



---

# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIANA

F. C. FELIPE<sup>1</sup>, G. V. B. CORREIA<sup>2</sup>, T. ZANQUETA<sup>3</sup>, J. W. S. FILHO<sup>4</sup>, A. C. CHESCA<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Universidade de Uberaba

**RESUMO** – Em função das fontes de energia, de origem não renováveis, estarem se tornando cada dia mais insuficientes pela demanda populacional mundial crescente e os malefícios causados consequentes da sua operação, isto tem levado pesquisadores a buscarem novos meios de produção de energia a partir de fontes renováveis. Uma dessas fontes são as células combustíveis microbiana, que tem a capacidade de gerar energia e ao mesmo tempo eficaz no tratamento de alguns resíduos líquidos. O uso de microrganismos configura um meio alternativo para a produção de energia e o aprimoramento na construção dessa célula tem sido um grande desafio para se tornar mais eficaz e viável. Desse modo buscou-se alcançar a realização da célula combustível microbiana variando alguns fatores em buscas de novos e bons resultados. A sua construção se deu através do uso de alguns itens principais como: recipientes, eletrodos, o substrato a ser degradado, neste caso o soro do leite e microrganismos, onde no presente trabalho, optou-se pela *Escherichia coli*. No contexto geral obteve-se resultados muito satisfatórios alcançando tensões entre 0,72 a 0,76 volts, que se inicia mais baixa e varia de acordo com a fase de crescimento do microrganismo, porém, mesmo obtendo esses resultados, estudos ainda são necessários para a transposição em grande escala.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados têm levado a um crescente interesse sobre as células combustíveis microbianas, pois descobriu-se que o metabolismo microbiano pode gerar energia quando realiza quebra de composto, porém em baixa escala. A viabilização do processo em energias geradas em quantidades maiores seria uma alternativa a ser estudada, uma das consequências deste processo é que também atuam na forma de uma biorremediação, pois a mesma degrada diversos resíduos orgânicos, presente em vários lugares, como por exemplo, em águas de uso domésticos (ANDRADE, 2015).

Células combustíveis segundo Ticianelli e Gonzales (1988), é um sistema eletroquímico que é responsável diretamente pela conversão energética de compostos químicos em corrente elétrica, e mediante inúmeras pesquisas até hoje nota-se que o único combustível que permite obter densidades de corrente elétrica de forma satisfatória é o hidrogênio.



A busca por fontes renováveis de energia tem mobilizado grandes esforços da comunidade de pesquisadores de diversas áreas, levando em consideração as questões ambientais e econômicas. A atual dependência em combustíveis fósseis é totalmente insustentável devido à poluição gerada e o mesmo ser um recurso finito. As principais fontes energéticas mundiais utilizadas pela indústria são: o petróleo, o carvão e o gás natural. De acordo com o boletim lançado pela Empresa de Pesquisa Energética (2017), atualmente, da energia elétrica ofertada no Brasil 36,5% são de derivados de petróleo, 5,5% carvão e seus derivados 12,3% gás natural e 43,5% destinadas para outras fontes de origem renováveis.

O uso de combustíveis fósseis no mundo é insustentável devido à poluição gerada e por ser um recurso finito. Apenas uma fonte de energia já não é mais suficiente para suprir a necessidade mundial, por isso, várias fontes renováveis estão sendo aprimoradas e implementadas, como a eólica e a nuclear, uma vez que sua aplicabilidade em diversas situações pode sim ser bastante útil (MANSOR, 2009). Além da questão energética, outro grande problema para humanidade é o aumento significativo da eliminação de resíduos, sólidos e líquidos, muitas vezes ainda descartados ou acondicionados inadequadamente.

Nos tempos atuais vem crescendo a necessidade por fontes de energias renováveis, dessa forma é essencial a descoberta da mesma e esta perspectiva contribui diretamente para a redução de resíduos sem fim destinados e a produção de energia baseada em sistemas inovadores (JONH; LOPES, 2013).

O objetivo principal deste trabalho é apresentar a geração do potencial de geração elétrica por meio da *Escherichia coli* inoculada com soro residual da fabricação do queijo.

## **2. Células combustíveis microbiana**

A primeira observação relativa à célula de combustível microbiana ocorreu em 1911, quando o professor de botânica na Universidade de Durham, na Inglaterra, Michael Cresse Potter, demonstrou a liberação de energia elétrica quando bactérias *Escherichia coli* atuavam sobre um determinado substrato orgânico (JOHN, 2013).

O funcionamento de uma CCM (célula combustível microbiana) é fundamentado na respiração celular: enquanto os microrganismos utilizam a energia química presente nos nutrientes do meio que se encontram, os eletrodos da CCM atuam como aceptores finais de elétrons. A célula consiste em um ânodo e um cátodo separados por uma membrana de troca, podendo ser uma ponte salina, e um circuito elétrico fechado (LEHNEN, 2014).

