

# INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL: MAPEAMENTO DE PATENTES DE HIDROGÊNIO VERDE

*SUSTAINABLE INNOVATION: GREEN HYDROGEN PATENT MAPPING*

*INNOVACIÓN SOSTENIBLE: MAPEAMIENTO DE PATENTES DE HIDRÓGENO VERDE*

Michel Bruno Lima Nascimento<sup>1</sup>  
José Ricardo de Santana<sup>2</sup>

## Resumo

Este estudo investigou patentes de hidrogênio verde por meio de uma análise de 26 patentes concedidas (2015-2024), extraídas da base *The Lens* após filtragem de um universo inicial de 742 registros. A pesquisa analisou a produção anual, jurisdição, classificação IPC e realizou análise textual dos resumos. Os resultados revelam que, embora o hidrogênio verde apresente grande potencial, sua difusão tecnológica permanece limitada e concentrada em poucos países (principalmente Coreia do Sul e EUA), evidenciando assimetrias no desenvolvimento global da tecnologia. O crescimento de patentes a partir de 2021 indica maior interesse, mas com foco desproporcional na etapa de produção por eletrólise (representada por termos predominantes como "produção" e "eletrólise"), em detrimento de outras fases críticas como armazenamento e transporte. Essa dupla concentração geográfica em poucas nações e temática em métodos de geração, pode elevar custos, limitar a diversificação tecnológica e comprometer o desenvolvimento harmonioso da cadeia produtiva. Conclui-se pela urgência de políticas que promovam cooperação internacional e investimentos equilibrados em todas as etapas do ciclo do hidrogênio verde para viabilizar seu pleno desenvolvimento como alternativa energética sustentável.

**Palavras-chave:** hidrogênio verde; patente; inovação.

## Abstract

This study investigated green hydrogen patents through an analysis of 26 granted patents (2015-2024), extracted from The Lens database after filtering an initial universe of 742 records. The research analyzed annual production, jurisdiction, IPC classification, and performed textual analysis of the abstracts. The results reveal that, although green hydrogen has immense potential, its technological diffusion remains limited and concentrated in a few countries (mainly South Korea and the USA), highlighting asymmetries in the global development of the technology. The growth in patents since 2021 indicates greater interest, but with a disproportionate focus on the electrolysis production stage (represented by predominant terms such as "production" and "electrolysis"), to the detriment of other critical phases such as storage and transportation. This dual geographic concentration in a few countries and thematic concentration in generation methods can increase costs, limit technological diversification, and compromise the harmonious development of the production chain. It is concluded that policies that promote international cooperation and balanced investments in all stages of the green hydrogen cycle are urgently needed to enable its full development as a sustainable energy alternative.

**Key words:** green hydrogen; patent; innovation.

## Resumen

Este estudio investigó patentes de hidrógeno verde mediante un análisis de 26 patentes concedidas (2015-2024), extraídas de la base *The Lens* tras la filtración de un universo inicial de 742 registros. La investigación analizó la producción anual, la jurisdicción, la clasificación IPC y realizó un análisis textual de los resúmenes. Los resultados revelan que, aunque el hidrógeno verde presenta un gran potencial, su difusión tecnológica sigue siendo limitada

---

<sup>1</sup> Especialista em Contabilidade, Auditoria e Perícia (UNOPAR), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0009-0005-6418-1300. E-mail: michel\_bln@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutor em Economia de Empresas (FGV), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0001-5617-2096. E-mail: jrsantana@academico.ufs.br.

