

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE VIA ELETRÓLISE PEM

Luis Victor Rocha dos Santos¹; Chrislaine do Bomfim Marinho²; Fernando Luiz Pellegrini Pessoa³

¹ Senai CIMATEC (Bolsista); Iniciação científica – CNPQ; luisvictor825@gmail.com

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; chrislaine.marinho@fiob.org.br

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; fernando.pessoa@fiob.org.br

RESUMO

Em um contexto global cada vez mais sensível às mudanças climáticas e à urgência de reduzir as emissões de gases poluentes, o hidrogênio verde é uma das principais alternativas a serem estudadas. Neste contexto, o estudo de um eletrolisador PEM para a produção de hidrogênio verde é essencial para o avanço da tecnologia sustentável. Na eletrolise da água utilizando membrana de troca de prótons (PEM), ocorre a divisão eletroquímica da água nos eletrodos correspondentes, com o hidrogênio sendo gerado no cátodo e o oxigênio no ânodo. Sendo os componentes estudados os conjuntos de eletrodos de membrana (MEAs), coletores de corrente e placas separadoras. Por fim, foi demonstrado que o principal obstáculo para o avanço no desenvolvimento da eletrolise PEM é o elevado custo associado aos seus componentes catalíticos. Este resumo tem como objetivo destacar o estudo de um eletrolisador PEM para produção de hidrogênio verde.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogênio; Eletrolise; Sustentabilidade, Eletrolisador PEM

1. INTRODUÇÃO

Num cenário global cada vez mais atento às mudanças climáticas e à necessidade urgente de diminuir as emissões de gases poluentes, o hidrogênio verde (H₂V) surge como uma alternativa energética promissora, produzida de forma com menos carbono^{1,2}. Além de impulsionar a transição para fontes de energia limpa, o H₂V apresenta significativas vantagens econômicas. Sua potencial produção em larga escala pode criar oportunidades de emprego, fomentar a inovação e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, trazendo benefícios substanciais tanto para a economia quanto para o meio ambiente².

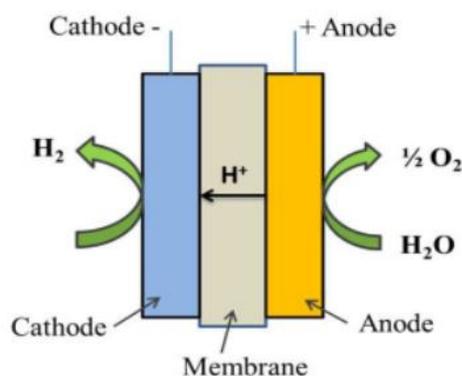
O hidrogênio verde é produzido a partir de fontes de energia renovável, como energia solar e eólica, por meio do processo de eletrolise da água. Esse processo utiliza eletricidade gerada de maneira limpa para separar a água em hidrogênio e oxigênio, sem a emissão de poluentes ou carbono^{3,4}. Entre as tecnologias de eletrolise da água, a PEM (membranas de troca de prótons) se destaca pelo seu alto grau de maturidade, notável eficiência e capacidade de produzir hidrogênio de alta pureza, além de operar em temperaturas mais baixas. Esse processo ocorre nos conjuntos de eletrodos de membrana (MEAs), coletores de corrente (camadas de difusão de gás) e placas separadoras⁵. Dito isso, este resumo expandido tem como objetivo estudar detalhadamente as vantagens e desvantagens associadas à utilização de um eletrolisador PEM, fornecendo um estudo abrangente dos aspectos desse dispositivo específico na produção de hidrogênio verde.

