

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

PROTÓTIPO DE CARRINHO MOVIDO A HIDROGÊNIO VERDE

HILQUIAS M. PEREIRA¹, CARLOS F. B. SILVA²

¹ Discente do Curso Técnico em Química, Voluntário do Programa Institucional de Iniciação Científica, IFSP, Campus Capivari, hilquias.m@aluno.ifsp.edu.br, ² Professor EBTT, IFSP, Câmpus Capivari, cfbsilva@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 7.08.04.00-1 Ensino-Aprendizagem

RESUMO: Este trabalho discute a importância da energia limpa gerada pelo hidrogênio verde, destacando seu papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa e na mitigação dos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis. O estudo foca na viabilidade técnica e econômica de um protótipo educacional que utiliza hidrogênio verde para geração de energia. Foi possível reduzir os custos para a construção de uma célula de combustível em um kit de geração de energia, adequando materiais de baixo custo e adicionando elementos da cultura maker, mantendo a eficiência do sistema. Os principais resultados indicam que o protótipo construído gerou uma tensão de 1 volt, suficiente para demonstrar o funcionamento básico da célula de combustível e seu potencial como fonte de energia limpa. Além dos aspectos técnicos, o protótipo destaca-se como uma ferramenta poderosa para a divulgação científica nas escolas, promovendo a conscientização sobre novas tecnologias de combustíveis limpos entre os estudantes. A implementação desse tipo de projeto em ambientes educacionais contribui para o engajamento dos alunos em temas relacionados à sustentabilidade e inovação tecnológica, preparando as futuras gerações para os desafios energéticos globais. Conclui-se que o protótipo não apenas facilita o ensino de conceitos fundamentais de eletroquímica, mas também desempenha um papel essencial na promoção de uma cultura de energia limpa e sustentável desde cedo.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogênio verde, Energia limpa, Célula de combustível, Arduino, Divulgação científica.

Prototype of a Green Hydrogen-Powered Car

ABSTRACT: This work discusses the importance of clean energy generated from green hydrogen, highlighting its crucial role in reducing greenhouse gas emissions and mitigating the environmental impacts caused by fossil fuels. The study focuses on the technical and economic viability of an educational prototype that uses green hydrogen for energy generation. It was possible to reduce the costs of building a fuel cell in an energy generation kit, adapting low-cost materials and adding elements of maker culture, while maintaining the system's efficiency. The main results indicate that the constructed prototype generated a voltage of 1 volt, enough to demonstrate the basic functioning of the fuel cell and its potential as a clean energy source. Besides the technical aspects, the prototype stands out as a powerful tool for scientific dissemination in schools, promoting awareness about new clean fuel technologies among students. The implementation of this type of project in educational environments contributes to the engagement of students in topics related to sustainability and technological innovation, preparing future generations for global energy challenges. It is concluded

that the prototype not only facilitates the teaching of fundamental concepts of electrochemistry but also plays an essential role in promoting a culture of clean and sustainable energy from an early age.

KEYWORDS: Green hydrogen, Clean energy, Fuel cell, Arduino, Scientific outreach..

INTRODUÇÃO

A dependência global de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, causa sérios problemas ambientais e sociais. A queima desses combustíveis contribui significativamente para a emissão de gases de efeito estufa, intensificando as mudanças climáticas e resultando em poluição atmosférica que afeta a saúde pública (Ayres, 2012).

Além disso, a exploração contínua desses recursos está levando ao seu esgotamento, comprometendo a segurança energética a longo prazo. Diante desses desafios, o hidrogênio verde surge como uma solução promissora. Produzido pela eletrólise da água usando eletricidade de fontes renováveis, como solar, eólica e hidroelétrica, ele é um combustível limpo, liberando apenas água durante a combustão (Fernandes, 2023). No entanto, apesar do investimento crescente e das cooperações do Brasil com outros países na área de hidrogênio verde, ainda há uma lacuna significativa na literatura sobre o ensino dessa tecnologia e sua divulgação científica em escolas. Poucos artigos nacionais abordam como essa tecnologia pode ser integrada ao currículo de ciências, o que limita o potencial de conscientização e engajamento dos estudantes.