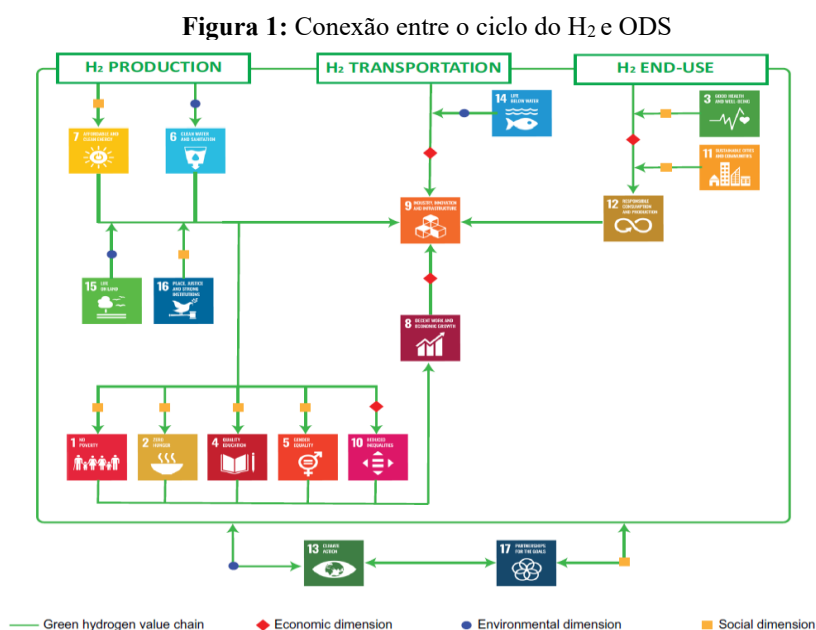
y concentrada en pocos países (principalmente Corea del Sur y Estados Unidos), lo que evidencia asimetrías en el desarrollo global de la tecnología. El crecimiento de las patentes a partir de 2021 indica un mayor interés, pero con un enfoque desproporcionado en la etapa de producción por electrólisis (representada por términos predominantes como “producción” y “electrólisis”), en detrimento de otras fases críticas como el almacenamiento y el transporte. Esta doble concentración —geográfica, en pocas naciones, y temática, en métodos de generación— puede elevar costos, limitar la diversificación tecnológica y comprometer el desarrollo equilibrado de la cadena productiva. Se concluye que son urgentes políticas que promuevan la cooperación internacional y la inversión equilibrada en todas las etapas del ciclo del hidrógeno verde para viabilizar su pleno desarrollo como alternativa energética sostenible.

**Palabras clave:** hidrógeno verde; patente; innovación.

## 1 Introdução

O hidrogênio verde é analisado como alternativa sustentável aos combustíveis fósseis, sua produção de forma sustentável descarboniza o processo. Com características que lhe permite atuar como energia e matéria-prima, abriu caminho para novas políticas energéticas, podendo atuar na indústria, transporte, como também beneficiar a sociedade e aprimorar a eficiência energética. Além de ampliar as opções energéticas, promove impactos positivos ambientais, sociais e econômicos (Squadri; Maggio; Nicita, 2023).

Segundo Peyrerl e Zwaan (2024), o hidrogênio verde tem potencial para contribuir com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), podendo inclusive acelerar o cumprimento de metas específicas até 2030. Contudo, a implementação de sua cadeia de valor não está isenta de desafios e possíveis impactos negativos gradualmente. Para uma implementação sustentável, são necessários investimentos, políticas e incentivos sincronizados que façam os atores envolvidos colaborarem entre si.



Fonte: Peyrerl e Zwaan (2024).

A figura 1 traz uma abordagem estratégica que destaca pontos de convergência entre a cadeia do hidrogênio verde e os pilares do desenvolvimento sustentável, oferecendo subsídios visuais e orientações práticas para apoiar decisões alinhadas aos 17 ODS.

Olabi *et al.* (2023) exploraram métodos para a produção de hidrogênio sustentável. A abordagem inclui desde processos como a eletrólise da água alimentada por fontes renováveis, separação termoquímica e fotoeletroquímica, até técnicas que utilizam biomassa e microrganismos, como a fermentação, a pirólise e sistemas bioeletroquímicos. A análise evidencia que a principal contribuição do hidrogênio verde está alinhada a diversos ODS, como a oferta de energia limpa e acessível (ODS 7), o estímulo ao trabalho decente e crescimento econômico pela eficiência de recursos (ODS 8), a inovação industrial com a valorização de resíduos (ODS 9), a promoção de consumo e produção responsáveis (ODS 12) e a ação contra a mudança global do clima pela redução de gases de efeito estufa (ODS 13).

As tecnologias de armazenamento e transporte de hidrogênio verde em larga escala são reconhecidas como promissoras vetores energéticos para integrar fontes renováveis intermitentes gerando um sistema energético sustentável. Estudo realizado por Ma *et al.* (2024) avaliaram diferentes métodos: o armazenamento de hidrogênio comprimido, embora promissor, sofre com perdas de energia; o hidrogênio líquido (LH<sub>2</sub>) possui alta densidade energética, mas enfrenta desafios de eficiência na liquefação, evaporação e segurança; a injeção em gasodutos de gás natural aproveita a infraestrutura existente, porém pode afetar componentes sensíveis; e a amônia (NH<sub>3</sub>) surge como transportador vantajoso devido à sua alta densidade, mas requer avanços em catalisadores e tecnologias de purificação. Os autores concluíram que embora os custos sejam elevados, espera-se sua redução com avanços tecnológicos e econômicos.

Conforme Zhang, Chen e Ling (2022), que analisaram 153 políticas públicas provinciais sobre energia de hidrogênio na China (2015-2021), a literatura prévia tendia a focar em estratégias nacionais, deixando uma lacuna nas análises textuais e de cluster sobre políticas subnacionais. Foi identificado que o escopo das políticas é amplo, porém a quantidade de normas específicas para o setor ainda é limitada. Notou-se uma evolução das regulamentações gerais para requisitos específicos em cada elo da cadeia industrial, com crescente ênfase em inovação tecnológica, atração de talentos e no apoio detalhado à produção, armazenamento e transporte.

