

Produção de biocompostos a partir de célula combustível microbiológica**Production of biocomposites from microbiological fuel cell**

DOI:10.34117/bjdv5n7-068

Recebimento dos originais:24/05/2019

Aceitação para publicação: 27/06/2019

Liziane Nunes da Costa

Mestranda em Engenharia Química

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande

Endereço: Avenida Italia, s/n. Km 8 - Bairro Carreiros, Rio Grande – RS, Brasil

E-mail: lizianenc@gmail.com

Ricardo Pereira Branco

Graduando em Engenharia Bioquímica

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande

Endereço: Avenida Italia, s/n. Km 8 - Bairro Carreiros, Rio Grande – RS, Brasil

E-mail: ricardex.branco@hotmail.com

Taiana Denardi de Souza

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande

Endereço: Avenida Italia, s/n. Km 8 - Bairro Carreiros, Rio Grande – RS, Brasil

E-mail: tdenardisouza@gmail.com

Christiane Saraiva Ogradowski

Professora Doutora em Engenharia Química

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande

Endereço: Avenida Italia, s/n. Km 8 - Bairro Carreiros, Rio Grande – RS, Brasil

E-mail: christiane.ogradowski@gmail.com

RESUMO

As células combustíveis microbiológicas são uma tecnologia promissora que utiliza matéria orgânica como substrato para bactérias exoeletrogênicas, proporcionando a geração de eletricidade e o tratamento de efluentes. Ao realizar esta conversão, diferentes compostos podem ser produzidos através do metabolismo bacteriano, no entanto, ainda são pouco explorados. Dessa forma, este estudo visa a construção e operação da célula combustível microbiológica (CCM) inoculada com o sedimento da dragagem do estuário da Lagoa dos Patos para produzir biocompostos. A CCM foi confeccionada com placas de acrílico e volume total de 2 L, inoculada com 70% de sedimento e 30% com meio de cultivo, mantida em câmara termostatizada a 35 °C e pH do compartimento anódico ajustado entre 6,8 e 7,5. A CCM foi alimentada com reciclo total de células e CH₃COOH como fonte de carbono. Após estabilização da voltagem foi realizada a curva de polarização. Foram retirados 0,3 L do anodo e submetidos à extração do biocomposto - *over night*- com etanol 100% (1:1,5 v/v). O precipitado foi centrifugado e purificado por sucessivas lavagens com água e etanol (1:1,5

v/v). O sólido resultante foi seco à 105°C e analisado por espectroscopia de infravermelho. Após 20 dias foi gerada uma diferença de potencial elétrico máximo de 0,72 V, com resistência externa de 1000 Ω . A densidade de potência máxima foi de 237 mW/m² com a resistência externa de 150 Ω . Na identificação do biocomposto verificou-se a presença de ligações químicas características de ácido carboxílico, éster, aril-cetona e amida terciária. Assim, foi possível a geração de energia e simultaneamente produzir um composto de valor agregado.

Palavras-chave: biopolímero, energia elétrica, sedimento marinho.

ABSTRACT

Microbiological fuel cells are a promising technology that uses organic matter as a substrate for exoelectrogenic bacteria, providing electricity generation and effluent treatment. In carrying out this conversion, different compounds can be produced through bacterial metabolism, however, are still little explored. Thus, this study aims at the construction and operation of the microbiological fuel cell (CCM) inoculated with the sediment from the dredging of the Lagoa dos Patos estuary to produce biocompounds. The CCM was made with acrylic plates and total volume of 2 L, inoculated with 70% sediment and 30% with culture medium, kept in a thermostatic chamber at 35 °C and pH of the anode compartment adjusted between 6.8 and 7.5. The CCM was fed with total cell recycle and CH₃COOH as the carbon source. After stabilization of the voltage the polarization curve was realized. Were removed 0.3 L from the anode and subjected to the extraction of the biocompounds - *over night* - with 100% ethanol (1: 1.5 v/v). The precipitate was centrifuged and purified by successive washes with water and ethanol (1: 1.5 v/v). The resulting solid was dried at 105 °C and analyzed by infrared spectroscopy. After 20 days a maximum electrical potential difference of 0.72 V was generated, with external resistance of 1000 Ω . The maximum power density was 128 mW/m² with external resistance of 150 Ω . In the identification of the biocompounds the characteristic chemical bonds of carboxylic acid, ester, aryl ketone and tertiary amide were verified. Thus, it was possible to generate energy and simultaneously produce a value-added compound.

