

# CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

IOLANDA CRISTINA SILVEIRA DUARTE<sup>1</sup>, LUANA MARIA TAVARES ROSA<sup>1</sup>,  
PIERRE FERREIRA PRADO<sup>2</sup>, MONICA APARECIDA ALMEIDA<sup>1</sup>, AMANDA PRANDINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos - UFSCar - Campus Sorocaba

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista

<iolanda.duarte@gmail.com>, <luana.maría.tavares@gmail.com>, <pierreprado@hotmail.com>,  
<moamart@gmail.com>, <mandyprandini@gmail.com>

DOI: 10.21439/conexoes.v10i3.858

**Resumo.** Processos alternativos para a geração de energia podem ter interesses tanto ambientais quanto econômicos. Um destes processos é a utilização de célula combustível microbiana (CCM), que são reatores capazes de promover a conversão da energia química presente na matéria orgânica em energia elétrica por meio de micro-organismos. Baseado neste processo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de um tensoativo aniónico em CCM com e sem membrana, inoculadas com lodo de fossa séptica. Os eletrodos utilizados foram hastes de grafite e as CCM foram alimentadas com substrato sintético e mantidas em temperatura ambiente. As CCM foram monitoradas quanto a corrente e tensão elétrica gerada durante 35 dias. Observou-se que a presença da membrana e adição de LAS favoreceram a geração de energia. A adição de LAS influenciou positivamente na geração de energia elétrica, na CCM sem membrana a maior densidade de corrente foi de 7,5 mA/m<sup>2</sup> e para a CCM com membrana foi de 37,3 mA/m<sup>2</sup>.

**Palavras-chaves:** Bioenergia. Lodo. Micro-organismos. Combustíveis. Tensoativos.

**Abstract.** Alternative processes to energy generation can have environmental and economic advantages. One of these processes is the use of microbial fuel cells (MFC), characterized by reactors that are able to promote the conversion of chemical energy present in the organic matter into electrical power by micro-organisms. Based on this process, this study aimed to evaluate the influence of an anionic surfactant in MFC with and without membrane, inoculated with septic tank sludge. The electrodes used were graphite rods and were fed synthetic substrate and maintained at room temperature. The MFC were monitored for current and voltage generated during 35 days. It was observed that the presence of the membrane and addition of LAS favored the generation of energy. The addition of LAS positively influenced the generation of electricity, the CCM without membrane most current density was 7.5 mA/m<sup>2</sup> and the CCM with membrane was 37.3 mA/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Bioenergy. Sludge. Microorganisms. Fuel. Tensoactive.

## 1 INTRODUÇÃO

Os maiores contribuintes para o aumento no consumo de energia são os setores de transportes e industrial. Dentro das fontes energéticas mais utilizadas por estes setores prevalecem, uso de petróleo, carvão mineral e gás natural, sendo estas caracterizadas como não renováveis ((EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). EPE- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA., 2014)).

Com o decorrer dos anos é crescente a procura pelo uso de fontes renováveis de energia ((SARKAR; SINGH, 2010)). De modo que, a utilização e procura por fontes energéticas renováveis representam 41% da matriz energética brasileira, o que a coloca em posição de destaque no cenário mundial ((EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). EPE- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA., 2014.)).

## CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

Uma possível fonte de energia renovável a ser empregada é a implementação de célula combustível microbiana (CCM), pois dentre suas aplicações destacam-se exemplos relacionados à geração de energia elétrica a partir do tratamento de águas residuárias ((DU; LI; GU, 2007), (GHANGREKAR; SHINDE, 2007) e (FAN; HAN; LIU, 2012)). Esses sistemas podem ser operados com diferentes substratos, devido a flexibilidade dos micro-organismos que se utilizam destes substratos, de modo a degradá-los para a subsequente geração de eletricidade a partir de resíduos e biomassa (ZHANG et al., 2009)).

Denomina-se célula combustível microbiana (CCM) a tecnologia para tratamento de águas residuárias com potencial de converter energia química presente em um efluente em energia elétrica ((RACHINSKI et al., 2010)). A transformação em questão envolve a oxidação do carbono orgânico e a captação de elétrons resultantes por um eletrodo denominado anodo (instalado na câmara anaeróbia), além da produção de prótons e vários subprodutos tais como ácidos graxos voláteis, biomassa e dióxido de carbono. Estes elétrons coletados no eletrodo (anodo) fluem por um dispositivo elétrico (carga) e finalmente atinge o catodo, que pode ser exposto ao ar ou submerso em líquido sob condições óxicas, e reagem, com os prótons liberados na oxidação do carbono orgânico que migram diretamente ou passam através de uma membrana seletiva que limita a difusão do oxigênio para a câmara aeróbia. No catodo, elétrons, prótons e oxigênio reagem produzindo moléculas de água (VELASQUEZ-ORTA et al., 2011)).