Uma grande problemática do hidrogênio verde gira em torno de sua produção devido aos custos, Wang e Zan (2024) demonstraram que por meio de políticas regulatórias pode-se minimizar os impactos dos custos, aderindo-se a tarifas de importação mais baixas, subsídios direcionados, redução dos custos de produção e incentivando investimento em infraestrutura.

Segundo Díaz, Oróstica e Guajardo (2023) e Fan, li e Chu (2025) o custo nivelado do hidrogênio LCOH (Liquid Organic Hydrogen Carrier) em sistemas de eletrólise depende mais das condições operacionais do que de avanços tecnológicos isolados. A eletricidade representa o principal fator de impacto, sendo que fontes renováveis mais baratas reduzem significativamente os custos de produção. Configurações fora da rede, sem baterias e com eletrolisadores de baixo CAPEX, oferecem grande potencial de redução de custos, embora apresentem desafios técnicos que exigem mais pesquisa. Os eletrolisadores alcalinos tradicionais mostram-se incompatíveis com a intermitência das fontes renováveis, e soluções paliativas não resolvem essa limitação estrutural. Assim, é necessário desenvolver reatores projetados para operar sob condições dinâmicas.

Staudt *et al.* (2025) avaliaram opções de transporte de hidrogênio energeticamente, considerando hidrogênio líquido, amônia, GNL (Gás Natural Liquefeito) verde, metanol e LOHC como transportadores. Assim chegaram à conclusão de que o hidrogênio líquido é a opção mais eficiente (73% de taxa de utilização de energia) requerendo-se hidrogênio gasoso no destino. Para uso direto dos derivados, a amônia apresentou a maior eficiência. Opções que requerem CO<sub>2</sub>, como GNL verde e metanol, mostraram-se energeticamente favoráveis quando utilizadas diretamente, desde que houvesse fontes pontuais de carbono. Também demonstraram, que a distância de transporte tem impacto mínimo na eficiência energética. Os autores ressaltaram, porém, que a maior eficiência não deve ser o critério principal, mas sim a velocidade de implantação e o potencial de economia de CO<sub>2</sub>.

O movimento de descarbonização cresce cada vez mais com estudos e criações que auxiliam na diminuição da emissão de gases de efeito estufa principalmente o CO<sub>2</sub>, uma busca simples realizada na base da *Web of Science* pelo termo “hidrogênio verde” retornou cerca 66 mil documentos sobre o assunto, apenas em 2024 foram publicados mais de 6 mil documentos nessa base, mostrando a relevância e atualidade do assunto. As patentes verdes têm papel fundamental nesse processo pois geram inovações sustentáveis e as patentes de hidrogênio verde além de diversificar as fontes de energia, ajudam na diminuição da utilização de combustíveis mais poluentes, causando assim impacto ambiental positivo, melhorando a qualidade do ar, afetam o crescimento econômico pois geram investimentos e aumentam a geração de empregos.

Por se tratar de uma tecnologia emergente e promissora se faz necessário procurar entender suas características, forma de produção e utilização e como anda seu desenvolvimento. Para responder esses questionamentos teremos como objetivo geral investigar as patentes de hidrogênio verde concedidas durante o período de 2015 a 2024 na base *The Lens*. Como objetivos específicos vamos analisar as patentes e explicitar informações sobre as patentes.

## 2 Métodos

A pesquisa teve foco em patentes concedidas durante o período de 2015 a 2024. A base utilizada para pesquisa foi a *The Lens*<sup>®</sup>, base reconhecida por seu grande acervo tanto de documentos, quanto de patentes, fornece pesquisa gratuita e privada caso queira ter algumas ferramentas que auxiliam na pesquisa. Foram utilizados os métodos exploratório e descritivo, os resultados tiveram cunho quantitativo e qualitativo.

A busca por patentes foi estruturada, o termo utilizado foi “*green hydrogen*” e foi procurado nos títulos ou resumos ou reivindicações das patentes. Na figura 2 é disponibilizado o link da pesquisa estruturada, facilitando a quem queira efetuar a mesma pesquisa ou confirmar os dados demonstrados.

