

POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO DO HIDROGÊNIO GEOLÓGICO NO BRASIL

DAVI KUNDE LEMKE¹; MARCELA PLAMER LARROSSA²; LOURENZO BERNARD MENEZES RODRIGUES³; MAELE COSTA DOS SANTOS⁴; WILLIAN CÉZAR NADALETTI⁵

¹Universidade Federal de Pelotas 1 – daviklemke@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marcelalarrossa947@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – lourenzo.men@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – maeledossantoseq@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaletti@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo ainda respondem por mais de 80% da energia mundial. Em 2023, o carbono liberado na queima destes combustíveis atingiu cerca de 36,8 bilhões de toneladas, sendo um dos principais causadores do aquecimento global (WELLE, 2023). O Acordo de Paris aprovado em 2015 tem como principais objetivos: reduzir as emissões de gases de efeito estufa-GEE, mitigar as mudanças climáticas e manter a temperatura média global abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais (UNITED NATIONS, 2015).

Tendo em vista a necessidade de reduzir as emissões de carbono visando uma sociedade mais sustentável, o hidrogênio vem se tornando uma importante alternativa para geração de energia, com grande potencial energético e baixas emissões de GEE (ELAM, 2003).

Sendo o hidrogênio geológico um importante tema de pesquisa mundial no contexto da transição energética, seu estudo se justifica pelo potencial de fornecer energia de baixo custo e explorável diretamente do subsolo, sem necessidade de processos industriais complexos, além de apresentar baixas emissões de GEE, essa fonte natural pode contribuir para a segurança energética e diversificação da matriz energética (PRINZHOFER; CACAS-STENTZ, 2023).

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar e revisar o hidrogênio geológico como fonte de energia alternativa para o Brasil, considerando a geologia, as ocorrências já conhecidas, bem como os avanços na pesquisa para a sua futura implementação.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em bases de dados acadêmicas e governamentais como: *ScienceDirect*, Google Acadêmico, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Petrobras. A seleção considerou a atualidade, relevância científica e contribuição dos estudos para o entendimento do potencial geológico e energético do hidrogênio natural, bem como suas perspectivas no contexto brasileiro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hidrogênio geológico também conhecido como hidrogênio branco é o hidrogênio molecular formado por processos geológicos que se acumulam no solo (BLAY-ROGER et al., 2024). Segundo Prinzhofer et al. (2019) são três as principais possíveis fontes de geração de hidrogênio geológico: processos de oxidação e redução como a serpentinização, radiólise e origem bacteriana.

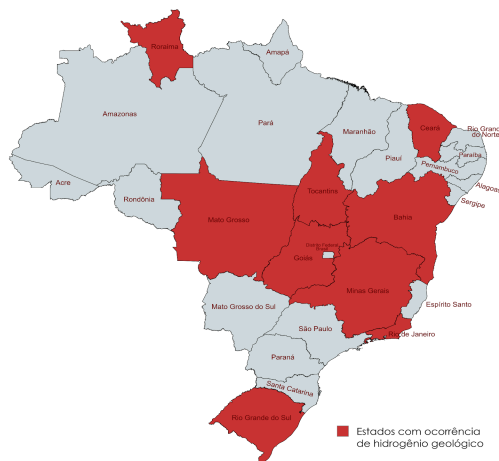
A serpentinização é um dos principais processos de formação do hidrogênio geológico e acontece quando a água interage com rochas ultramáficas, que são rochas com baixo teor em sílica e ricas em minerais de ferro e magnésio, sendo a

olivina e o piroxênio os principais constituintes. O processo de serpentinização envolve os processos de hidratação e oxidação e produzem novos minerais, como a serpentina, onde neste processo a maior parte do ferro é oxidada pela água para formar magnetita, produzindo H_2 como subproduto (Mc COLLOM et al., 2020). Outra possível fonte de geração de H_2 é a radiólise da água que quebraria as moléculas de água separando os elementos oxigênio e hidrogênio. Neste caso, a radiação ionizante provoca excitação e ionização de moléculas de água, que podem se decompor para H_2 e H_2O_2 , que rapidamente se decompõem em O_2 e água (LIN et al., 2005). A atividade bacteriana também é associada a geração natural de H_2 , podendo ser gerado por fermentação, decomposição anaeróbia de matéria orgânica ou por bactérias fixadoras de H_2 (MORITA, 1999).