A utilização dessas bactérias configura um meio alternativo para a produção de energia elétrica, a fim de buscar também uma possível replicação dessa utilização em escala industrial. Dessa forma, o resultado esperado é a produção de energia elétrica a partir da digestão de materiais orgânicos por células microbianas, realizada em escala laboratorial, como apontam os estudos para fonte de energias renováveis.



O termo crescimento microbiano trata-se da multiplicação dos microrganismos, e se trata de um fenômeno que não deve ser analisado de forma singular e sim como um crescimento populacional, e para ocorrer este crescimento é necessário avaliar quais nutrientes favorecem o microrganismo, qual a temperatura ótima para reprodução e qual atividade de água ele possui (GUERRA, 2016). O crescimento microbiano é composto por quatro fases nomeadas de fase lag, fase exponencial ou fase log, fase estacionária e fase de declínio.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **Foram utilizados os seguintes materiais:**

01 prego não galvanizado;

Placa de cobre (10 x 2 cm);

Dois recipientes de vidro de 170mL;

30 cm de mangueira transparente;

Um multímetro;

Solução de NaCl a 0,35 mols;

Solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 0,9 mols;

Caldo de *Escherichia coli*;

Soro residual de queijo.

Foi utilizado uma cepa de *Escherichia coli* que foi depositada em um tubo de ensaio com cinco mL de caldo do B.H.I (Brain Heart Infusion), esse tubo foi levado à estufa modelo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) permanecendo por 24 horas a 37°C, obtendo-se um caldo concentrado da bactéria.

Posteriormente, foi coletado uma alíquota de 0,1 mL do caldo anterior que foi diluída em 50 mL de caldo nutriente, permanecendo na B.O.D por mais 24 horas na mesma temperatura. Após essa etapa o caldo estava pronto para ser utilizado no experimento, conforme retrata a figura 01 abaixo.



**Figura 01:** Caldo de *Escherichia coli*



**Fonte:** acervo do autor.

## **Célula combustível microbiana**

Para a confecção da célula, utilizou-se dois vidros de 170 mL, com ambas as tampas furadas para suportar os eletrodos e outros furos para ocorrer aeração no meio e a ponte salina. Para ponte salina, foi utilizado a mangueira transparente preenchida com NaCl a 0,35 Molar e tampada com algodão, os eletrodos o prego foi comportado no recipiente contendo o soro residual do queijo com *Escherichia coli* e o eletrodo de cobre foi comportado no recipiente com a solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 0,9 molar. Como retrata a figura 01 abaixo.



**Figura 01:** confecção da célula combustível microbiana



**Fonte:** acervo do autor.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 29 de setembro montou-se a primeira célula combustível microbiana da seguinte maneira: um recipiente contendo 120 mL do soro residual do queijo acrescida de 20 mL de *Escherichia coli* e um eletrodo de ferro.

A ponte salina utilizada foi de NaCl na concentração de 0,35 Molar, e o segundo recipiente, continha a mesma solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 0,9 Molar.

Após experimento montado, a maior tensão quantificada foi de 0,76 volts, como registra a figura 03 abaixo:

**Figura 03:** quantificação da maior tensão



**Fonte:** acervo do autor

O experimento foi observado num total de 13 dias, como segue na Tabela 01 abaixo:

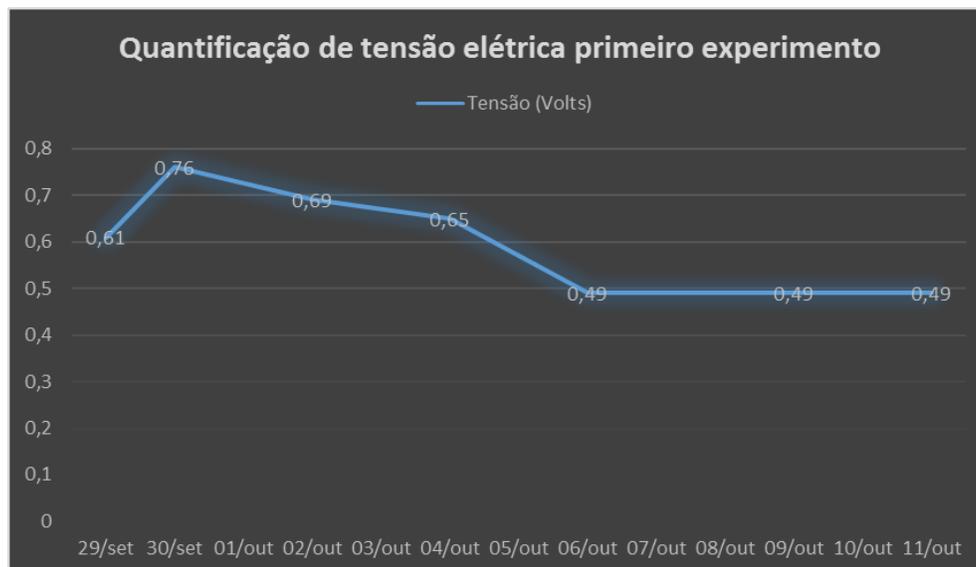
**Tabela 01:** Dados coletados primeiro experimento