As células de combustível, que convertem a energia química do hidrogênio e do oxigênio em eletricidade, oferecem uma tecnologia avançada para a geração de energia limpa (Ticianelli, 1989). Contudo, os protótipos comerciais de carrinhos movidos a hidrogênio são caros, o que dificulta sua adoção em ambientes educacionais. A integração de tecnologias como o hidrogênio verde é vital para reduzir emissões e diminuir a dependência de combustíveis fósseis, promovendo um desenvolvimento mais sustentável e consciente (Fernandes, 2023). Projetos educativos e de divulgação científica desempenham um papel crucial nesse contexto, sendo fundamentais para a conscientização e o engajamento do público em temas relacionados à ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) (Veiga, 2021).

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo educacional acessível de carrinho movido a hidrogênio verde, que demonstra sua viabilidade técnica e econômica. A construção e o teste do protótipo permitirão avaliar sua eficácia como ferramenta educativa, promovendo o aprendizado prático sobre energia limpa e sustentabilidade, além de estimular o interesse e a curiosidade pelo conhecimento científico e tecnológico entre estudantes e o público em geral.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do protótipo de carrinho movido a hidrogênio verde, utilizou-se materiais comumente recomendados em artigos internacionais para a construção de protótipos (Arzac, 2023; Bailey, 2015; Huang, 2022; Li, 2023). A célula de combustível de hidrogênio escolhida foi do tipo membrana de troca de prótons (PEM), devido à sua eficiência e capacidade de operar em baixas temperaturas. O hidrogênio necessário foi gerado por eletrólise da água, inicialmente utilizando uma fonte de tensão regulável e, posteriormente, uma fotocélula.

A estrutura do carrinho foi construída com materiais leves e resistentes, com o objetivo de reduzir o peso total e otimizar o desempenho. No sistema elétrico, incorporou-se um motor elétrico de baixa tensão e um multímetro, equipado com voltímetro e amperímetro, para monitorar o desempenho do sistema.

O processo começou com o projeto e planejamento, onde testou-se a viabilidade técnica, incluindo a velocidade de produção de hidrogênio, a tensão e a corrente geradas pelo sistema, além das tensões e correntes mínimas necessárias para o funcionamento do motor de baixa tensão. A célula de combustível foi então integrada ao sistema elétrico do carrinho, e testes preliminares foram realizados para assegurar a correta conversão de hidrogênio em eletricidade e a movimentação do motor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo idealizado foi projetado utilizando a plataforma Tinkercad (Figura 1), que permitiu a modelagem e otimização da disposição dos componentes.

