis. Esse aumento está associado a compromissos internacionais, como o Acordo de Paris (2015) e a 26<sup>a</sup> Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (2021), que incentivaram o desenvolvimento do H<sub>2</sub>L como vetor energético (Bayssi et al., 2024; Bisognin Garlet et al., 2024). Estudos como o de Dagdougui et al. (2011) marcaram um passo crucial ao demonstrar a integração do H<sub>2</sub>L com o mercado elétrico, abrindo caminho para avanços futuros.

A distribuição geográfica das publicações (Figura 5) revela assimetrias significativas, com países como Austrália, Canadá e Brasil liderando a produção acadêmica devido a seus recursos naturais e estratégias nacionais (Australian Government, 2024; Bisognin Garlet et al., 2024). Em contrapartida, regiões como o Norte da África e partes da América Latina ainda têm participação limitada, apesar de seu elevado potencial solar e eólico (Bayssi et al., 2024). Essa desigualdade destaca a necessidade de cooperação internacional e investimentos para ampliar a pesquisa e infraestrutura nesses locais (Moran et al., 2024).



**Figura 3: Contagem de artigos por periódico. Fonte: elaborado pelos autores.**

A Figura 3 mostra a distribuição de artigos por periódico, destacando o *International Journal of Hydrogen Energy*, com 49 publicações, e um alto Fator de Impacto (7,57), classificado no quartil Q1, o que o posiciona como um dos periódicos mais relevantes na área (Clarivar, 2023). Outros periódicos de destaque incluem *Journal of Cleaner Production* e *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, frequentemente citados em pesquisas sobre sustentabilidade energética. A predominância de publicações da *Elsevier* destaca seu papel central na disseminação do conhecimento sobre H<sub>2</sub>L, evidenciando a importância dos periódicos de alto impacto para o avanço científico desse campo.

A Figura 4 apresenta a frequência de publicação dos autores nas fontes analisadas, destacando Nadaleti como o mais produtivo, com cinco artigos focados na produção de H<sub>2</sub>V a partir de fontes renováveis, viabilidade econômica e planejamento energético no Brasil (Nadaleti, 2025). Dincer, com quatro publicações, contribuiu significativamente para a produção sustentável de hidrogênio e a integração de energias renováveis (Ontario Tech University, 2025).

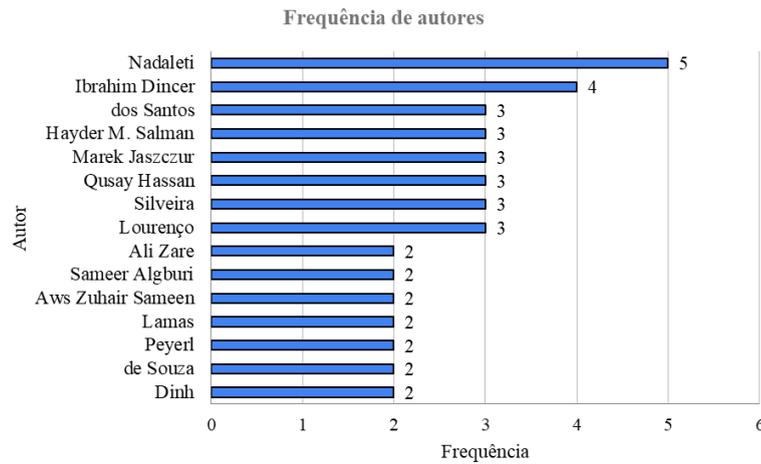


Figura 4: Frequência de autores. Fonte: elaborado pelos autores.

A Figura 5 ilustra a distribuição geográfica das publicações sobre H<sub>2</sub>L, evidenciando países com maior produção científica, como Austrália, Canadá, Brasil, Itália, Japão, Espanha e Arábia Saudita, representados em azul escuro. Em contraste, regiões como a África do Norte, o Oriente Médio e partes da América Latina, incluindo Nepal, Paraguai, Argélia e Mauritânia, apresentam menor densidade de publicações, indicando que esses países ainda estão em estágios iniciais de contribuição.