<b>Data</b>	<b>Quantificação de tensão elétrica</b>
29/09/2017	0,61 Volts
30/09/2017	0,76 Volts
02/10/2017	0,69 Volts
04/10/2017	0,65 Volts
06/10/2017	0,49 Volts
09/10/2017	0,49 Volts
11/10/2017	0,49 Volts

**Fonte:** Acervo do autor.

Os dados da Tabela 01 estão expressos no gráfico 01 abaixo.

**Gráfico 01:** Relação de dias por tensão elétrica.



**Fonte:** Dados do autor



Dia 23 de outubro iniciou-se o segundo experimento com um recipiente contendo 120 mL de soro residual do queijo acrescido de 12,5 mL de caldo de *Escherichia coli*, nesse experimento diminui-se a concentração de bactérias para observar o rendimento e um eletrodo de ferro.

A ponte salina utilizada foi de NaCl na concentração de 0,35 Molar, e o segundo recipiente, colocamos a solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na concentração de 0,9 Molar.

Após experimento montado, a maior tensão quantificada foi de 0,72 volts, como registra a figura 04 abaixo.

**Figura 04:** maior tensão gerada



**Fonte:** acervo do autor

O experimento foi observado num total de 12 dias e observou-se que este experimento se deu mais lentamente em função da menor concentração de bactéria e a queda de temperatura ambiente que ocorreu no laboratório, o que deve ter interferido na fase de crescimento microbiana.

A Tabela 02 abaixo, apresenta os resultados obtidos.



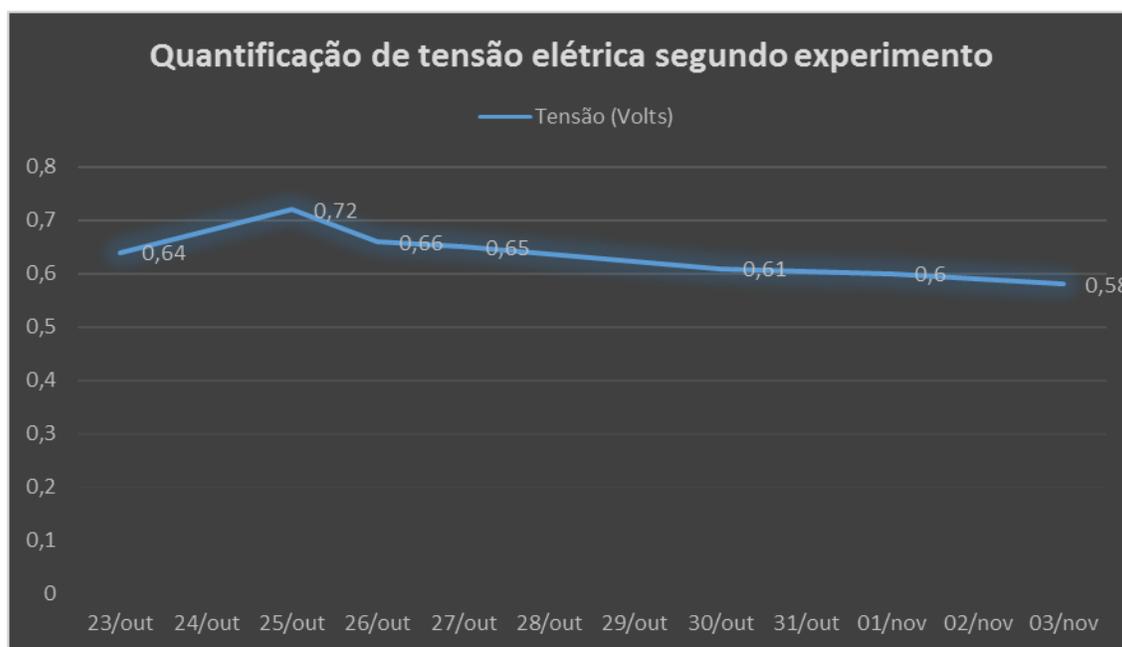
**Tabela 02:** Dados coletados do segundo experimento

<b>Data</b>	<b>Quantificação de tensão elétrica</b>
23/10/2017	0,64 Volts
25/10/2017	0,72 Volts
26/10/2017	0,66 Volts
27/10/2017	0,65 Volts
30/10/2017	0,61 Volts
01/11/2017	0,60 Volts
03/11/2017	0,58 Volts

**Fonte:** Acervo do autor

Os dados da Tabela 02 estão expressos no gráfico 02 abaixo.