Keywords: biopolymer, electric energy, marine sediment.

1 INTRODUÇÃO

Em busca do desenvolvimento de uma inovação para a produção de energia elétrica que, além de minimizar e substituir os combustíveis fósseis reduzam o impacto ambiental, surgiram as células combustíveis microbiológicas (CCM), uma promissora tecnologia que une a geração de eletricidade com o tratamento de efluentes (TELEKEN et al., 2017; WANG et al., 2013). As células combustíveis microbiológicas podem converter diretamente energia química em eletricidade pelo uso de bactérias exoeletrogênicas, os microrganismos transferem os elétrons produzidos por seu metabolismo e degradam as substâncias oxidáveis produzindo metabólitos (LOGAN, 2008).

Uma CCM pode utilizar substratos orgânicos complexos, incluindo águas residuais domésticas, industriais e agrícolas, como fonte de produção de energia (PANT et al., 2010).

Assim, utilizar o material oriundo da dragagem do Porto de Rio Grande como matéria-prima para a produção de eletricidade e bioprodutos passa a ser uma possibilidade promissora, levando em conta que uma grande quantidade de sedimento marinho é retirado a cada processo de dragagem e este resíduo possui alta carga de nutrientes, microrganismos e matéria-orgânica.

Os metabólitos produzidos pelos microrganismos durante a operação das CCM podem ser proteínas, enzimas, polímeros, oligômeros, entre outros. As lamas possuem alta carga de matéria orgânica biológica extracelular e as substâncias poliméricas extracelulares (SPE) são seus principais constituintes, compreendendo uma mistura de polímeros de alta massa molecular, tais como polissacarídeos, glicoproteínas, ácidos nucleicos, lipídios e ácidos húmicos (JIANG et al., 2010; HONG et al., 2017). Carboidratos são observados principalmente em SPE produzidos a partir de culturas puras, enquanto as proteínas são encontradas em maiores quantidades em SPE do sedimento de muitas plantas de tratamento de águas residuais (LIU e FANG, 2002).

Assim, levando em consideração o funcionamento da célula combustível microbiológica e as características do sedimento marinho, este trabalho tem como objetivo a construção e operação da CCM para produzir biocompostos a partir do sedimento obtido do estuário da Lagoa dos Patos.

2 METODOLOGIA

A CCM foi confeccionada com placas de acrílico com um volume total de 2 L, sendo 50% dedicados ao ânodo (1 L) e 50% destinados ao cátodo (1 L). Estes compartimentos são separados por uma membrana catiônica (CMI-7000S - Membranas International Inc.). O compartimento anódico permanece sob agitação constante de 500 rpm por meio de um impelidor. A CCM foi mantida em câmara termostatizada a 35 °C e pH do compartimento anódico ajustado entre 6,8 e 7,5.

A CCM foi inoculada com sedimento do estuário da Lagoa dos Patos coletado na coordenada 31°58'25''S/52°02'24''O. O volume do compartimento anódico foi inoculado com 70% de sedimento e o restante com meio de cultivo composto por uma mistura de sais. Como fonte de energia e carbono, utiliza-se CH₃COOH na concentração de 10 g/L. O compartimento catódico do reator foi preenchido com uma solução de ferricianeto de potássio K₃Fe(CN)₆ 50 mM, constituindo o acceptor final de elétrons (DE SÁ et al., 2017).

