

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CÉLULAS COMBUSTÍVEIS MICROBIANAS COM MEMBRANAS ANIÔNICAS E CATIÔNICAS

G. V. B. MONTZEL¹, R. B. BASTOS¹, D. V. MESQUITA¹, F. B. SANTANA¹, C. S. OGRODOWSKI¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Escola de Química e Alimentos - EQA
E-mail para contato: danivdemesquita@hotmail.com

RESUMO – Células combustíveis microbianas (CCM) são dispositivos que produzem energia através da degradação da matéria orgânica. Desse modo, são caracterizadas como uma tecnologia emergente para o tratamento de efluentes ao mesmo tempo em que é uma fonte alternativa de energia. As modificações dos materiais que compõem uma célula combustível microbiana são exemplos de mudanças estudadas com o objetivo de aumentar a geração de energia elétrica. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou o desempenho da CCM operando com diferentes membranas (catiônicas ou aniônicas). Os parâmetros resistivos das células foram avaliados pelas análises eletroquímicas: curva de polarização e voltametria cíclica. Os resultados indicaram desempenho superior da configuração com a membrana de troca aniônica com corrente máxima e potência máxima de 3032,11 mA/m² e 56,7 mW a 56 Ω, respectivamente.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de exploração e desenvolvimento de novas tecnologias para a geração de energia que não afetem negativamente o meio ambiente é um reflexo do crescimento acelerado da população e da indústria que, como consequência, causam maior demanda de energia e de tratamento dos resíduos. Com o objetivo de atender a essas necessidades, a célula combustível microbiana (CCM) produz de forma alternativa energia, através da degradação da matéria orgânica, oferecendo a possibilidade de solucionar problemas ambientais e econômicos.

Nesse contexto, foi avaliado o desempenho de células combustíveis microbianas utilizando membranas catiônicas ou aniônicas, com o objetivo de identificar a influência da membrana no desempenho na geração de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A célula combustível microbiana é um biorreator composto por dois compartimentos, anódico e catódico, possuindo um eletrodo cada, conectados externamente a um circuito elétrico, e separados por uma membrana de íon seletiva. A reação de oxirredução, segundo Logan (2008), é catalisada pelos micro-organismos presentes no efluente utilizado.

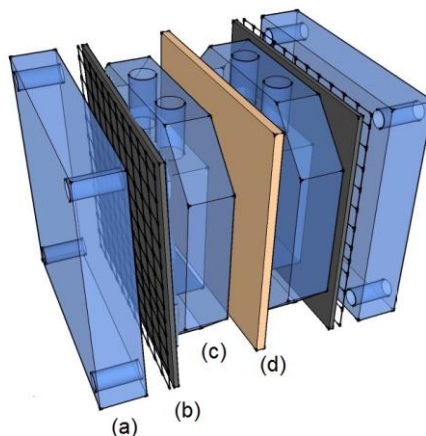
De acordo com Logan *et al.* (2006), na configuração com a membrana catiônica, a partir da oxidação da matéria orgânica realizada pelas bactérias, ocorre o desprendimento de prótons para a solução. Estes, por sua vez, são transportados através da membrana para a câmara catódica, completando o circuito e permitindo a reação de oxirredução.

A membrana aniônica funciona de maneira semelhante, porém, segundo Fan *et al.* (2007), o próton liberado pela oxidação da matéria orgânica se associa aos ânions presentes na solução anódica, como carbonato (CO_3^{2-}) e hidrogenofosfato (HPO_4^{2-}). Este é então transportado até o compartimento catódico através da membrana, onde é dissociado. Isso permite a execução de reação de oxirredução enquanto os ânions retornam através da membrana para o compartimento anódico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas quatro células combustíveis microbianas, duas utilizando membrana de troca catiônica (CMI-7000) e duas com membrana de troca aniônica (AMI-7001, ambas da Membranes International Inc.). A célula possui duas câmaras de 20 mL cada, construídas com peças moduladas de acrílico. Cada câmara apresenta um eletrodo de placa de grafite com área de $10,05 \text{ cm}^2$ acoplada a telas de aço inoxidável 304 para suporte do eletrodo. A Figura 1 ilustra a configuração do reator.

Figura 1 – Representação da célula de combustível microbiana.



Legenda: (a) parede externa da célula; (b) eletrodo de placa de grafite e tela de aço;
(c) câmara anódica ou catódica; (d) membrana íon seletiva.

Os eletrodos são conectados a um circuito elétrico com resistência externa inicial de 1000Ω , variando posteriormente para 580 , 180 e 56Ω . A aquisição de dados foi executada através da medição da diferença de potencial na resistência externa por um micro controlador Arduino Due. Os dados obtidos eram armazenados através do software Coolterm.