Figura 2: Link da pesquisa estruturada

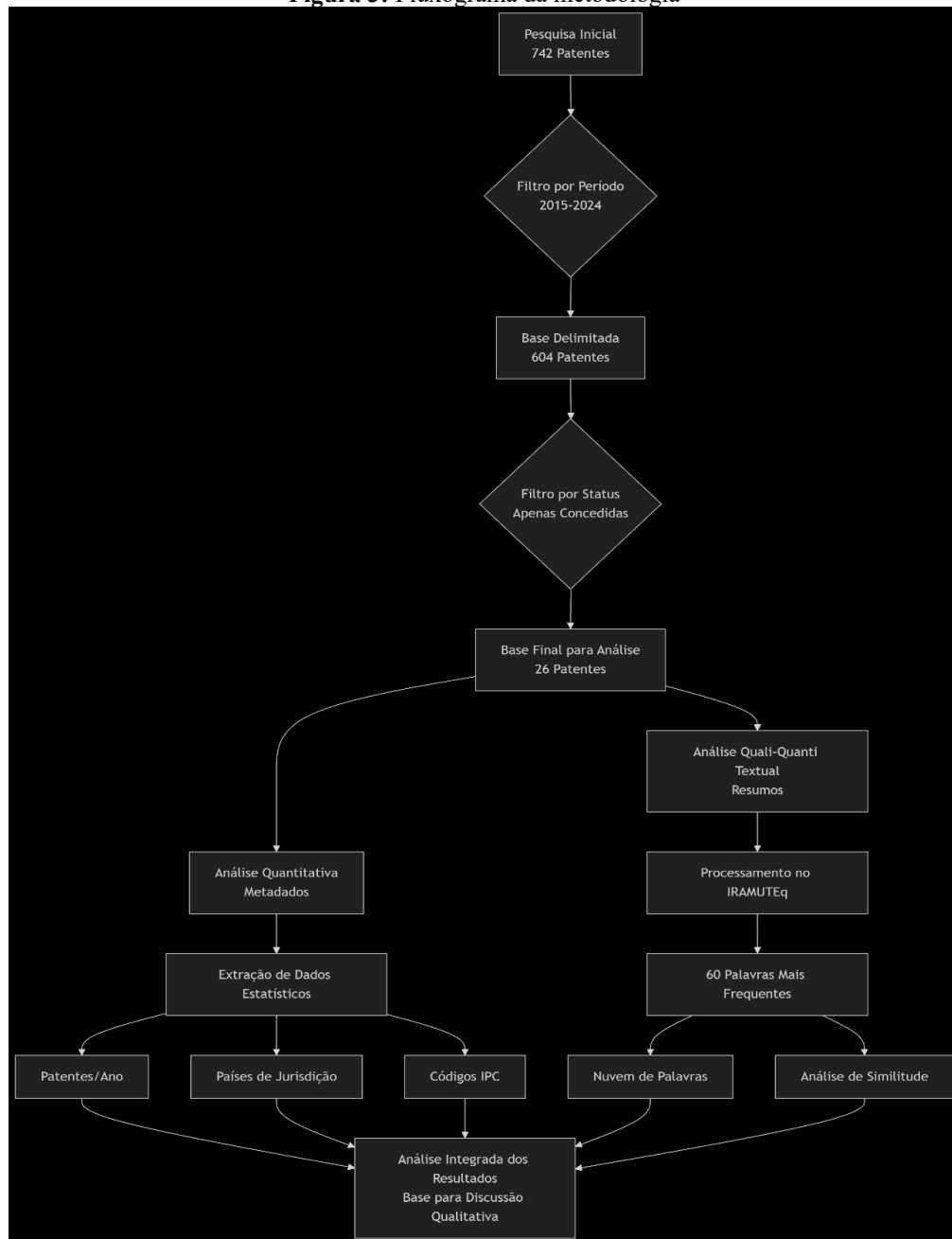
[https://www.lens.org/lens/search/patent/table?q=\(title:\(%22green%20hydrogen%22\)%20OR%20abstract:\(%22green%20hydrogen%22\)%20OR%20claim:\(%22green%20hydrogen%22\)\)&p=0&n=10&s=score&d=%2B&f=false&e=false&l=en&authorField=author&dateFilterField=publishedDate&orderBy=%2Bscore&presentation=false&preview=true&stemmed=true&useAuthorId=false&types.must=GRANTED\\_PATENT&publishedDate.from=2015-01-01&publishedDate.to=2024-12-31](https://www.lens.org/lens/search/patent/table?q=(title:(%22green%20hydrogen%22)%20OR%20abstract:(%22green%20hydrogen%22)%20OR%20claim:(%22green%20hydrogen%22))&p=0&n=10&s=score&d=%2B&f=false&e=false&l=en&authorField=author&dateFilterField=publishedDate&orderBy=%2Bscore&presentation=false&preview=true&stemmed=true&useAuthorId=false&types.must=GRANTED_PATENT&publishedDate.from=2015-01-01&publishedDate.to=2024-12-31)

Fonte: Dados da pesquisa gerados pela *The Lens* (2025).

