

APLICAÇÕES E PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO A PARTIR DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Davi Reis Vasconcelos¹ (IC), Antonio Carlos Zambroni de Sousa (PQ)¹

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas (FAPEMIG).

Palavras-chave: Célula de combustível. Eletrólise. Geração de energia

Introdução

A crise climática é o maior desafio do século. Embora as formas de energia sustentável, como, por exemplo, a eólica e fotovoltaica, sejam essenciais, elas por si só não serão suficientes para cumprir a meta do Acordo de Paris das Nações Unidas de evitar um aumento de 2 °C na temperatura global [1].

Visando a descarbonização do planeta até 2050, a Agência Internacional da Energia (AIE) elaborou um roteiro que aborda todos os setores da economia, como o de construções, indústria, transporte, eletricidade, entre outros [2].

Desse modo, esta pesquisa se baseia no estudo da produção do hidrogênio verde, uma tecnologia a qual contribuirá para este plano se tornar uma realidade, e formas de aplicar o hidrogênio produzido no próprio sistema de energia elétrica através de uma célula de combustível, assim, aumentando a produção e eficiência.

Metodologia

Tendo em vista que hidrogênio é um recurso que tem se mostrado como uma das principais soluções para a adoção de uma matriz energética de baixo carbono. Por isso, é abordada a produção de hidrogênio, a qual pode ser realizada em diferentes formas, em que o produto é classificado com uma cor dependendo da sua geração [3]. Existem diversas formas para a produção do hidrogênio, porém as principais são o hidrogênio cinza, o qual é o produzido a partir do gás natural ou gás metano emitindo 10 kg de gás carbônico para a atmosfera, o hidrogênio azul, que utiliza o mesmo método, porém o gás carbônico é capturado e armazenado, assim, sendo emitido de 1 a 3 kg para a atmosfera, o hidrogênio musgo é produzido a partir de biomassa ou biocombustíveis e o hidrogênio verde produzido a partir da eletrólise, utilizando a corrente elétrica proveniente de alguma fonte de energia renovável [4].

A eletrólise é um processo químico que envolve a decomposição da água em seus componentes básicos, hidrogênio e oxigênio, através da passagem de corrente elétrica. Tal processo é capaz de produzir o hidrogênio utilizando apenas fontes renováveis de energia, no caso a fotovoltaica, sendo a única, atualmente, que realiza esse

processo de produção do hidrogênio de forma livre da produção de carbono [5].

Para que ela ocorra, é preciso de um eletrólito que forme ânions e cátions mais reativos e permita que o hidrônio e a hidroxila se descarreguem [6]. Porém, essa autoionização não produz uma quantidade de íons suficiente para conduzir corrente elétrica e permitir que eles se descarreguem continuamente [6], desse modo, sendo necessário a passagem de corrente elétrica.

O processo de eletrólise é realizado em uma célula eletrolítica, que contém dois eletrodos (um ânodo, polo negativo, e um cátodo, polo positivo), os quais são superfícies sólidas condutoras as quais possibilitam a troca de elétrons, imersos em uma solução aquosa de eletrólito, assim para o cátion são usados elementos menos reativos e para o anion elementos mais eletronegativos.

Durante o processo, a corrente elétrica é aplicada aos eletrodos, ocorrendo reações eletroquímicas, ou seja, transferência de elétrons entre os eletrodos e a solução [7]. No anodo ocorre a oxidação da água resultando na formação de oxigênio gasoso e íons hidrogênio, já no catodo ocorre a redução dos íons hidrogênio formando moléculas de hidrogênio gasoso e íons hidroxila [8], desse modo são obtidos os íons de hidrogênio utilizados para o processo pesquisado.

A partir deste hidrogênio produzido ele pode ser destinado para diversos setores como, por exemplo, como combustível para veículos de grande porte, em indústrias que possuem processos que necessitam gerar muito calor, produção de amônia, utilizada na produção de fertilizantes, entre outros [9].

Com isso, o estudo se firmou na produção de energia elétrica a partir de uma célula de combustível alimentada por hidrogênio. A célula de combustível realiza um processo análogo à eletrólise, ou seja, nela há dois eletrodos, um positivo e um negativo, o qual o positivo recebe ar, enquanto o negativo é alimentado pelo hidrogênio. No eletrodo negativo, uma substância separa as moléculas de hidrogênio em prótons e elétrons, tal substância é chamada de membrana de troca de prótons (PEM – Proton Exchange Membrane) [10]. Assim, elétrons são conduzidos para fora do eletrodo negativo, assim gerando eletricidade, em relação aos prótons eles vão em direção ao eletrodo com ar, onde lá se misturam com o oxigênio e, no caminho contrário ao da eletrólise, geram água e calor. [11].