A CCM foi alimentada com reciclo total de células, onde uma amostra de 0,3 L foi retirada do ânodo diariamente e centrifugada a 18800 g e 30 °C. Os sólidos foram separados através

de centrifugação e suspensos com 0,3 L de meio de cultivo com 10 g/L de fonte de carbono. Após o ajuste do pH dessa suspensão, a mistura foi utilizada para alimentar o reator. No sobrenadante obtido da centrifugação foi realizado a extração do biocomposto utilizando um solvente orgânico.

Após estabilização da voltagem produzida no reator, realizou-se a curva de polarização para determinar com qual resistência externa ela apresenta densidade de potência máxima. Na construção da curva de polarização em uma célula eletroquímica aplicam-se diferentes valores de resistores conhecidos e realiza-se a leitura da diferença de potencial elétrico (DDP) gerada entre o ânodo e o cátodo para cada uma das resistências aplicadas. A representação da corrente elétrica em função da DDP é chamada de curva de polarização.

À alíquota de sobrenadante obtida do processo de centrifugação é adicionado álcool etílico absoluto a uma proporção de 1:1,5 (sobrenadante:álcool etílico), deixando-os em contato por 24 h a temperatura de 4°C, após a formação do precipitado submete-se a centrifugação (18800 g, 4 °C, 20 min). Para pré-purificação do biocomposto são realizadas sucessivas centrifugações na proporção de água e etanol (1:1,5 v/v). O sólido resultante desse processo de separação foi mantido sob refrigeração para posterior análise.

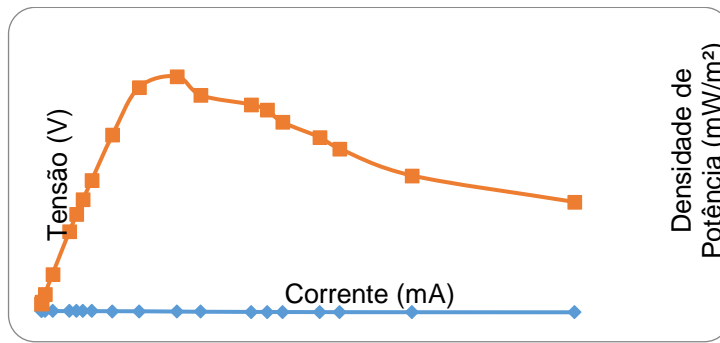
O material obtido através do processo de extração foi seco em estufa (Solab, modelo SL104/64) a 105°C até massa constante e analisado por espectroscopia de infravermelho que caracterizou o bioproduto através de suas ligações químicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A CCM foi inoculada com sedimento marinho e após seis dias do *start up*, nas condições estabelecidas, observou-se a primeira medida de DDP, porém sua estabilização levou 20 dias para ocorrer, chegando ao valor máximo de DDP de 0,72 V (curva azul), com resistência externa de 1000 Ω , como observa-se no gráfico da Figura 1.

Com a CCM estabilizada, após 30 dias de experimento, realizou-se a curva de polarização e determinou-se que a célula atingiu a densidade de potência máxima de 128 mW/m² (curva vermelha) com a resistência externa de 150 Ω (Figura 1).

Figura 1: Curva de polarização da CCM estabilizada por 30 dias.



A Tabela 1 apresenta os principais dados de DDP e densidade de potência calculada, onde observa-se que a diferença nos resultados de voltagem não são expressivos quando modifica-se a resistência externa, porém a densidade de potência atingida é 5,3 vezes maior quando utiliza-se a resistência externa de 150 Ω . Levando em consideração este resultado, reduziu-se a resistência externa do experimento de 1000 Ω para 150 Ω .

Tabela 1: Dados de DDP e densidade de potência da CCM.