A pesquisa inicial resultou em um total 742 patentes, após delimitar a pesquisa entre os anos de 2015 e 2024 foram encontradas 604 patentes. Para termos resultados mais condizentes com o que realmente é patenteado, foram filtradas apenas as patentes concedidas resultando em 26 patentes. Aproveitando as análises estatísticas da base, foram extraídos dados como quantidades patentes concedidas por ano, países de jurisdição, principais códigos de classificação (IPC) *International Patent Classification*.

Além das análises citadas acima, os resumos das patentes passaram por análise estatística textual pelo *software* gratuito Iramuteq, para essa análise utilizamos as 60 palavras com maior frequência nos resumos, disponibilizando informações que dão base para análise qualitativa a partir do quantitativo de termos encontrados nos resumos, gerando nuvem de palavras e análise de similitude.

**Figura 3:** Fluxograma da metodologia



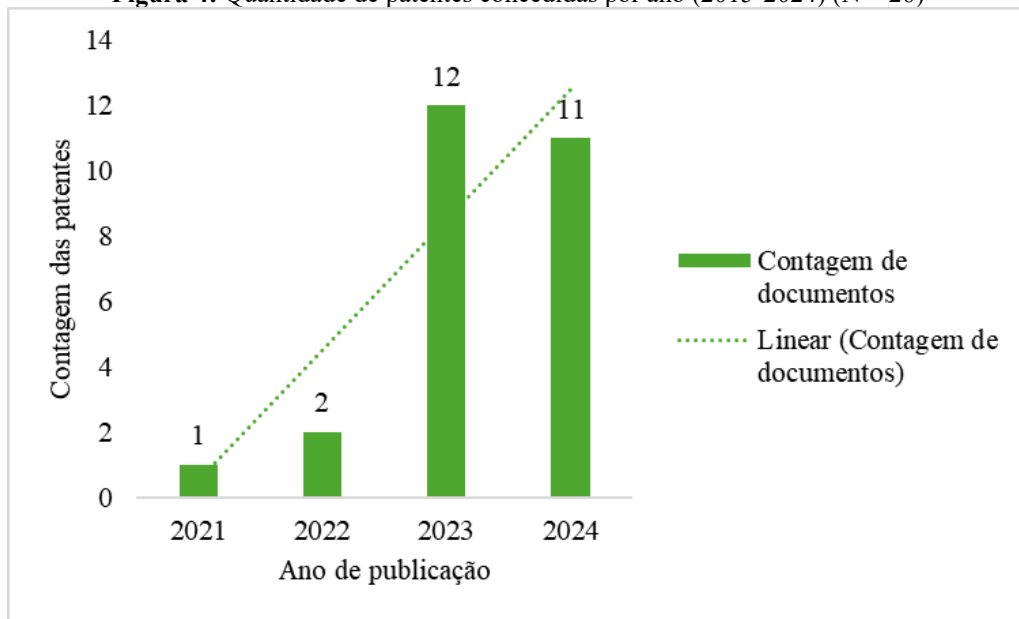
Fonte: Autoria própria (2025)

Na figura 3 pode-se ver todo fluxograma da metodologia aplicada, assim melhorando o entendimento do passo-a-passo realizado e facilitando caso queiram replicar a pesquisa.

### 3 Resultados e discussão

As buscas realizadas indicaram que o hidrogênio verde ainda é pouco difundido em questão de patentes, na figura 4, a qual demonstra o quantitativo de patentes concedidas anualmente desde 2015 a 2024, mostra que tivemos um hiato de produção entre os anos 2015 e 2020, e a partir de 2021 começamos a ter uma produção crescente das patentes.

**Figura 4:** Quantidade de patentes concedidas por ano (2015-2024) (N = 26)



Fonte: Dados da pesquisa gerados pela The Lens (2025).

Na tabela 1 temos a quantidade de patentes concedidas por jurisdição, com a Coreia do Sul na primeira posição e os EUA logo atrás, a diversificação geográfica das jurisdições chama atenção sendo que há patentes de origem asiática, americana, africana e europeia.