O armazenamento do hidrogênio segue sendo um grande desafio devido ao volume, por ser de baixa densidade é necessário armazená-lo sob alta pressão para ocupar menos volume ou em temperaturas muito baixas em estado líquido e por ser explosivo, o hidrogênio gera preocupações de segurança. Por este motivo, instalar unidades de produção perto do local de consumo, seria uma alternativa à falta de infraestrutura de transporte (SANTOS et al., 2023).

No Brasil há ocorrências de hidrogênio geológico em diferentes estados do país como Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Roraima, Bahia, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Ceará, porém nenhuma delas aproveitada comercialmente até o momento (DORNELAS et al., 2025), (EPE, 2021), conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1. Mapa do Brasil com os estados com ocorrências de hidrogênio geológico



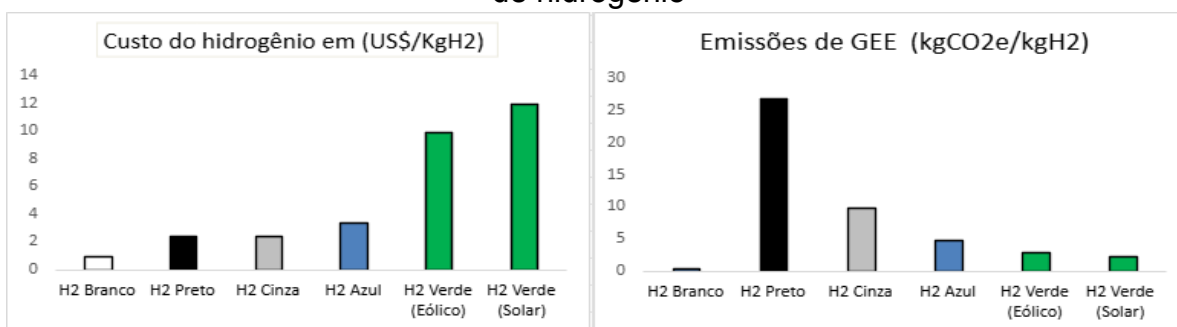
Fonte: Adaptado de EPE (2021) e Dornelas et al. (2025).

A Petrobras realiza desde 2023, a prospecção de reservas de hidrogênio branco para diversificação de investimentos em energia limpa. Em 2024 a empresa anunciou investimentos de R\$20 milhões em pesquisas sobre geração e viabilidade de extração do hidrogênio branco (PETROBRAS, 2024). Outra empresa que realizou estudos para verificar o potencial do hidrogênio foi a Engie, na Bacia do São Francisco, em Minas Gerais, os estudos envolveram medições de emissões e análises estruturais e geoquímicas (PRINZHOFER et al., 2019).

Com a Lei n. 14.948/2024 que introduziu o marco legal do hidrogênio de baixo carbono, a ANP ficou responsável pelas atividades de exploração e produção do hidrogênio branco (BRASIL, 2024).

Os diferentes tipos de hidrogênio apresentam variações significativas de custo e impacto ambiental. O hidrogênio verde é o mais caro atualmente produzido em larga escala e libera menos GEE, já que praticamente não libera CO₂ no processo produtivo. Por outro lado, o hidrogênio produzido a partir de combustíveis fósseis tem o custo bastante inferior, mas libera grandes quantidades de GEE na atmosfera. Entre estas opções, embora ainda pouco explorado, o hidrogênio geológico surge como uma ótima alternativa com baixos custos e praticamente não gera emissões adicionais de GEE (EPE, 2021). Na Figura 2 vemos os gráficos de custo de produção e emissões de GEE dos diferentes tipos de hidrogênio.

Figura 2. Gráficos de custo de produção e emissões de GEE dos diferentes tipos de hidrogênio



Fonte: Adaptado de (EPE, 2021)

Para contextualizar o estado atual dos estudos na área, apresenta-se a seguir uma síntese de estudos relevantes publicados nos últimos anos sobre revisões, armazenamento e ocorrência de hidrogênio geológico no Brasil. A Tabela 1 reúne algumas das principais pesquisas científicas da área.