2. METODOLOGIA

Este estudo é caracterizado como uma revisão bibliográfica, com o objetivo de estudar e sintetizar as informações disponíveis um eletrolisador de membrana de troca de prótons (PEM) para a produção de hidrogênio verde. O estudo foi conduzido utilizando bases de dados científicas, periódicos especializados e materiais acadêmicos disponíveis online. O período de coleta de dados abrangerá os anos mais recentes, priorizando publicações dos últimos cinco anos para garantir a atualidade das informações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na eletrolise da água utilizando membrana de troca de prótons (PEM), ocorre a divisão eletroquímica da água nos eletrodos correspondentes, com o hidrogênio sendo gerado no cátodo e o oxigênio no ânodo. Esse processo é realizado bombeando água para o ânodo, onde é separada em oxigênio (O₂), prótons (H⁺) e elétrons (e⁻)^{5,6}. Os prótons atravessam uma membrana condutora de prótons em direção ao cátodo, enquanto os elétrons fluem através de um circuito externo, fornecendo a energia necessária para a reação⁶. No cátodo, os prótons e elétrons se combinam para formar hidrogênio, conforme ilustrado no diagrama abaixo na Figura 1.

Figura 1: Eletrolisador PEM.


Fonte: Shiva (2019)

A partir daí os componentes a serem estudados são a membrana, solução ionomérica e eletrocatalisadores de ânodo e cátodo, responsáveis por 24% do custo total da célula⁵. A membrana é a espinha dorsal da célula PEM, e as membranas de ácido perfluorossulfônico, como Nafion, Fumapem, Flemion e Aciplex, são as mais comumente usadas⁶. Estas têm vantagens promissoras como alta resistência, alta eficiência e alta estabilidade oxidativa, estabilidade dimensional com variação de temperatura, boa durabilidade e alta condutividade de prótons^{5,6}. Ainda sobre as membranas, as Nafion (Nafion 115, 117 e 212) são as mais usadas em eletrolisadores de água por PEM porque têm vantagens robustas, como operação em densidades de corrente mais altas (2 A/cm² a 10 A/cm²)⁷, alta durabilidade, alta condutividade de prótons e boa estabilidade mecânica. Os eletrocatalisadores são empregados para promover a cinética de transferência de carga a fim de diminuir a energia de ativação do método de eletrólise da água⁶.

A adição de solução ionomérica com propriedades de transporte iônico nas camadas catalíticas tem dois efeitos diferentes nos eletrodos na eletrólise de água por PEM^{5,8}. O ionômero promove o transporte de prótons das camadas do eletrodo para a membrana, aumentando assim a eficiência da célula ao diminuir as perdas ôhmicas da célula. Além disso, a solução ionomérica atua como um agente de ligação, proporcionando uma estrutura dimensionalmente estável para o catalisador e fornecendo a estabilidade mecânica e durabilidade dos eletrodos⁸. Por outro lado, ao aumentar o teor de ionômero, ocorre uma redução na condutividade elétrica devido à resistência ao elétron do ionômero. Portanto, a otimização do conteúdo de ionômero é necessária para maximizar a eficiência do eletrolisador.⁸

Outro componente importante é o coletor de corrente, são usados para permitir que a corrente elétrica flua entre os eletrodos e as placas bipolares. Em muitos estudos, grades/malhas/fiapos de titânio, grafeno, carbono e grades de aço inoxidável são usados como substitutos, contudo, o desempenho eletroquímico é inferior ao das placas de titânio poroso^{5,10}. Dadas estas informações, os coletores de corrente devem ter resistência à corrosão, boa condutividade elétrica e boa porosidade devido ao ambiente ácido, alta sobrepotencial e presença de oxigênio.¹⁰

Por fim, as placas separadoras da eletrólise de água por PEM são feitas de titânio, aço inoxidável e grafite, mas esses materiais são de alto custo e apresentam diferentes desvantagens operacionais¹¹. Além disso, a redução essencial de custos resistência excepcional, alta condutividade térmica, baixa permeabilidade e baixa resistividade, mas o lado do ânodo (oxigênio) do material de titânio sofre corrosão e forma uma camada inerte de óxido¹¹. Nesse aspecto, revestimentos de metais preciosos e ligas (Cobre) têm sido estudados para sanar essa desvantagem¹². Esses revestimentos diminuem drasticamente a taxa de corrosão, mas envolvem um processo extra, materiais de revestimento preciosos e também aumentam o custo da base de titânio¹².

