

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## CÉLULAS DE ENERGIA MICROBIANA: UMA TECNOLOGIA PARA A SUSTENTABILIDADE

**Matheus Henrique Alcântara de Lima Cardozo, Isabel Cristina Braga Rodrigues, Demian Patrick Fabiano, Edson Romano Nucci**

Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco, Minas Gerais, Brasil  
matheushcardozo@yahoo.com.br, isabelcbraga@ufsj.edu.br, demian@ufsj.edu.br, edsonucci@gmail.com

**Resumo:** Considerando a ampla e atual utilização de combustíveis não renováveis e poluentes, percebe-se a necessidade de se desenvolver tecnologias e sistemas alternativos para substituí-los. Nesse caso, as células combustíveis microbianas (CEM) – também chamadas de células combustíveis microbianas (CCM) –, que possibilitam gerar energia elétrica e tratar efluentes concomitantemente, se destacam. Por isso, esse trabalho propôs analisar como essa tecnologia se alinha aos conceitos de sustentabilidade. Para tanto, se utilizou de um banco bibliográfico composto por documentos em português, espanhol e inglês publicados entre 2013 e 2023, disponíveis na plataforma Google Acadêmico e buscados por meio de descritores específicos. Por meio da discussão realizada, percebeu-se que as aplicações das CEM se adequem fortemente às propostas múltiplas da sustentabilidade, seja por contribuir com sistemas de geração de energia mais sustentáveis ou auxiliando com o desenvolvimento do avanço de tecnologias de tratamento de efluentes que contribuam com preservação dos ecossistemas e do meio ambiente em geral. Desse modo, concluiu-se que as CEM constituem uma prometedora tecnologia para promoção da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** bioeletroquímica, célula combustível microbiana, tecnologia.

### 1. INTRODUÇÃO

Já há várias décadas, o mundo se apoia no emprego de combustíveis não renováveis e poluentes. A utilização destes combustíveis, além de influenciar negativamente o ambiente, tende a causar desaparecimento de suas fontes – devido à extinção de suas reservas – e levar a variações climáticas – pelo acréscimo de gases na atmosfera oriundos de suas queimas. Por esse motivo, nos anos mais recentes, fomenta-se o

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS 2023

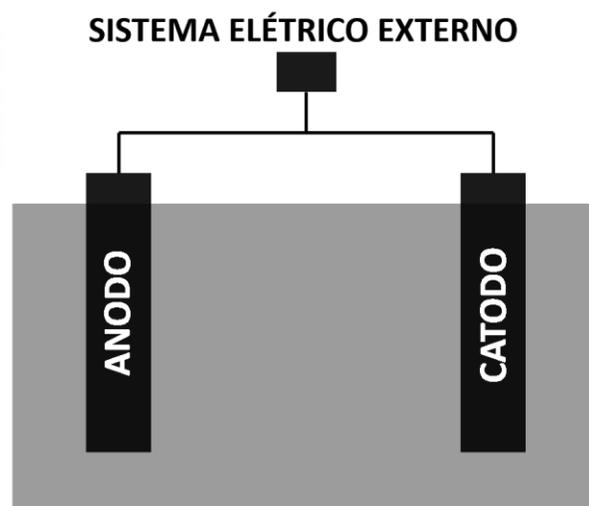
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