O modo de operação das CCM se baseia na conversão de energia química em energia elétrica, a partir da degradação da matéria orgânica por meio de uma reação catalítica mediada por micro-organismos ((RABAETY; VERSTRAETE, 2005)(SHARMA; KUNDU, 2010)). Ao mesmo tempo em que ocorre a reação é possível à geração de eletricidade em conjunto com o tratamento de águas residuárias e contaminantes orgânicos ((LIU; CHENG; LOGAN, 2005)). Em geral a CCM mostra-se vantajosa sobre as tecnologias existentes para a geração de energia, pois tem elevada eficiência e podem operar à temperatura ambiente ((RABAETY; VERSTRAETE, 2005)).

Além da eletricidade a CCM pode ser usada mediante simples modificações para a produção de combustíveis como o biohidrogênio, no entanto, este processo não ocorre espontaneamente devido a barreiras termodinâmicas da conversão de prótons a gás hidrogênio e a energia adquirida deve ser suplementada por fonte externa. Atualmente, propõem-se que os custos dessa su-

plementação possam ser reduzidos por fonte de energia alternativa como a luz solar que é uma abordagem promissora para resolver esta limitação termodinâmica ((WANG; QIAN; LI, 2014)).

Na literatura pertinente majoritariamente descreve-se CCM que utilizam bactérias sem adição de mediadores exógenos para transferência de elétrons para o anodo. Os micro-organismos passam os elétrons derivados de seus metabolismos para o anodo que faz a função de um acceptor de elétrons. Os mecanismos de transferência de elétrons podem ser divididos em dois: direto ou indireto. A transferência direta ocorre através: dos citocromos da membrana, por nanofios ou por proteínas transportadoras. A transferência indireta ocorre pela ajuda de mediadores químicos, que podem ser produzidos pelos micro-organismos ou adicionados de forma exógena ((SAYED; TSUJIGUCHI; NAKAGAWA, 2012)).

Devido a grandes preocupações ambientais, o esgoto doméstico tem se tornado objeto de estudo em diversas áreas, mostrando que é possível utilizar a CCM, uma vez que pode ser caracterizado como fonte potencial de energia, em função do armazenamento da matéria orgânica ((CAI; LIU; WEI, 2004),(SINGH; AGRAWAL, 2008),(XIAO; YANG; LIU, 2013)).

(CHEN et al., 2014) avaliaram a eficiência de CCM na geração de energia elétrica com a adição de mediadores (tionina e verde malaquita) durante a remoção de corantes têxteis não azo em CCM de câmara única inoculado com bactérias no gênero *Proteus*, *Klebsiella* e *Aeromonas* e catodo exposto ao ar. Os autores sugerem que este aparato é promissor na biorremediação de águas residuárias da indústria têxtil.

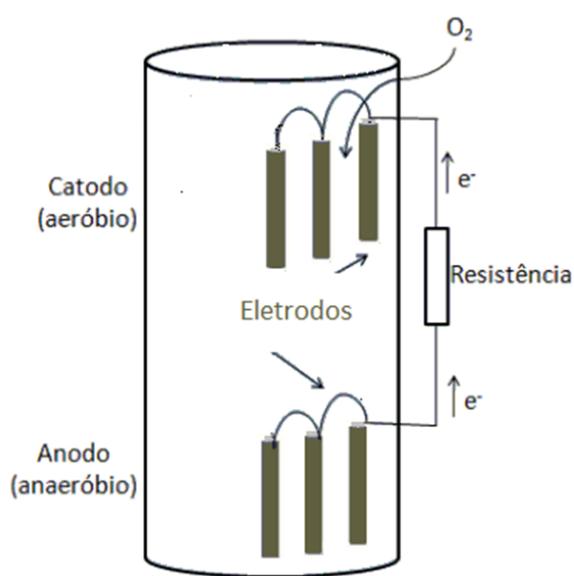
Destaca-se dentre os possíveis usos da CCM seu emprego no tratamento de poluentes ((WANG et al., 2013)). Dentre os diversos poluentes encontrados nos esgotos domésticos e industriais, os tensoativos aniónicos são frequentemente presentes. Ainda não há estudos sobre a utilização de CCM no tratamento do tensoativo aniónico (LAS- alquilbenzeno linear sulfonado) o qual constitui uma parcela dos produtos químicos mais utilizados mundialmente em produtos de limpeza doméstica e industrial ((GARCIA et al., 2005)). Devido ao seu emprego em diferentes produtos o LAS pode ser encontrado em diversos efluentes, e se não tratado de forma adequada pode apresentar riscos ao ecossistema aquático.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo investigar influência de um tensoativo aniónico (LASA) em CCM com e sem membrana utilizando lodo de fossa séptica como inóculo, na geração de energia elétrica.