O compartimento catódico foi preenchido por solução de ferricianeto de potássio ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) de concentração $16,46 \text{ g L}^{-1}$, funcionando como acceptor de elétrons, e sua troca

total foi realizada diariamente. O compartimento anódico foi preenchido com inóculo na proporção de 2:1 de sedimento marinho de dragagem do Porto de Rio Grande e meio de cultivo utilizado por Teleken (2013), tendo retirada diária de alíquota de 5 mL e reposição de mesma quantidade de meio de cultivo.

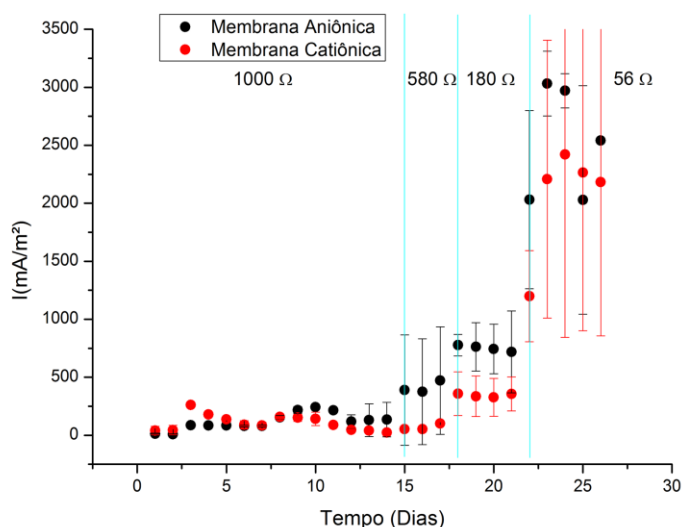
A operação das células ocorreu em um período de 26 dias, a uma temperatura controlada de 35,5 °C e pH entre 7 e 7,5, sem a agitação, condições ideais para a operação, segundo Mesquita (2016).

O desempenho das configurações, com membrana catiônica ou membrana aniônica, foi comparado, através dos dados de densidade de corrente ao longo do tempo e das análises eletroquímicas curva de polarização e voltametria cíclica executadas em potenciostato Palm Sens3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

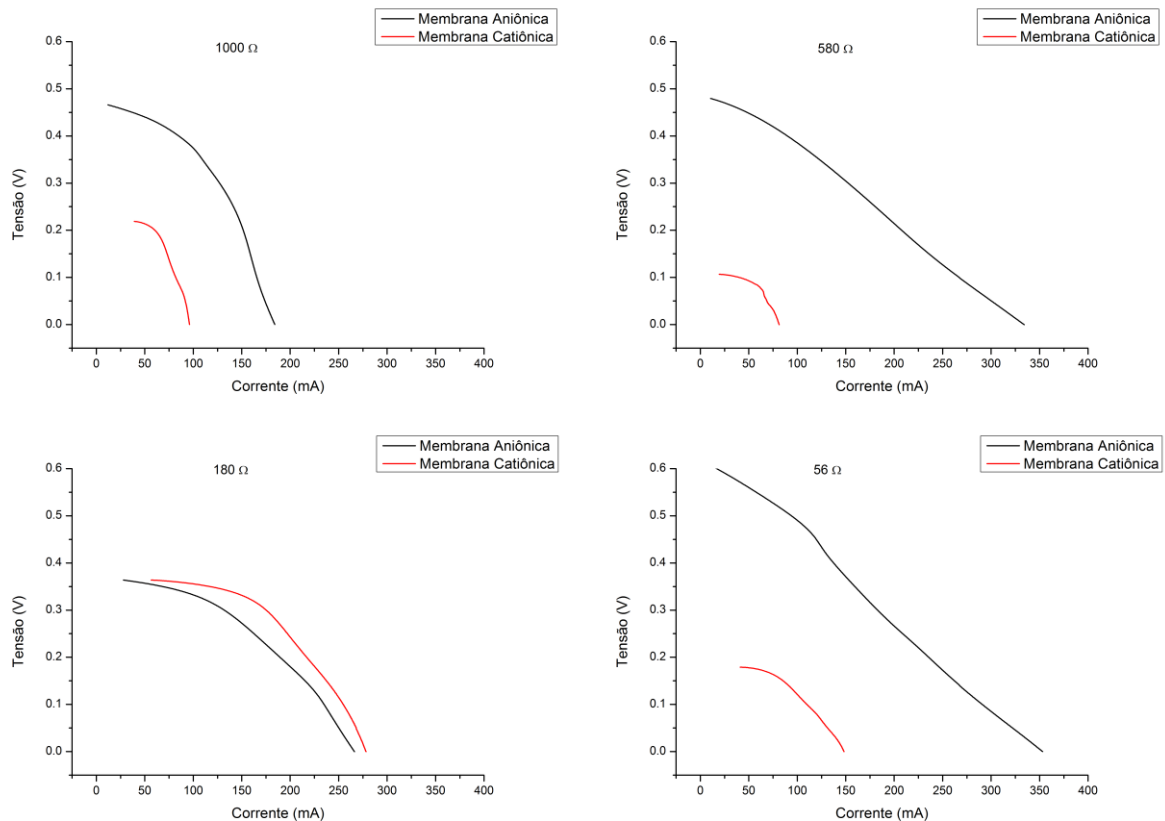
Os dados de densidade de corrente apresentaram desempenho superior das células com membrana aniônica, acentuado pela utilização das resistências externas de 180 e 56 Ω , conforme representado pela Figura 2. Isso pode ser explicado pelo valor mais baixo da resistência externa ser mais próximo ao valor da resistência interna quando a CCM foi operada com a membrana aniônica.