Para utilizar o hidrogênio não 100% limpo, como atualmente não é possível somente produzi-lo de forma verde, nas células de combustível é necessário um reformador, aparelho que quebra as moléculas do gás natural (possui moléculas com um átomo de carbono e quatro de hidrogênio, CH₄), separando o hidrogênio e liberando o carbono que se liga com o oxigênio atmosférico e se transforma em dióxido de carbono (CO₂) [10].

Resultados e discussão

A classificação dos tipos de hidrogênio fica clara na Figura 1, e o processo de produção de hidrogênio verde nas Figura 2 e Figura 3, detalhando um pouco mais sobre a eletrólise, e assim a partir do hidrogênio que ficará armazenado em tanques ele será destinado para a produção através da célula combustível, na Figura 4.

COR	PROCESSO DE PRODUÇÃO
Preto	Gaseificação do carvão mineral (antracito) sem CCUS
Cinza	Reforma a vapor do gás natural sem CCUS
Branco	Extração do hidrogênio natural ou geológico
Rosa	Energia nuclear como fonte
Amarelo	Energia da rede elétrica, composta por diversas fontes
Marrom	Gaseificação do carvão mineral (Lignito/Linhito/Hulha) sem CCUS Reforma a vapor do gás natural sem CCUS
Musgo	Reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS
Verde	Eletrólise da água com energias de fontes renováveis (eólica/solar)
Turquesa	Pirólise do metano sem geração de CO ₂
Azul	Reforma a vapor do gás natural com CCUS

Figura 1 – Tipos de hidrogênio

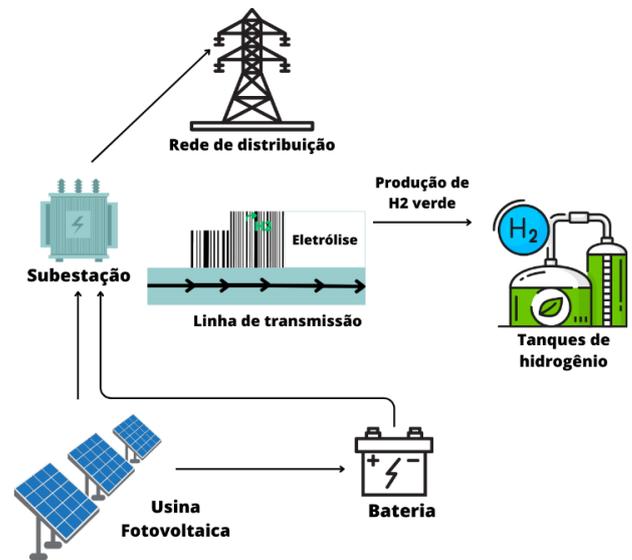


Figura 2 – Processo de produção de hidrogênio verde

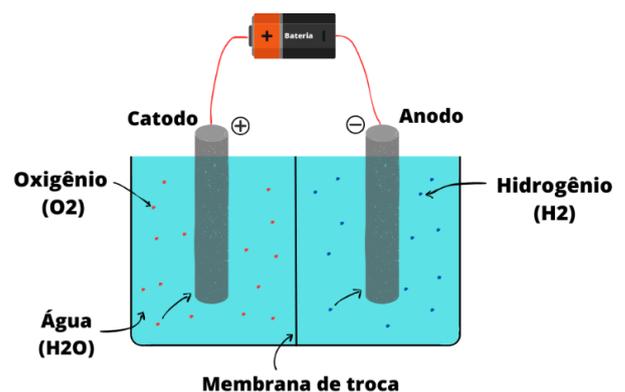


Figura 3 – Processo de eletrólise

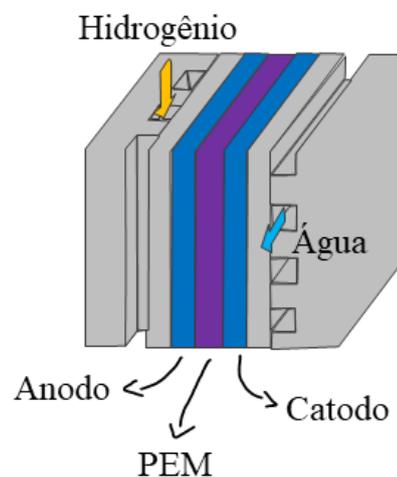


Figura 4 – Célula de combustível

Com todos os benefícios fornecidos pelo hidrogênio, principalmente quando se pensa em uma fonte renovável e limpa de energia, existem alguns desafios a serem superados. Alguns destes desafios são a forma de transmissão do hidrogênio, o armazenamento e o alto custo envolvendo estes processos.