emprego e o desenvolvimento de recursos alternativos a fim de substituir os combustíveis poluentes e minimizar os males ao planeta [1, 2]. No âmbito dessa discussão, as células combustíveis microbianas (CEM) – também chamadas de células combustíveis microbianas (CCM) – se revelam uma relevante tecnologia, já que esses dispositivos permitem gerar energia elétrica e, simultaneamente, tratar efluentes pela conversão da energia química em energia elétrica por meio da atuação de microrganismos que catalisam a oxidação de matéria metabolizável [3, 4]. Para que esse processo seja possível, uma CEM opera com duas câmaras – separadas por uma barreira de prótons –, sendo primeira catódica e aeróbia, e a segunda anódica e anaeróbia – a Figura I apresenta a estrutura básica de uma CEM. Microrganismos anaeróbios situados na seção anódica da CEM produzem, por meio da oxidação dos materiais metabolizáveis, elétrons, que são transferidos, por meio de um circuito elétrico externo, do anodo para o catodo, possibilitando a geração de corrente elétrica. A matéria que é metabolizada na CEM pode ser originária, por exemplo, de efluentes das indústrias e da agropecuária, que são grandes poluentes ambientais. Portanto, ao passo que trata um efluente, por retirar dele parte de sua carga poluente, há geração de energia na célula de energia microbiana [5]. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo discutir o modo como a tecnologia das CEM se alinha com os conceitos da sustentabilidade em suas múltiplas dimensões.



**Figura 1. Representação simplificada da estrutura geral de uma CEM.**

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## 2. METODOLOGIA

Para a discussão apresentada nesse trabalho, utilizou-se de um banco bibliográfico construído no primeiro semestre de 2023 por meio de documentos disponíveis na plataforma Google Acadêmico. Os termos de pesquisa utilizados foram determinados por meio dos Descritores em Ciências da Saúde (DECS), em que, para o tema da pesquisa, o descritor em inglês é “Bioelectric Energy Sources”, o descritor em espanhol é “Fuentes de Energía Bioeléctrica” e o descritor em português é “Fontes de Energia Bioelétrica” e estão disponíveis 10 termos alternativos: “Biocélulas Combustíveis”, “Biopilhas”, “Células Biocombustíveis”, “Células Biológicas Combustíveis”, “Células Biológicas de Combustível”, “Células de Biocombustível”, “Células de Combustível Biológicas”, “Células de Combustível Enzimáticas”, “Células de Combustível Microbianas” e “Fontes de Potência Bioelétrica”. Utilizou-se de materiais em português, inglês ou espanhol publicados entre 2013 e 2023 como base de informações para realizar se basear uma discussão de como as aplicações mais comuns das CEM se alinham com os conceitos de sustentabilidade e analisar suas relevâncias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de o conceito de sustentabilidade não ser unânime na literatura científica, muitos deles tangem a importância da manutenção de recursos naturais para essas e para as futuras gerações, incluindo questões ecológicas, sociais e econômicas. Assim, o conceito de sustentabilidade vem sendo adaptado para enfrentar desafios diferentes que acompanham o progresso da sociedade. No âmbito dessa discussão, cada vez mais percebe-se a importância do emprego de tecnologias para a solução desses complexos problemas do cotidiano da sociedade [6]. Ainda nesse contexto, é possível observar que a tecnologia das CEM se destaca, pois é capaz de reduzir o custo operacional do tratamento de efluentes em comparação com sistemas convencionais, pois diminuem o consumo de eletricidade no processo de operação e realizam o tratamento de efluentes com concomitante geração de energia elétrica, o que indica que as CEM são promissoras alternativas para tratamento de águas residuais com sustentabilidade energética, além de apresentar elevada potencialidade como alternativa sustentável para o tratamento de águas residuais [7].

Na produção de eletricidade, as aplicações das CEM se mostram expressivas frente às atuais reflexões acerca da preservação ambiental, que é ameaçada pelos atuais sistemas poluentes, o que impulsiona e requer soluções energéticas ditas limpas e verdes. Neste cenário, tecnologias que oferecem geração de bioenergia, como é o caso das CEM, se mostram estratégicas para a promoção de sistemas renováveis e