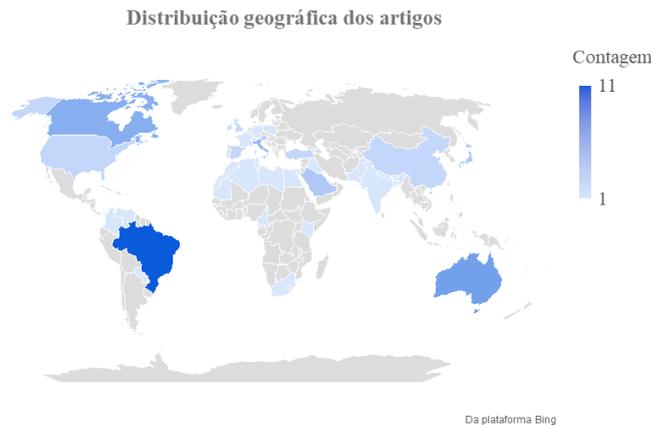
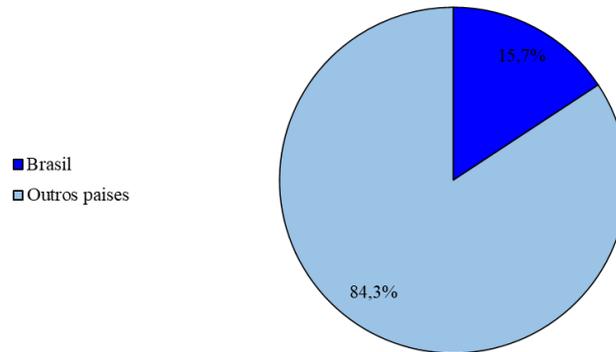


Figura 5: Mapa geográfico da distribuição dos artigos. Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 6 apresenta a distribuição percentual de artigos provenientes do Brasil e de outros países. Observa-se que 15,7% dos artigos são originários do Brasil, enquanto 84,3% são de outros países. Esse resultado é influenciado pelo uso de um filtro específico para "Brasil" em uma das bases de dados, o que justifica a maior representatividade de artigos brasileiros na amostra. No entanto, ao considerar o cenário global, a base de comparação demonstra uma predominância de publicações internacionais, refletindo a maior quantidade de estudos sobre o tema em outros países.

Porcentagem de artigos provenientes do Brasil e de outros países



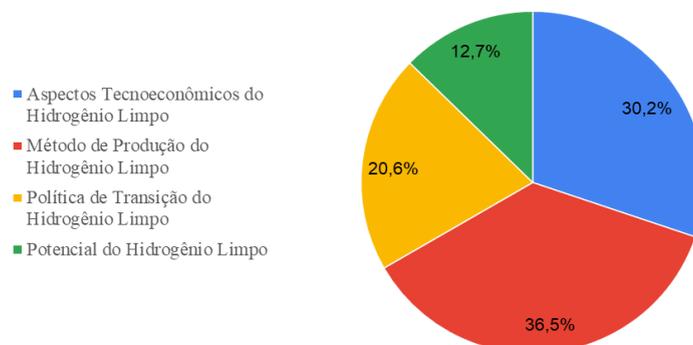
**Figura 6: Distribuição percentual de artigos provenientes do Brasil e de outros países. Fonte: elaborado pelos autores.**

### 3.1 Categorização dos artigos

Os artigos analisados nesta revisão sistemática foram organizados em quatro categorias principais, resultantes de uma análise qualitativa baseada na codificação temática. Durante a leitura dos estudos, palavras-chave, conceitos e ideias recorrentes foram destacados, permitindo a identificação de padrões e tópicos centrais na literatura sobre H<sub>2</sub>L.