Primeiramente, em relação à transmissão deste recurso vem se estudando meios além da instalação de dutos próprios para este recurso. O estudo em [12] realiza simulações para um sistema energético integrado ao sistema de gás com base em uma cidade, que consta como unidade para a modelagem a área residencial, comercial, industrial e escritórios. Assim, são realizadas as simulações a partir do excedente de energia produzido pela usina fotovoltaica é utilizado para injeções de hidrogênio no sistema de gás ao longo dos dias, mostrando no final que a pressão do gás natural não surgiram efeitos críticos, em relação ao ponto fluidodinâmico também sofreu impactos menores, entretanto para o ponto de qualidade do gás este pode ser crítico, sendo influenciado principalmente pela sazonalidade da produção de hidrogênio em fotovoltaicas. Porém, tal problema pode ser contornado pelas injeções de forma regular no Sistema de gás, contudo será necessário um local para o armazenamento do hidrogênio.

Agora abordando o armazenamento do hidrogênio, o mesmo deve ser feito em tanques, devido à sua alta volatilidade e inflamabilidade [13].

Conclusões

Tendo em vista a crise climática e a meta de descarbonização do planeta, o hidrogênio é uma alternativa para solucionar tais problemas. Entretanto, a produção de hidrogênio verde ainda precisa de pesquisa e desenvolvimento. Assim, atualmente ela pode ocorrer de forma não 100% limpa, conforme mostrado nas formas diferentes de se obtê-lo. Com o decorrer do tempo novas formas de produzir o hidrogênio são descobertas, como, por exemplo, a eletrólise da água do mar negro, rica em sulfato de hidrogênio na forma eletrolítica [14]. Entretanto, ainda existem problemas na utilização do hidrogênio como matriz energética como os altos custos, armazenamento e transmissão. Porém, tal tecnologia pode ser aplicada em quase todos os setores da economia. Um exemplo é [15], que pesquisa o uso da célula combustível para a criação de um navio de pesquisa de uso geral, com emissões mínimas e mínimo potencial de contaminação, características as quais contribuem para as pesquisas oceanográficas, permitindo-os coletar amostras sem interferência das emissões e outros benefícios.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio institucional e financeiro da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas (FAPEMIG).

Referências

- [1] Disponível em: [Green hydrogen \(siemensgamesa.com\)](https://www.siemensgamesa.com). Acesso em 19 de agosto de 2023.
- [2] Disponível em: [Net Zero by 2050 – Analysis - IEA](https://www.iea.org/energy-system/net-zero-by-2050). Acesso em 19 de agosto de 2023.
- [3] Disponível em: [As formas de produção de hidrogênio - Mitsubi](https://www.mitsubishielectric.com/pt-br/energy-environment/hydrogen/production). Acesso em 12 de agosto de 2023.
- [4] Disponível em: [Diferentes tipos de hidrogênio: quais são? | Revista Campo & Negócios \(revistacampo.com.br\)](https://www.revistacampo.com.br/revista-campo-e-negocios). Acesso em 12 de agosto de 2023.
- [5] Disponível em: [SciELO - Brasil - Hydrogen production by alkaline water electrolysis Hydrogen production by alkaline water electrolysis](https://www.scielo.br/pt-br/article/production-by-alkaline-water-electrolysis). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [6] Disponível em: [Eletrólise da água. Processo de eletrólise da água \(preparaem.com\)](https://www.preparaem.com/eletrólise-da-água). Acesso em 12 de agosto de 2023.
- [7] Disponível em: [Oxidação e redução: o que são, exemplos e exercícios - Toda Matéria \(todamateria.com.br\)](https://www.todamateria.com.br/oxidação-e-redução-o-que-são-exemplos-e-exercícios). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [8] Disponível em: [Hydrogen Production: Electrolysis | Department of Energy](https://www.energy.gov/hydrogenproduction). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [9] Disponível em: [Hidrogênio verde: o que é, aplicações e cenário brasileiro \(cnnbrasil.com.br\)](https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/hidrogenio-verde-o-que-e-aplicacoes-e-cenario-brasileiro). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [10] Disponível em: [Eletricidade do hidrogênio : Revista Pesquisa Fapesp](https://www.fapesp.br/eletricidade-do-hidrogenio). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [11] Disponível em: [Saiba como o hidrogênio se transforma em combustível \(engie.com.br\)](https://www.engie.com.br/saiba-como-o-hidrogenio-se-transforma-em-combustivel). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [12] Cavana M, Mazza A, Chicco G, Leone P. Electrical and gas networks coupling through hydrogen blending under increasing distributed photovoltaic generation 2019:13-03.
- [13] Disponível em: [Desafios do Hidrogênio Verde | Portal Hidrogênio Verde \(h2verdebrasil.com.br\)](https://www.h2verdebrasil.com.br). Acesso em 07 de agosto de 2023.
- [14] Petrov K. The black sea and hydrogen energy 1991:07-10.
- [15] R.T. Madsen, L.E. Klebanoff, S.A.M. Caughlan, J.W. Pratt, T.S. Leach, T.B. Appelgate Jr., S.Z. Kelety, H.-C. Wintervoll, G.P. Haugom, A.T.Y. Teo, S. Ghosh. Feasibility of the Zero-V: A zero-emissions hydrogen fuel-cell coastal research vessel 2020:26-02.