**Gráfico 02:** Relação de dias por tensão elétrica



**Fonte:** Dados do autor



A transferência de elétrons no experimento se inicia nos primeiros segundos da montagem, comprovando que ocorre atuação das forças anisotrópicas promovendo um desequilíbrio iônico causando uma transferência de elétrons de um recipiente para o outro, com o auxílio dos eletrodos e da ponte salina para promover o equilíbrio, pois quando os eletrodos são imersos no material orgânico que representa o compartimento ânodico e em solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o compartimento catódico, devido a presença de elétrons no meio, origina uma corrente de elétrons no sentido ânodo-cátodo, sendo que o fluxo ocorre pela ponte salina.

Quando os microrganismos começam a adaptação na fase Lag, etapa responsável pelo crescimento inicial do microrganismo, e está sofrendo um processo de adaptação ao novo meio de cultura, aumentando de volume e dando início a divisão celular, o tempo de duração é relativo com as condições do microrganismo com a natureza do meio.

Na etapa exponencial que é o processo responsável pela reprodução constante da bactéria, é onde ocorre a quebra da matéria orgânica (MO) conforme a reação genérica abaixo:



Esses elétrons gerados, se deslocam em direção ao outro compartimento pelos fios conectados nos eletrodos devido a uma força de atração provocada pela presença de cátions presentes no segundo compartimento. Lembrando que as letras X, Y e Z, são os coeficientes estequiométricos que dependerá da concentração expressa no material orgânico, e MO representa matéria orgânica.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma dessas várias pesquisas ao redor do mundo, as células combustíveis microbianas é um método de geração de energia através da degradação de material orgânico, e o objetivo do trabalho de apresentar a avaliação do potencial de geração elétrica por meio da *Escherichia coli* inoculada com soro residual da fabricação do queijo, foi atingido de forma satisfatória, sendo que no experimento um obteve-se com 20 ml de caldo de *Escherichia coli* obteve 0,76V de tensão no pico máximo, e o segundo experimento com 12,5 mL de caldo de *Escherichia coli* apresentou 0,72 volts e além das tensões o resultado foi satisfatório na degradação de matéria orgânica do substrato utilizado. O uso da *Escherichia coli* também foi satisfatório nas condições utilizadas do experimento.

De fato, os resultados não são suficientes para fornecer energia em grande escala, necessitando de mais testes para encontrar os eletrodos com o maior custo-benefício, quantidade ideal de bactérias a ser utilizadas, e até mesmo as condições de design, temperaturas ideais para o maior rendimento. Apesar de todas essas variáveis ideais ainda desconhecidas, a degradação do substrato se mostra efetiva e bastante viável, que também pode alcançar resultados melhores.



Uma sugestão para futuros estudos é fazer o estudo desse experimento com processo de oxidação avançado.

## 6. REFERÊNCIAS

Andrade, C.M.G; Freitas, H. F.S; Morais, E. V. F. **Células de combustível microbianas: uma breve discussão sobre sua construção e desempenho.** Maringá. 2015 4-8 p. Disponível em:<[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/cid\\_marcos\\_goncalves\\_andrade\\_1.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2015/anais/cid_marcos_goncalves_andrade_1.pdf)> Acesso em 12 mar. 2017.

GUERRA, A.F. **Microbiologia geral:** fatores do crescimento microbiano. Disponível em: <<http://files.microbiologia-de-alimentos.webnode.com/200000167-71b2b73a61/Fatores%20do%20crescimento%20microbiano.%20Valen%C3%A7a,%201%C2%A%A%20Edi%C3%A7%C3%A3o,%202016,%2013p.pdf>>. Acesso em 20 out 2017.

JOHN, A.M.S; LOPES, B.C.V. **Acompanhamento da geração de potencial elétrico por célula combustível microbiana.** Disponível em: < [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1024/1/CT\\_COPAM\\_2012\\_2\\_13.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1024/1/CT_COPAM_2012_2_13.pdf)>. Acesso em: 16 de abril. 2017.

LEHNEN, D.R. **Desenvolvimento de células de combustível microbiana.** Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/108365>>. Acesso em 14 jun. 2017.

MANSOR. M.T.C; VICHI, F.M **Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial.** Disponível em:< [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000300019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300019)>. Acesso em: 16 de abril. 2017.

TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica:** Princípios e Aplicações. 2005. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. 235 p.