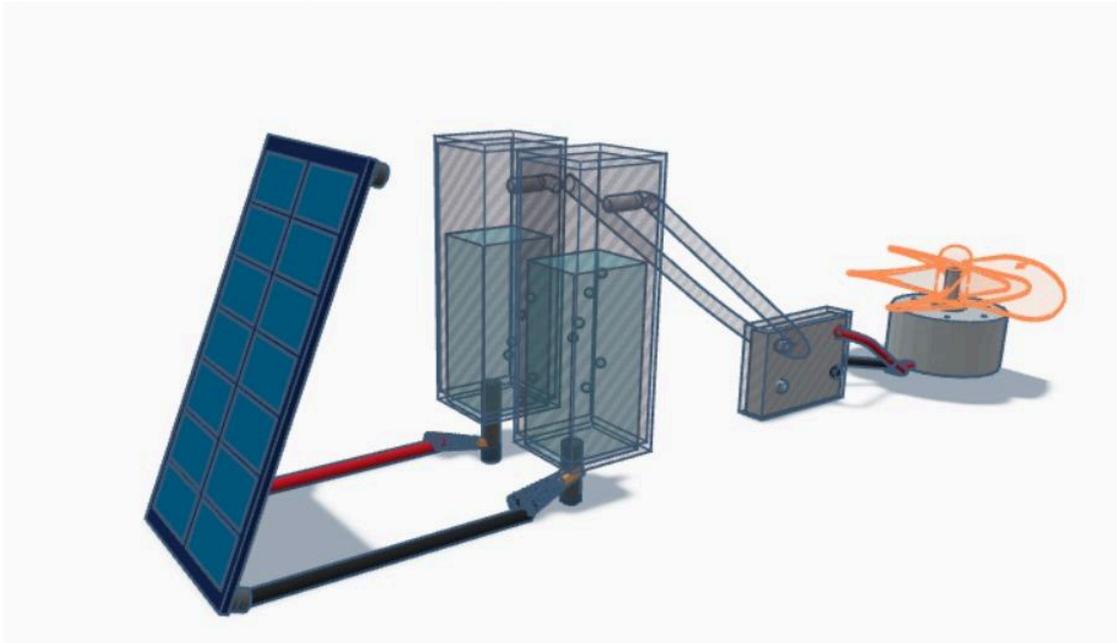


FIGURA 1. Mapas de teor de água das camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m de profundidade.

Após a montagem dos componentes principais para o protótipo (Figura 2), os testes realizados com o protótipo de carrinho movido a hidrogênio verde apresentaram resultados encorajadores. A célula de combustível de membrana de troca de prótons (PEM) gerou uma tensão estável de 1 volt, suficiente para alimentar o motor elétrico de baixa tensão. A geração de hidrogênio ocorreu a uma velocidade de $0,84 \text{ cm}^3$ por minuto, o que foi adequado para manter o funcionamento contínuo do sistema. Essa produção de hidrogênio foi realizada por meio de um processo chamado eletrólise da água, no qual uma corrente elétrica, proveniente da fotocélula, é passada através da água, separando-a em seus componentes: hidrogênio e oxigênio. O hidrogênio produzido é então direcionado para a célula de combustível.

A célula de combustível de membrana de troca de prótons (PEM) desempenhou um papel fundamental na conversão da energia química do hidrogênio em energia elétrica. A célula PEM utiliza o hidrogênio gerado e o oxigênio do ar para produzir eletricidade, liberando apenas água como subproduto. Esse processo eletroquímico ocorre dentro da célula, onde o hidrogênio é dividido em prótons e elétrons na presença de um catalisador. Os prótons atravessam a membrana eletrolítica, enquanto os elétrons fluem através de um circuito externo, gerando a corrente elétrica que alimenta o motor do carrinho.

A tensão mínima necessária para a movimentação do motor, de 0,3 volts, foi alcançada, e a corrente gerada atingiu 0,040 amperes. Esses valores, embora modestos, demonstram a capacidade do protótipo de converter efetivamente a energia química do hidrogênio em energia mecânica para a locomoção do carrinho.



FIGURA 2. Montagem dos principais componentes da demonstração da energia gerada pela célula combustível.

Comparando os resultados obtidos com o protótipo (1V e 0,040A) com os dados do artigo de Li (2023), que reporta uma tensão de circuito aberto de 0,7 V, podemos observar que o protótipo apresentou uma tensão superior. Essa diferença pode ser atribuída a diversos fatores, como a eficiência da célula de combustível utilizada, as condições de operação (temperatura, pressão, etc.) e o design geral do sistema.

É importante destacar que o artigo utiliza um sistema fotocatalítico para a produção de hidrogênio, enquanto o protótipo, embora idealizado com a plataforma Tinkercad, baseia-se na eletrólise da água. Essas diferenças metodológicas podem influenciar diretamente na quantidade de hidrogênio produzido e, conseqüentemente, na corrente gerada.