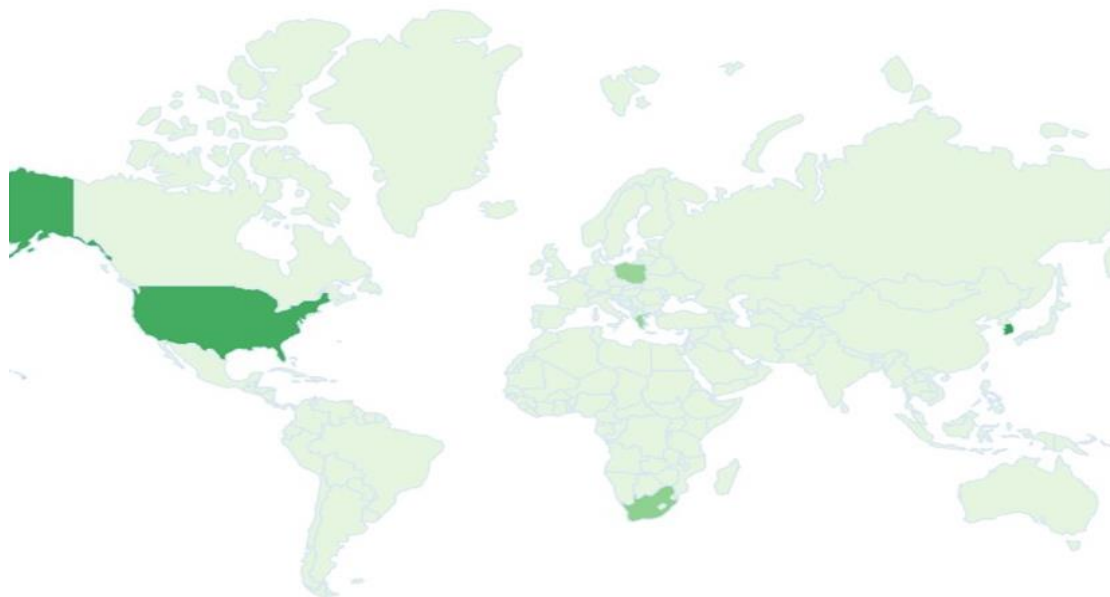
**Tabela 1:** Quantidade de patentes por jurisdição (N = 26)

Jurisdição	Quantidade de patentes
Coreia do Sul	12
Estados Unidos	10
África do Sul	2
Grécia	1
Polônia	1

Fonte: Dados da pesquisa gerados pela The Lens (2025).

Na figura 5, fica clara a polarização da produção dessas patentes, mesmo sendo dívida entre os continentes, poucos países têm acesso a essa tecnologia e pensando na disseminação da tecnologia isso é visto com maus olhos pois os monopólios sobre a maioria das coisas acabam aumentando os custos e atrasando sua evolução.

**Figura 5:** Mapa das patentes por jurisdição



Fonte: Dados da pesquisa gerados pela The Lens (2025).

A figura 6 nos apresenta o mapa de calor das principais classificações internacionais de patente, quanto mais forte a tonalidade de vermelho, mais vezes o IPC é utilizado pelas patentes, a principal classificação encontrada foi a C25B1/04 que se refere a eletrólise da água, processo utilizado na produção do hidrogênio verde, indicando que a maioria das patentes buscam a sua produção. Podemos evidenciar que a maioria das classificações estão ligadas a processos químicos e elétricos, com uma minoria referindo-se a operações de transporte.

**Figura 6:** Mapa de calor das principais IPC das patentes concedidas (N = 26)

<b>2</b> B63B21/50 <b>Executando operações de transporte</b> Dispositivos de ancoragem para embarcações especiais, por exemplo, para plataformas	<b>2</b> B63B35/44 <b>Executando operações de transporte</b> Edifícios flutuantes, lojas, plataformas de perfuração ou oficinas, por exemplo, transportando dispositivos	<b>2</b> C01B3/24 <b>Química metalurgia</b> de hidrocarbonetos	<b>5</b> C01B3/26 <b>Química metalurgia</b> usando catalisadores	<b>2</b> C01B3/36 <b>Química metalurgia</b> usando oxigênio ou misturas contendo oxigênio como agentes gaseificantes
<b>2</b> C01B3/40 <b>Química metalurgia</b> caracterizado pelo catalisador	<b>2</b> C01B3/50 <b>Química metalurgia</b> Separação de hidrogênio ou gases contendo hidrogênio de misturas gasosas, por exemplo, a purificação tem	<b>2</b> CO2F1/44 <b>Química metalurgia</b> por diálise, osmose ou osmose reversa	<b>2</b> C02F1/461 <b>Química metalurgia</b> por eletrólise	<b>16</b> <b>C25B1/04</b> <b>Química metalurgia</b> por eletrólise da água
<b>3</b> C25B15/08 <b>Química metalurgia</b> Fornecimento ou remoção de reagentes ou eletrólitos Regeneração de eletrólitos	<b>3</b> H01M8/04082 <b>Eletricidade</b> Disposições para controle de parâmetros de reagentes, por exemplo, pressão ou concentração	<b>3</b> H01M8/04119 <b>Eletricidade</b> com fornecimento ou evacuação simultânea de eletrólito Umidificação ou desumidificação	<b>5</b> H01M8/0612 <b>Eletricidade</b> de material contendo carbono	<b>6</b> H01M8/0656 <b>Eletricidade</b> por meios eletroquímicos tem precedência