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

mais sustentáveis [8]. Nesse ramo de aplicação, estudos inovadores têm sido desenvolvidos em células de energia microbianas com objetivos de grande pertinência como otimizar a tecnologia das CEM em termos de potência elétrica gerada na CEM [9], avaliar o potencial de geração elétrica por meio da inoculação de *Escherichia coli* [10], comparar a eficiência energética obtida em CEM com eletrodos de diferentes materiais [11], testar variáveis de efeito significativo na geração de eletricidade nas células de energia microbiana [12] e avaliar a capacidade de produção de energia em CEM como alternativa às baterias [13], por exemplo. No tratamento de efluentes, a aplicação das CEM se evidencia diante do aumento de atividades industriais, que podem contaminar e a poluir corpos hídricos e o ambiente em geral. Além disso, as CEM têm grande eficiência na remoção de matéria orgânica. Nessas aplicações, se destacam pesquisas recentes com finalidades de emprego de CEM para remover sulfatos e corantes de efluentes [14], integrar *wetlands* com CEM e tratar efluentes de indústria de alimentos e bebidas, por exemplo [15].

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho propôs discutir como as aplicações recentes de células de energia microbiana relatadas na literatura se alinham com os conceitos de sustentabilidade em suas amplas dimensões. Foi possível perceber que os objetivos e aplicações relacionados à produção de eletricidade, com contribuição no desenvolvimento de sistemas de geração de energia mais sustentáveis e tratamento de efluentes, com cooperação no avanço de tecnologias capazes de contribuir com preservação dos ecossistemas e do meio ambiente em geral, demonstram que as CEM, são de fato, uma promissora tecnologia para a sustentabilidade. Desse modo, percebe-se que estudos com células de energia microbiana são relevantes e o fomento dessa área é fundamental para que se alcance toda potencialidade exibida pelas CEM.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Yongabi, K. (2010). Biocoagulants for Water and Waste Water Purification: a Review. *International Review of Chemical Engineering*, vol. 2, p. 444-458.
- [2] Azevedo, G. M. (2012). Indirect effects of oral tolerance inhibit pulmonary granulomas to *Schistosoma mansoni* eggs, *Clinical and Developmental Immunology*, vol. 212, p. 293625.
- [3] Rachinski, S. et al (2010). Pilhas de combustíveis microbianas utilizadas na produção de eletricidade a partir de rejeitos orgânicos: uma perspectiva de futuro. *Química Nova*, vol. 33.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS2023**

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

- [4] Azevedo, G. M. et al (2012). Indirect effects of oral tolerance inhibit pulmonary granulomas to *Schistosoma mansoni* eggs, *Clinical and Developmental Immunology*, vol. 212, p. 293625.
- [5] Carvalho, T. J. L. (2010). *Estudo da produção de energia eléctrica a partir de uma célula de combustível microbiana*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto.
- [6] Cortese, T. et al (2019). Tecnologias e sustentabilidade nas cidades. *Estudos Avançados*, vol. 33, p. 137-151.
- [7] Gude, V. G. (2015). Energy and water autarky of wastewater treatment and power generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 45, p. 52-68.
- [8] Nogueira, M. (2013). *Aplicando lógica fuzzy no controle de robôs móveis usando dispositivos lógicos programáveis e a linguagem VHDL*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”.
- [9] Figueiredo, M. (2016). *Miniaturization of Microbial Fuel Cells*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto.
- [10] Felipe, F. et al (2017). Geração de energia eléctrica por célula combustível microbiana. *Desenvolvimento de Processos Agroindustrias*, p. 1-10.
- [11] Fung, A. (2016) *Otimização da geração de energia em célula a combustível microbiana com Escherichia coli utilizando eletrodo modificado por eletrodeposição de polipirrol*. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [12] Oliveira, A. (2019). *Fontes alternativas de energia com origem microbiana: células de combustível e nanoestruturas supercapacitivas*. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia.
- [13] Roxby, D. (2017). Polypyrrole RVC biofuel cells for powering medical implants. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, p. 779-782.
- [14] Amorim, S. (2018). *Sistema bioeletroquímico para remoção de corante tetra-azo em solução aquosa usando eletrodos de grafite*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.
- [15] Colares, G. (2022). *Integração de Wetlands construídos e células de combustível microbianas para o tratamento de efluentes urbanos com potencial geração de bioenergia*. Tese de Doutorado, Universidade de Santa Cruz do Sul.