Apesar das diferenças, ambos os trabalhos demonstram o potencial da tecnologia de células de combustível a hidrogênio para a geração de energia limpa. O desenvolvimento de protótipos educacionais, como o aqui apresentado, é fundamental para a popularização dessa tecnologia e para a conscientização sobre a importância da diversificação da matriz energética.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e testes de um protótipo de carrinho movido a hidrogênio verde, com o objetivo de demonstrar a viabilidade técnica e econômica dessa tecnologia para fins educacionais. A utilização da plataforma Tinkercad possibilitou a modelagem e otimização do protótipo, enquanto o baixo custo para a montagem dos principais componentes do protótipo demonstra seu grande potencial para aplicação em ambientes educacionais, principalmente ao comparar com alternativas comerciais mais caras.

Os resultados obtidos nos testes foram encorajadores. A produção de hidrogênio a uma taxa de 0,84 cm³/min se mostrou suficiente para alimentar a célula de combustível PEM, que por sua vez gerou 1 Volt de tensão, superando a tensão mínima de 0,3 Volts necessária para alimentar o motor. A corrente de 0,040 Amperes gerada demonstra a capacidade do sistema de converter a energia química do hidrogênio em energia elétrica utilizável.

Apesar dos resultados promissores, o protótipo ainda apresenta espaço para otimizações. Aumentar a eficiência da eletrólise, explorar novos materiais para eletrodos e aperfeiçoar o design do sistema são alguns dos desafios a serem enfrentados em trabalhos futuros.

Em suma, o desenvolvimento deste protótipo de baixo custo demonstra o potencial do hidrogênio verde como fonte de energia limpa e acessível. A aplicação em um carrinho didático, além de viabilizar o ensino prático sobre o tema, incentiva a conscientização sobre energias renováveis e a

importância da sustentabilidade entre estudantes e educadores. Acreditamos que este projeto possa servir como base para o desenvolvimento de novas iniciativas educacionais e tecnológicas que contribuam para um futuro energético mais sustentável.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Carlos F. B. Silva contribuiu para a concepção, análise de dados, redação do manuscrito, discussão dos resultados. Hilquias contribuiu com a metodologia, condução dos experimentos, coleta de dados, discussão dos resultados.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

REFERÊNCIAS

ARZAC, Gisela M.; CALVO, Mauricio E.; FERNÁNDEZ, Asunción. Understanding the Problem of Hydrogen Storage Using a Demonstration: Coupling a Hydrogen Generator Based on the Hydrolysis of Sodium Borohydride to a Fuel-Cell Kit. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 11, p. 4554-4558, 2023.

AYRES, Robert U.; AYRES, Edward H. **Cruzando a fronteira da energia: dos combustíveis fósseis para um futuro de energia limpa**. Bookman Editora, 2012.

BAILEY, Alla et al. Hydrogen Storage Experiments for an Undergraduate Laboratory Course Clean Energy: Hydrogen/Fuel Cells. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 4, p. 688-692, 2015.

FERNANDES, Gláucia et al. Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil. **FGV ENERGIA Coluna Opinião**, 2023. 13.

Disponível em:

https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/opinioao_artigo_hidrogenio_verde_matriz.pdf

Acesso em: 15 maio 2024.

HUANG, Niu et al. Photosynthesis of Hydrogen and Its Synchronous Application in a Hydrogen Fuel Cell: A Comprehensive Experiment in the Undergraduate Teaching Laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 9, p. 3283-3288, 2022.

LI, Hanbing et al. Experimental Demonstration of Photocatalytic Hydrogen Production in Series with a Hydrogen Fuel Cell. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 3, p. 1404-1409, 2023.

TICIANELLI, Edson A.; GONZALEZ, Ernesto R. Células a combustível: uma alternativa promissora para a geração de eletricidade. **Química Nova**, v. 12, n. 3, p. 268-272, 1989.

VEIGA VINHAS, Lilian; BOCCARA DE PAULA, Maria Angela. Divulgação científica: eventos presenciais em uma Instituição Científica e Tecnológica federal brasileira. **Journal of Science Communication-América Latina**, v. 4, n. 1, p. A04, 2021.