Tabela 1. Pesquisas recentes sobre o hidrogênio branco

Autores	Título	Ano
Alberto Boretti	Geological hydrogen storage: Current status, research frontiers, and the path to large-scale deployment	2025
Mathur et al.	Techno-economic analysis of natural and stimulated geological hydrogen	2025
Everts, Bonnie, Loosveld	Natural hydrogen development-potential and challenges	2025
Prinzhofer et al.	Maricá (Brazil), the new natural hydrogen play which changes the paradigm of hydrogen exploration	2024

4. CONCLUSÕES

Estudos indicam que o hidrogênio geológico pode contribuir significativamente para a mudança da matriz energética global e na diminuição dos gases de efeito estufa lançados na atmosfera. Porém no Brasil mais estudos são necessários para confirmar a viabilidade das reservas e desenvolver um plano nacional de regulamentação e utilização do hidrogênio geológico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WELLE, D. **Emissões globais de CO₂ devem bater novo recorde em 2023.** Disponível em:

<<https://www.dw.com/pt-br/emiss%C3%B5es-globais-de-co2-devem-bater-novo-recorde-em-2023/a-67638512>>. Acesso em 15 de julho de 2025.

UNITED NATIONS. Paris Agreement. In: Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. New York: United Nations, 2015. (FCCC/CP/2015/10/Add.1).

ELAM, C. C. Realizing the hydrogen future: the International Energy Agency's efforts to advance hydrogen energy technologies. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 28, p. 601–607, jun. 2003.

PRINZHOFER, Alain; CACAS-STENTZ, Marie-Christine. Natural hydrogen and blend gas: a dynamic model of accumulation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 48, n. 57, p. 21610–21623, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.060>

BLAY-ROGER, Rubén; BACH, Wolfgang; BOBADILLA, Luis F.; REINA, Tomas Ramírez; ODRIOZOLA, José A.; AMILS, Ricardo; BLAY, Vincent. Natural hydrogen in the energy transition: Fundamentals, promise, and enigmas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 189, art. 113888, 2024. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113888.

PRINZHOFER, A. et al. Natural hydrogen continuous emission from sedimentary basins: The example of a Brazilian H₂-emitting structure. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 44, n. 12, mar. 2019.

MCCOLLOM, T. M. et al. Hydrogen generation and iron partitioning during experimental serpentinization of an olivine–pyroxene mixture. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 282, p. 55–75, ago. 2020.

LIN, L.-H. et al. The yield and isotopic composition of radiolytic H₂, a potential energy source for the deep subsurface biosphere. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 69, n. 4, p. 893–903, fev. 2005.

Morita, R. É H₂ a fonte de energia universal para a sobrevivência a longo prazo?. **Microb Ecol** 38, 307–320 (1999). <https://doi.org/10.1007/s002489901002>

SANTOS, M. J.; SALGADO, M. M.; GARCIA, A. L.; MOREIRA, J. R. Hidrogênio natural: potencial energético e oportunidades para o Brasil. **International Journal of Hydrogen Energy**, [S.l.], v. 48, n. 33, p. 12483–12494, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.03.060>.

VITÓRIA FELICIO DORNELAS et al. Occurrences and Perspectives of Natural Hydrogen Extraction: **The Brazilian Context**. **Energies**, v. 18, n. 11, p. 2859–2859, 30 maio 2025.

AGÊNCIA PETROBRAS. **Petrobras investirá R\$20 milhões em pesquisas sobre hidrogênio natural**. Disponível em: <https://agencia.petrobras.com.br/w/sustentabilidade/petrobras-investira-r-20-milhoes-em-pesquisas-sobre-hidrogenio-natural?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024**. Institui o Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono e a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, ano 163, n. 148, p. 1, 5 ago. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. EPE-DEA-NT-003/2021 rev01. Brasília, 14 jun. 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidrogeno%CC%82nio_rev01%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidrogeno%CC%82nio_rev01%20(1).pdf). Acesso em: 6 ago. 2025.