>0

0

Fonte: Dados da pesquisa gerados pela The Lens (2025)

Na figura 7 passamos a discutir as análises estatísticas textual dos resumos das patentes, logo abaixo temos a nuvem de palavras que é formada pelas 60 palavras mais encontradas nos resumos, quanto maior a frequência de aparições das palavras mais destaque ela tem na imagem, obviamente as palavras hidrogênio e verde seriam a mais citadas nos textos, palavras como gerar e produzir chamam atenção pois mostram as patentes tendo um direcionamento ao processo de produção.

**Figura 7:** Nuvem das palavras com maior frequência nos resumos das patentes (N = 60)



**Fonte:** dados da pesquisa gerados pelo Iramuteq (2025)

A figura 8 traz a análise de similitude por agrupamentos das 60 palavras com maior frequência de aparição, esse gráfico demonstras as palavras que mais se relacionam dentro dos resumos formando agrupamentos das mesmas, mantém o destaque em tamanho maior das palavras mais citadas no corpus textual, ao centro se concentram os termos com maior quantidade de conexões e as margens grupos de palavras que agem de forma mais individualizada sugerindo processos mais diferenciados do que se encontram no centro dos agrupamentos, logo podemos verificar que palavras como, produção, processo, sistema, eletricidade, usar, armazenamento, eletrólise, estão dentro do grande grupo dos termos de hidrogênio e verde inclusive as cercam, outras palavras ficam mais distante e inclusive em grupos diferentes, isso mostra as reivindicações variadas que as patentes protegem.



Cluster amarelo-esverdeado (Superior), palavras-chave: água, elétrico, trocador, metano. Esse grupo trata dos insumos para a produção. A forte conexão entre água e o cluster central, junto com elétrico, aponta diretamente para a eletrólise da água como método principal discutido. Trocador (provavelmente trocador de calor) é um equipamento comum nesse processo. A palavra metano pode aparecer como contraponto, para discutir a produção de hidrogênio a partir do gás natural (hidrogênio cinza/azul).

Cluster azul (Inferior Direito), palavras-chave: armazenar, fornecer, reservatório, solar, meio. Aqui, o foco é em como armazenar o hidrogênio em um reservatório para fornecer energia posteriormente. A palavra solar é importante, pois conecta a produção do hidrogênio verde à fonte de energia renovável necessária para a eletrólise.

Cluster rosa (Esquerda), palavras-chave: carbono, dióxido, cinza, residual. Esse agrupamento contextualiza o hidrogênio verde. Ele menciona dióxido de carbono, o poluente que o hidrogênio verde visa substituir. A palavra cinza refere-se diretamente ao "hidrogênio cinza", produzido a partir de combustíveis fósseis.

#### **4 Considerações finais**

Os resultados demonstram que apesar do hidrogênio verde ser uma tecnologia promissora, sua difusão por meio de patentes é incipiente e concentrada em poucos países. O crescimento recente de patentes a partir de 2021 indica um despertar de interesse na área, mas a polarização geográfica e a dominância de nações como Coreia do Sul e EUA revelam desigualdades no acesso e desenvolvimento da tecnologia.

Análise realizada por Chapman *et al.* (2020) avaliou uma modelagem do sistema energético global com foco na penetração do hidrogênio, suas fontes de produção e usos finais, identificando que sua adoção máxima poderia atingir 2% do consumo global de energia até 2050, principalmente via mistura com gás urbano. A análise demonstra como ainda é pouco difundido o hidrogênio verde e corrobora com o estudo aqui realizado, demonstrando a pouca adesão da tecnologia, mesmo misturando com outras fontes de energia mais habituais.

A predominância de classificações internacionais relacionadas à eletrólise da água (C25B1/04) reforça que a maior parte das inovações está focada no processo de produção, enquanto outras etapas, como transporte e armazenamento, recebem menos atenção.

A análise textual dos resumos das patentes corrobora essa tendência, com termos como “produção”, “processo” e “eletrólise” aparecendo como centrais, enquanto outras áreas ficam marginalizadas.

O gráfico de similitude revelou que o corpus textual analisado trata de forma abrangente e técnica sobre o hidrogênio verde. O foco principal está no processo de produção por eletrólise da água, utilizando energia solar. O texto detalha os sistemas e dispositivos envolvidos, os insumos (água), os produtos (hidrogênio, oxigênio), e os desafios como o armazenamento. Além disso, o tema é contextualizado pela sua oposição aos combustíveis fósseis (dióxido de carbono) e a outros tipos de hidrogênio (cinza).