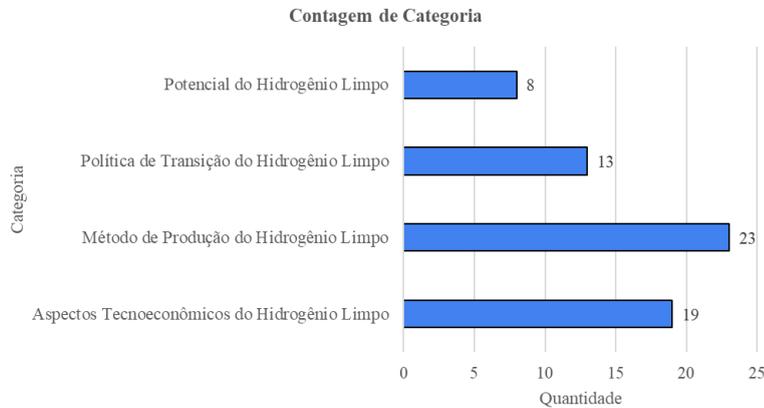
A primeira categoria, Aspectos Tecnoeconômicos do H<sub>2</sub>L, aborda temas como custo-benefício, eficiência energética e competitividade no mercado. A segunda, Método de Produção, foca nos processos de produção, armazenamento e transporte do hidrogênio, destacando inovações tecnológicas e avanços científicos. A terceira categoria, Políticas de Transição, explora estratégias regulatórias, iniciativas governamentais e instrumentos de fomento. A última categoria, Potencial do H<sub>2</sub>L, discute os benefícios, desafios e impactos ambientais dessa tecnologia, além de sua viabilidade econômica e contribuição para a sustentabilidade energética.

Porcentagem por Categoria



**Figura 7: Proporção percentual dos artigos da revisão sistemática em cada categoria. Fonte: elaborado pelos autores.**

A Figura 7 destaca que a maior parte dos artigos está concentrada na categoria "Método de Produção do Hidrogênio Limpo", representando 36,5% do total, seguida pelos "Aspectos Tecnoeconômicos", com 30,2%. Já as categorias "Políticas de Transição" e "Potencial do Hidrogênio Limpo" apresentam menor proporção, com 20,6% e 12,7%, respectivamente.



**Figura 8: Contagem dos artigos por categoria da revisão sistemática. Fonte: elaborado pelos autores.**

A Figura 8 complementa essa análise ao apresentar os valores absolutos, mostrando que 23 artigos tratam da produção do H<sub>2</sub>L, 19 abordam aspectos tecnoeconômicos, 13 focam em políticas de transição e apenas 8 discutem o potencial do H<sub>2</sub>L. Esses dados mostram que a pesquisa atual prioriza aspectos técnicos e econômicos, enquanto políticas e avaliação do potencial são menos abordadas, indicando a necessidade de mais estudos sobre o impacto das políticas favoráveis na viabilidade econômica da energia renovável (Pudukudy et al., 2014).

#### 4. Conclusão

Esta pesquisa alcançou seu objetivo ao traçar um panorama abrangente da transição energética global, com foco no hidrogênio limpo (H<sub>2</sub>L). A partir da identificação de avanços tecnológicos e lacunas de pesquisa, o estudo revelou oportunidades promissoras para o H<sub>2</sub>L na descarbonização do setor energético. A metodologia empregada, baseada no protocolo PRISMA, permitiu uma análise crítica da literatura, considerando aspectos, métodos de produção, políticas de transição e o potencial do H<sub>2</sub>L no mercado global.

A revisão sistemática evidenciou o papel estratégico do H<sub>2</sub>L na mitigação das mudanças climáticas, com destaque para sua capacidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Contudo, a dominância dos combustíveis fósseis, impulsionada pelo baixo custo e pela infraestrutura consolidada, ainda representa um desafio para a ampla adoção do H<sub>2</sub>L. Nesse contexto, a pesquisa revelou que os esforços científicos se concentram em métodos de produção mais eficientes, como a eletrólise, e no uso de fontes renováveis para a geração de hidrogênio verde.

A análise do cenário brasileiro demonstrou o potencial do país na produção e exportação de H<sub>2</sub>L, especialmente o hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V), alavancado pela abundância de recursos renováveis e pela capacidade de armazenamento. No entanto, desafios regulatórios e de infraestrutura precisam ser superados para que o Brasil consolide sua posição como protagonista global nesse mercado. A cooperação internacional e o investimento em pesquisa e desenvolvimento são cruciais para impulsionar a inovação e fortalecer a competitividade do país.