Figura 2 – Gráfico da densidade de corrente por tempo.



As curvas de polarização apresentaram, também, um desempenho superior da membrana de troca aniônica, conforme representado pelas Figuras 3 e 4. Com os dados da Figura 3, foram calculadas as resistências internas de 297, 164, 243 e 216 Ω para a membrana aniônica e 531, 272, 177 e 209 Ω para a membrana catiônica, referentes as resistências de 1000, 580, 180 e 56 Ω , respectivamente.

Figura 3 – Curvas de polarização da tensão por corrente para as células com membranas aniônicas e catiônicas.

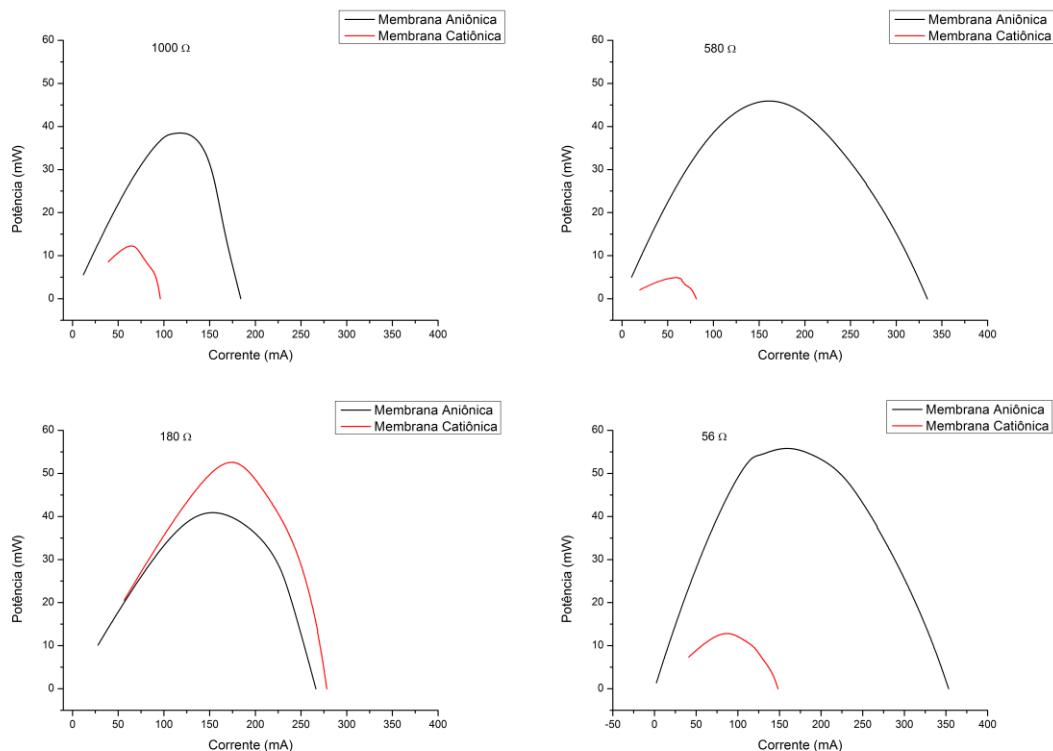


Na Figura 4 são representadas as potências máximas que cada configuração de célula atingiu, sendo 56,7 mW a 56 Ω para a célula com membrana aniônica e 52,6 mW a 180 Ω na configuração com membrana catiônica.