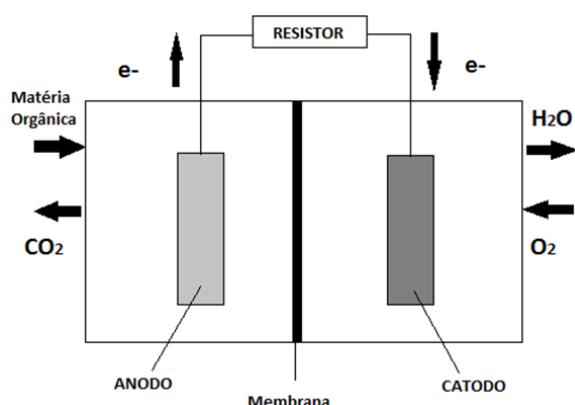
## CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

### 2 METODOLOGIA

Para avaliar a influência do LAS e da membrana de troca de íons H<sup>+</sup> na geração de energia elétrica, foi desenvolvido 02 CCM inoculadas com lodo de fossa séptica: 1) sem membrana (Figura 1), e 2) com membrana (Figura 2).



**Figura 1:** Esquema dos componentes básicos de uma célula de combustível microbiana sem membrana. Fonte: adaptado de (MARCON, 2011).



**Figura 2:** Esquema dos componentes básicos de uma célula de combustível microbiana com membrana. Fonte: adaptado de (DU; LI; GU, 2007)

A CCM sem membrana foi confeccionada em um tubo de polietileno de etileno (220 mm; 60mm), com

capacidade para 500 mL. Essa CCM foi constituída por uma coluna de água com uma região sedimentar anaeróbia contendo 150 mL lodo de fossa séptica, e próximo à superfície do tubo uma fase líquida aeróbia formada pela adição de um substrato sintético aquoso contendo meio mineral (ANGELIDAKI; PETERSEN; AH-RING, 1990) e solução de sacarose (500 mg/L). Posteriormente, foram posicionados 2 eletrodos compostos por 3 hastes cilíndricas de grafite cada (30 mm; 4 mm) sendo um o cátodo e o outro o ânodo, de modo que o cátodo ficou na parte superior do tubo, inserido na fase líquida, e o ânodo foi inserido no lodo anaeróbio, parte inferior do tubo. No segundo modelo foi implementado membrana de troca de íons H<sup>+</sup>, permitindo dois compartimentos individualizados, compostos por tubos longitudinais de policloreto de polivinila (140 mm; 40 mm), com capacidade aproximada de 250 mL cada. Entre os compartimentos da CCM havia uma membrana de troca iônica constituída de ágar bacteriológico que possibilitou a individualização de cada uma das câmaras ((LOGAN et al., 2006)). O compartimento catódico (aeróbio) foi composto da solução de meio mineral, e o compartimento anódico (anaeróbio) 75 mL lodo de fossa séptica diluído em meio mineral e solução de sacarose (500 mg/L). Sendo que as soluções utilizadas foram às mesmas do experimento sem membrana. Nesse modelo foram utilizados 2 eletrodos compostos por 1 haste de grafite cada (9 mm; 24 mm; 5 mm), sendo inserido um eletrodo em cada compartimento da CCM.