Conclui-se que o H<sub>2</sub>L desempenha um papel fundamental na transição para um sistema energético sustentável. Para que seu potencial seja plenamente explorado, é imperativo superar os desafios técnicos, econômicos e regulatórios que ainda permeiam sua produção, armazenamento e distribuição. A colaboração entre governos, indústria e academia é essencial para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, políticas públicas robustas e para a criação de uma infraestrutura adequada.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que futuras pesquisas priorizem:

- o desenvolvimento de estratégias e tecnologias mais eficientes e acessíveis para a produção de H<sub>2</sub>L, promovendo a conscientização pública e a competitividade em relação aos combustíveis fósseis;
- o investimento em pesquisas para aprimorar o transporte e o armazenamento de H<sub>2</sub>L, garantindo a viabilidade em diferentes escalas e regiões;
- a criação de cenários de produção considerando a diversificação de fontes de energia renovável, acelerando a adoção do H<sub>2</sub>L em mercados emergentes e desenvolvidos.

Espera-se que estas ações, focadas em inovação tecnológica, infraestrutura e políticas públicas eficazes, impulsionem a transição energética global rumo a um futuro sustentável.

## Referências

ABDIN, Zainul et al. Hydrogen as an energy vector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 120, p. 109620–109620, 2020.

AHMED, Shams Forruque et al. Sustainable hydrogen production: Technological advancements and economic analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 47, n. 88, p. 37227–37255, 2022.

ARMAROLI, Nicola; BARBIERI, Andrea. The hydrogen dilemma in Italy's energy transition. *Nature Italy*, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d43978-021-00109-3>.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. National Hydrogen Strategy 2024. [s. l.], 2024.

BAILEY, C e Bain, A e Birk, J e Hainsselin, M e Kamal, M e Linden, H e Lloyd, A e Lynch, F e Mackenzie, J e Nahmias, D e outros. *The Green Hydrogen Report*. National Renewable Energy Laboratory (NREL): Washington, DC, USA, [s. l.], 1995.

BAYSSI, Oussama et al. Green hydrogen landscape in North African countries: Strengths, challenges, and future prospects. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 84, p. 822–839, 2024.

BISOGNIN GARLET, Taís et al. Unlocking Brazil's green hydrogen potential: Overcoming barriers and formulating strategies to this promising sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 49, p. 553–570, 2024.

CLARIVAR. Relatórios de citações de periódicos. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://clarivate.com/academia-government/scientific-and-academic-research/research-funding-analytics/journal-citation-reports/>. Acesso em: 7 jan. 2025.

COSTA, Danilo da; SILVA, Gustavo Javier Castro; ASSUNÇÃO, Maria Aparecida de. Scopus vs. Web of Science: uma avaliação comparativa das principais bases de dados para a pesquisa acadêmica. *Cadernos do FNDE*, [s. l.], v. 4, n. 09, p. e0982–e0982, 2023.