Na resistência de 180 Ω , foi possível observar que a membrana catiônica apresentou desempenho superior, uma vez que obteve potência máxima de 52,6 mW enquanto a aniônica obteve apenas 40,9 mW. Esse comportamento pode ser explicado pela proximidade do valor da resistência externa ao da resistência interna conforme apresentado por Logan (2008).

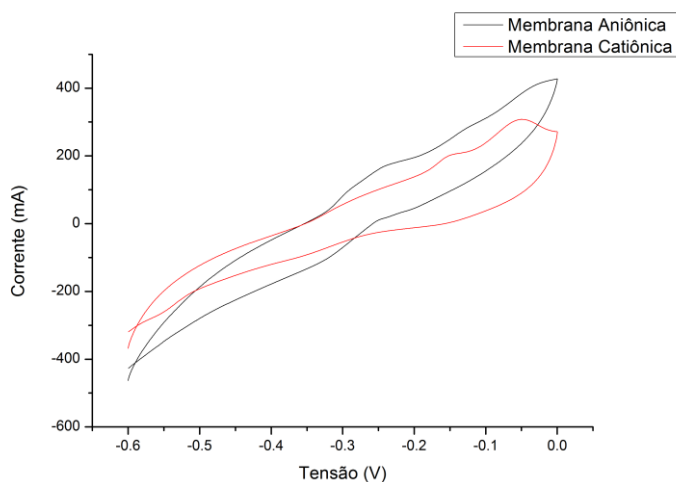
Já a membrana aniônica apresentou maior potência na resistência externa de 56 Ω . Entretanto, é possível observar que a relação da diferença das resistências com a potência máxima não afeta o desempenho da célula da mesma forma que a observada em uma célula com a membrana catiônica, uma vez que a potência máxima alcançada foi de 56,7 mW para a resistência de 56 Ω .

Figura 4 – Curvas de polarização da potência por corrente para as células com membranas aniônicas e catiônicas.



Na voltametria cíclica, apresentada na Figura 5, observa-se que a curva da célula com membrana aniônica apresenta maior inclinação o que indica melhor o desenvolvimento de biofilme nessa configuração de reator em comparação com a membrana catiônica.

Figura 5 – Efeito da membrana (catódica ou anódica) na resposta das análises de voltametria cíclica.



Os resultados obtidos estão de acordo com Kim *et al.* (2007) que comparou as membranas estudadas, juntamente com outros modelos, em configuração diferente de reator. O autor concluiu que a membrana de troca aniônica apresentou desempenho superior com densidade de potência de até 610 mW/m^2 devido ao efeito tampão do íon fosfato.

5. CONCLUSÕES

Com base na análise dos dados, foram observados resultados superiores da célula com membrana de troca aniônica, obtendo corrente máxima de $3032,11 \text{ mA/m}^2$ a 56Ω e potência máxima de $56,7 \text{ mW}$ a 56Ω . Desse modo, conclui-se que a membrana de troca aniônica tem desempenho superior frente à membrana de troca catiônica nas condições testadas.

Para trabalhos futuros pode ser avaliada a troca iônica que ocorre dentro da célula, para verificar a influência dos íons específicos no transporte de carga. Além disso, podem ser executados testes com uma faixa de pH diferente que favoreça a formação de íons responsáveis pelo transporte de carga, bem como estudar o efeito tampão do íon fosfato.

6. REFERÊNCIAS

- FAN, Y.; HU, H.; LIU, H. Sustainable Power Generation in Microbial Fuel Cells Using Bicarbonate Buffer and Proton Transfer Mechanisms. *Environ. Sci. Technol.*, v. 41, p. 8154-8158, 2007.
- KIM, J. R.; CHENG, S.; OH, S. E.; LOGAN, B. E. Power Generation Using Different Cation, Anion, and Ultrafiltration Membranes in Microbial Fuel Cells. *Environ. Sci. Technol.*, v. 41, p. 1004-1009, 2007.
- LOGAN, B. E. *Microbial Fuel Cells*. New Jersey: Wiley & Sons, 2008.
- LOGAN, B. E.; HAMELERS, B.; ROZENDAL, R.; SCHRÖDER, U.; KELLER, J.; FREGUIA, S.; AELTERMAN, P.; VERSTRAETE, W.; RABAEY, K. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environ. Sci. Technol.*, v. 40, p. 5181-5192, 2006.
- MESQUITA, D. V. Produção de energia elétrica em célula combustível microbiológica com sedimento de dragagem do Porto do Rio Grande. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande (2016).
- TELEKEN, J. T., Modelagem matemática da geração de corrente elétrica em uma célula combustível microbiana inoculada com micro-organismos marinhos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (2011).