Aglomerção de palavras a exemplo de gerar, processo, produzir, geração em torno do hidrogênio verde sugere que as patentes buscam proteger principalmente métodos de geração, limitando diversificação tecnológica, já que existem outras questões importante como armazenamento e métodos de utilização.

A concentração em poucas jurisdições e em etapas específicas da cadeia produtiva pode elevar custos e retardar a evolução da tecnologia, destacando a necessidade de políticas que incentivem a colaboração global e o desenvolvimento equilibrado das etapas do hidrogênio verde.

Vislumbrando o futuro Wappler *et al.* (2022) analisaram a meta-análise de 25 roteiros nacionais, o da UE e de 18 estudos sobre demanda futura de hidrogênio, as projeções variam drasticamente devido às diferentes premissas adotadas, como rotas de produção, áreas de aplicação e velocidades de implementação. A demanda estimada para 2030 varia de 77 a 212 milhões de toneladas por ano, e apenas uma fração será atendida por hidrogênio verde. Suprir essa demanda, envolveria até 48.720 GW de capacidade de eletrólise até 2030. No entanto, projetos anunciados revela que projetos de grande porte podem levar até uma década para serem implementados, um prazo que precisa ser drasticamente reduzido. Além disso, um levantamento global identificou 39 fabricantes de eletrolisadores, com capacidade atual de 6 GW, projetada para expandir para mais de 20 GW até 2025. Cenários projetam que uma taxa anual superior a 200% na fabricação seria necessária entre 2025 e 2030 para demanda prevista. Os autores ressaltam que a implementação depende não apenas do aparato produtivo, mas também da expansão de energias renováveis, opções de financiamento e da conversão das indústrias consumidoras.

## Referências

CHAPMAN, A. *et al.* Societal penetration of hydrogen into the future energy system: Impacts of policy, technology and carbon targets. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 7, p. 3883-3898, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.112>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319919346488?via%3Dihub>. Acesso em: 23 fev. 2026.

DÍAZ, M. T. M.; ORÓSTICA, H. C.; GUAJARDO, J. Economic Analysis: Green Hydrogen Production Systems. **Processes**, v. 11, e. 5, p. 1390, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11051390>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/11/5/1390>. Acesso em: 23 fev. 2026.

FAN, H.; LI, F.; XU, A. **Green Hydrogen Economy: Scenarios versus Technologies. Energy & Fuels**, v. 39, e. 15, p. 7586-7591, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5c01181>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.energyfuels.5c01181>. Acesso em: 23 fev. 2026.

MA, N. *et al.* Large scale of green hydrogen storage: Opportunities and challenges. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 50, p. 379-396, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319923045883?via%3Dihub>. Acesso em: 23 fev. 2026.

OLABI, A. G. *et al.* Green hydrogen: Pathways, roadmap, and role in achieving sustainable development goals. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 177, p. 664-687, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582023005010>. Acesso em: 23 fev. 2026.

PEYERL, D.; ZWAAN, B. V. D. Analyzing the green hydrogen value chain against the sustainable development goals. **Discover Sustainability**, v. 5, p. 199, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00374-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00374-4>. Acesso em: 23 fev. 2026.

SQUADRITO, G.; MAGGIO, G.; NICITA, A. The green hydrogen revolution. **Renewable Energy**, v. 216, p. 119041, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119041>. Disponível em: . Acesso em: 23 fev. 2026.

STAUDT, C. *et al.* Process Engineering Analysis of Transport Options for Green Hydrogen and Green Hydrogen Derivatives. **Energy Technology**, v. 13, p. 2301526, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ente.202301526>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ente.202301526>. Acesso em: 23 fev. 2026.

WANG, M.; ZAN, W. Hydrogen energy and regulatory policies: Economic pathways for accelerating China's decarbonization agenda. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 110, p. 208-218, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.02.088>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.02.088>. Acesso em: 23 fev. 2026.

WAPPLER, M. *et al.* Building the green hydrogen market – Current state and outlook on green hydrogen demand and electrolyzer manufacturing. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 47, e. 79, p. 33551-33570, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.253>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319922033900?via%3Dihub>. Acesso em: 23 fev. 2026.

ZHANG, Q; CHEN, W; LING, W. Policy optimization of hydrogen energy industry considering government policy preference in China. **Sustainable Production and**

**Consumption**, v. 33, p. 890-902, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.017>.  
Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352550922002238?via%3Dihub>.  
Acesso em: 23 fev. 2026.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), agência de fomento que financiou esta pesquisa. Ao apoio do Reitor da UFS, Dr. André Maurício Conceição de Souza.

**Data de submissão:** 27/09/2025

**Data de aceite:** 05/02/2026