- DINCER, Ibrahim. Green methods for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 1954–1971, 2012.
- EL-SHAFIE, Mostafa; KAMBARA, Shinji; HAYAKAWA, Yukio. Hydrogen Production Technologies Overview. *Journal of Power and Energy Engineering*, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.h2knowledgecentre.com/content/journal2618>.
- GUNNINGHAM, Neil. Managing the energy trilemma: The case of Indonesia. *Energy Policy*, [s. l.], v. 54, Decades of Diesel, p. 184–193, 2013.
- HASSAN, Qusay et al. Renewable energy-to-green hydrogen: A review of main resources routes, processes and evaluation. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 48, n. 46, p. 17383–17408, 2023.
- HJEIJ, Dawood; BIÇER, Yusuf; KOÇ, Muammer. Hydrogen strategy as an energy transition and economic transformation avenue for natural gas exporting countries: Qatar as a case study. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 47, n. 8, p. 4977–5009, 2022.
- HYDROGEN COUNCIL. Hydrogen Insights 2021. In: HYDROGEN COUNCIL. 15 jul. 2021. Disponível em: <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>. Acesso em: 7 jan. 2025.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY IRENA. Hydrogen\_A\_renewable\_energy\_perspective. International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019, [s. l.], 2019.
- IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2021.
- IRENA. Renewable Capacity Statistics 2020. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020>. Acesso em: 7 jan. 2025.
- LEE, Boreum et al. Economic feasibility studies of high pressure PEM water electrolysis for distributed H<sub>2</sub> refueling stations. *Energy Conversion and Management*, [s. l.], v. 162, p. 139–144, 2018.
- LIU, Wei et al. Green hydrogen standard in China: Standard and evaluation of low-carbon hydrogen, clean hydrogen, and renewable hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 47, n. 58, p. 24584–24591, 2022.
- MA, Nan et al. Large scale of green hydrogen storage: Opportunities and challenges. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 50, p. 379–396, 2024.
- MARTINS, F P et al. Hydrogen and the sustainable development goals: Synergies and trade-offs. *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, [s. l.], v. 204, 2024.
- MOHER, David et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1, 2015.
- MORAN, Cian et al. The hydrogen storage challenge: Does storage method and size affect the cost and operational flexibility of hydrogen supply chains?. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 52, p. 1090–1100, 2024.
- ONTARIO TECH UNIVERSITY. Ibrahim Dincer. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://ontariotechu.ca/experts/feas/ibrahim-dincer.php>. Acesso em: 8 jan. 2025.



- PAL, Abhimanyu et al. Powering squarely into the future: A strategic analysis of hydrogen energy in QUAD nations. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 49, p. 16–41, 2024.
- PARIS AGREEMENT. UNITED NATIONS. [S. l.], 2015. Disponível em: [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf). Acesso em: 30 jan. 2025.
- PAVIĆ, Ivan; ČOVIĆ, Nikolina; PANDŽIĆ, Hrvoje. PV–battery-hydrogen plant: Cutting green hydrogen costs through multi-market positioning. *Applied Energy*, [s. l.], v. 328, p. 120103–120103, 2022.
- PUDUKUDY, Manoj et al. Renewable hydrogen economy in Asia – Opportunities and challenges: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 30, p. 743–757, 2014.
- RAYYAN SOFTWARE. Rayyan: AI-Powered Systematic Review Management Platform. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.rayyan.com/>. Acesso em: 6 fev. 2025.
- RÍOS, C et al. Simulation of the optimal plant size to produce renewable hydrogen based on the available electricity. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 52, p. 1325–1337, 2024.
- SAZALI, Norazlianie. Emerging technologies by hydrogen: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, [s. l.], v. 45, p. 18753–18771, 2020.
- 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. *SSRN Electronic Journal*, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=3709789>.
- SPINAK, Ernesto. Google Acadêmico, Web of Science ou Scopus, qual nos dá melhor cobertura de indexação? | SciELO em Perspectiva. In: 2019. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2019/11/27/google-academico-web-of-science-ou-scopus-qual-nos-da-melhor-cobertura-de-indexacao/>. Acesso em: 7 jan. 2025.
- UECKERDT, F et al. Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation. *Nature Climate Change*, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 384–393, 2021.
- UNFCCC. COP26 Outcomes: Transparency and Reporting. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-glasgow-climate-pact/cop26-outcomes-transparency-and-reporting>. Acesso em: 2 fev. 2025.
- VISSER, Martijn; WALTMAN, Ludo; VAN ECK, Nees Jan. Large-scale comparison of bibliographic data sources: Scopus, Web of Science, Dimensions, Crossref, and Microsoft Academic. *Quantitative Science Studies*, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 20–41, 2019.
- WILLIAN NADALETI. Willian Nadaleti (0000-0002-4727-4127). [S. l.], 2025. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0002-4727-4127>. Acesso em: 8 jan. 2025.
- YUE, Meiling et al. Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 146, p. 111180–111180, 2021.