Condições	Data	DDP (V)	P (mW/m ²)
<i>Start up</i> 1000 Ω	10/04/2018	0,00	0
Primeira medida 1000 Ω	15/04/2018	0,01	0,87
Maior medida 1000 Ω	04/05/2018	0,72	45
Curva de Polarização 150 Ω	07/05/2018	0,47	128
Maior medida 150 Ω	13/08/2018	0,64	237

De acordo com os resultados de densidade de potência expostos por Mesquita (2016), ao qual ao utilizar uma CCM com volume de 20 mL em cada compartimento e inoculada também com o sedimento marinho, atingiu uma densidade de potência máxima de 255 mW/m² com resistência externa de 180 Ω . Ao relacionar a densidade de potência máxima descrita por Mesquita (2016) a obtida neste trabalho, onde atingiu-se 237 mW/m² de densidade de potência máxima (Tabela 1) com a resistência externa de 150 Ω e após estabilização da célula, observa-se que este resultado é satisfatório pois a diferença na potência é de apenas 7 % com a diminuição da resistência. Sendo assim, utilizar uma resistência externa de menor valor é mais vantajoso, pois esta influencia diretamente na corrente gerada e no desempenho da CCM, ou seja, quando se diminui a resistência externa tem-se um aumento da corrente.

Com a CCM estabilizada, realizou-se a extração de biocompostos. Após análise das amostras de biocompostos em infravermelho e realização da interpretação dos resultados, verificou-se a presença de diferentes grupos funcionais, conforme dados da Tabela 2.

Tabela 2: Grupos funcionais presentes no biocomposto obtidos da CCM.

Ligações	Grupo funcional	Comprimento de onda (cm ⁻¹)
C=O	Carbonila	1820-1630
O-H	Ácido carboxílico	3200-2500
C=O	Éster	1750-1670
C=O	Aril-cetona	1700-1630
C=O	Amida terciária	1700-1630
S-H	Tiofenol	2600-2550
C=C	Alceno	1680-1620
NO ₂	Grupo nitro	1380-1300
C-C	ArH	~1450
C-N	Aril-Alquil-Amina	1360-1250
C-X	Haletos de alquila	1400-500
C-H	Alcano (CH ₃)	3000-2840

Uma ampla variedade de grupos funcionais presentes no biocomposto foi determinada após a análise espectroscópica de infravermelho. Verificou-se a presença de ligações químicas características de ácido carboxílico, éster, aril-cetona e amida terciária, característicos de biopolímeros. Destacaram-se também grupos funcionais, ligações duplas, enxofre, nitrogênio e aromáticos.

4 CONCLUSÕES

Com o aperfeiçoamento das células combustíveis microbiológicas, conclui-se que elas podem ser um bom substituinte para os métodos tradicionais de produção de energia, já que convertem diretamente energia química em eletricidade utilizando fontes renováveis, diminuindo assim o impacto ambiental. Além de ser uma tecnologia promissora para geração de energia, e também pode produzir compostos de valor agregado.

REFERÊNCIAS

DE SÁ et al. Anode air exposure during microbial fuel cell operation inoculated with marine sediment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 5, p. 1821-1827, 2017.

HONG et al. Optimum selection of extraction methods of extracellular polymeric substances in activated sludge for effective extraction of the target components. **Biochemical Engineering Journal**, v. 127, p. 136-146, 2017.

JIANG et al. Extracellular biological organic matters in microbial fuel cell using sewage sludge as fuel. **Water Research**, v. 44, p. 2163-2170, 2010.

LIU, H., FANG, H.H.. Extraction of extracellular polymeric substances (EPS) of sludges. **J. Biotechnol**, v. 95, p. 249–256, 2002.

LOGAN, B. E. **Microbial fuel cells**, Wiley-Interscience Microbial fuel cells. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2008.

MESQUITA, D. **Produção de Energia Elétrica em Célula Combustível Microbiológica com Sedimento de Dragagem do Porto de Rio Grande**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande.

PANT, et al. Review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1533-1543, 2010.

TELEKEN et al. Mathematical Modeling of the Electric Current Generation in a Microbial Fuel Cell Inoculated with Marine Sediment. **Journal of Chemical Engineering**, v. 34, n. 01, p. 211-225, 2017.

WANG et al. Power production from different types of sewage sludge using microbial fuel cells: A comparative study with energetic and microbiological perspectives. **Journal of Power Sources**, v. 235, p. 280-288, 2013.