Dadas as informações supracitadas, fica evidente o custo envolvido na produção destes eletrolisadores como a principal desvantagem do mesmo. Assim, fica evidente a necessidade de novas tecnologias inovadoras, uma abordagem promissora é o desenvolvimento de novos materiais catalíticos mais eficientes e econômicos, visando reduzir os custos de produção. Além disso, estratégias para otimizar a eficiência energética dos eletrolisadores também podem contribuir para diminuir os custos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na literatura foi possível notar que os elementos críticos de um eletrolisador foram estudados acima. No entanto, abordando uma perspectiva imprescindível para fontes de energia mais sustentáveis, a literatura existente destaca a importância de entender melhor os materiais escolhidos, a saber, membranas de trocas de prótons e catalisadores a serem envolvidos de modo a minimizar seu custo. Com isso, foi possível concluir que o principal empecilho para o progresso do desenvolvimento da eletrólise PEM é o alto custo envolvido em seus componentes catalíticos, estes que podem ser estudados para a utilização materiais alternativos para maximização da produção de hidrogênio verde eficaz

Agradecimentos

Agradecemos ao SENAI CIMATEC pela disponibilização de sua estrutura para a realização das pesquisas e a Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa. Sem essa colaboração, muitos estudos não seriam possíveis, e a contribuição da instituição é de grande importância para o avanço da ciência e tecnologia em nosso país.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ GESEL, “**Observatório de Hidrogênio N° 2,**” 2021
- ² IRENA, **Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet 1.5 °C Climate Goal**. 2020. [Online]. Available: www.irena.org/publications
- ³ BRAGA, Gustavo Garcia Arantes. **Aspectos técnicos, econômicos e de sustentabilidade da produção de hidrogênio renovável**. 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/27fe5de1-ef4c-492c-9ec3-6e1e665852d8/content>. Acesso em: 20 out. 2023.
- ⁴ L. M. B. Monteiro, “**Tecnologias de Produção de Hidrogênio Verde - Estudo Energético e Viabilidade Econômica,**” Porto, 2021.
- ⁵ SHIVA KUMAR, S.; HIMABINDU, V. **Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review**. Materials Science for Energy Technologies, [s. l.], vol. 2, no. 3, p. 442–454, 2019.
- ⁶ WANG, Tongzhou; CAO, Xuejie; JIAO, Lifang. **PEM water electrolysis for hydrogen production: fundamentals, advances, and prospects**. Carbon Neutrality, [s. l.], vol. 1, no. 1, 2022.
- ⁷ MARTIN, Agate et al. **Hydrogen Crossover in PEM Water Electrolysis at Current Densities up to 10 A cm⁻²**. Journal of The Electrochemical Society, [s. l.], vol. 169, no. 9, p. 094507, 2022.
- ⁸ LEE, Jason K. et al. **Ionomer-free and recyclable porous-transport electrode for high-performing proton-exchange-membrane water electrolysis**. Nature Communications, [s. l.], vol. 14, no. 1, 2023.
- ⁹ KUAN, Yean-Der et al. **Development of a Current Collector with a Graphene Thin Film for a Proton Exchange Membrane Fuel Cell Module**. Molecules, [s. l.], vol. 25, no. 4, p. 955, 2020.
- ¹⁰ HALA, Miroslav et al. **Characterization of Commercial Polymer–Carbon Composite Bipolar Plates Used in PEM Fuel Cells**. Membranes, [s. l.], vol. 12, no. 11, p. 1050, 2022
- ¹¹ KELLENBERGER, Andrea et al. **Towards Replacing Titanium with Copper in the Bipolar Plates for Proton Exchange Membrane Water Electrolysis**. Materials, [s. l.], vol. 15, no. 5, p. 1628, 2022.