O lodo anaeróbio de fossa séptica utilizado no experimento foi fornecido pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Município de Votorantim - SP, proveniente de um caminhão limpa-fossa. Os eletrodos utilizados foram confeccionados com hastes de grafite sólido, por ser considerado um material de baixo custo, fácil manuseio e que apresenta uma maior superfície de contato ((LOGAN et al., 2006)). Os eletrodos empregados nas CCM foram conectados a fios de cobre interligados a um circuito em série fechado juntamente com um resistor de 100 Ω. Em seguida foram realizadas as leituras de corrente e tensão elétrica usando o multímetro digital de bancada Icel Md-9000. Ambas as configurações das CCM foram testadas na ausência e presença de 30 mg/L de alquilbenzeno linear sulfonado (LAS).

Os sistemas descritos foram monitorados por aproximadamente 35 dias, sendo registradas as medidas de corrente elétrica em miliamperes (mA) e tensão elétrica em milivolts (mV) geradas diariamente. Os resultados foram apresentados também em densidade de corrente onde utilizada a área do eletrodo utilizada(mA/m<sup>2</sup>). O cálculo da potência elétrica foi realizado através da seguinte equação:

$$\text{Potência elétrica} = \text{Corrente} \times \text{Tensão} (P = I \times V)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais mostraram que as CCM desenvolvidas utilizando lodo anaeróbio de fossa séptica como inóculo, possuem potencial para geração de energia elétrica. De modo que as CCM com membrana (Figura 3) se mostraram mais efetivas do que sem membrana (Figura 4) no que se refere à potência elétrica miliwatts (mW). As CCM com membrana obtiveram valores máximos de 0,18 a 0,24 mW, enquanto que as CCM sem membrana atingiram valores 0,021 a 0,024 mW. Nota-se que os maiores valores apresentados foram nos experimentos com a adição de LAS.

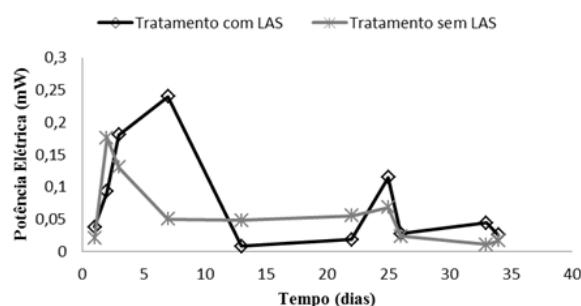


Figura 3: Potência elétrica gerada durante 35 dias de operação da CCM com membrana.

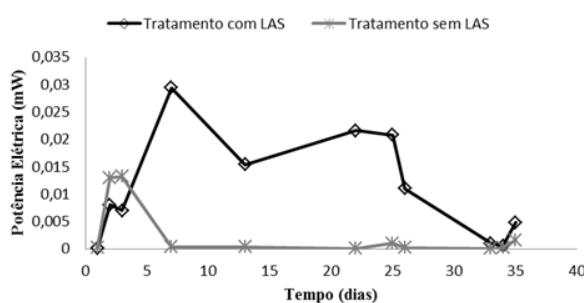


Figura 4: Potência elétrica gerada durante 35 dias de operação da CCM sem membrana.

Inicialmente os valores de potência elétrica exibiram um padrão de crescimento, seguido de uma fase estável, onde na presença de LAS foi de 0,0082 a 0,0182 mW para as CCM com membrana, e para as CCM sem membrana esse valor foi de 0,0154 a 0,0216 mW. Na ausência de LAS a potência elétrica foi de 0,0504 a 0,0682 mW nas CCM com membrana e de 0,0004 a

0,0002 mW para as CCM sem membrana, com o decorrer do tempo observou-se um declínio dos valores monitorados.

Em ambos os modelos de CCM a produção de energia na presença de LAS foi maior após o 5º dia de operação (Figura 3 e 4). No experimento realizado sem a adição de LAS, a potência elétrica em ambas configurações de CCM tiveram seus melhores resultados entre o 1º ao 5º dia, porém, sendo inferiores aos das CCM com LAS. Dessa forma a utilização de LAS apresentou grande influência na energia gerada ao longo dos experimentos.

Durante o período de 35 dias de operação a CCM com membrana (Figura 3) apresentou picos de 0,18, 0,24 e 0,11 mW, no experimento com LAS, no entanto na ausência de LAS as maiores potências encontradas foram 0,17, 0,13 e 0,06 mW. Para as CCM sem membrana (Figura 4) os picos de energia gerados durante a operação com LAS foram de 0,029 e 0,021 mW e sem a adição de LAS os resultados foram de 0,013 e 0,0132 mW.

A adição de LAS também influenciou positivamente a densidade de corrente (Tabela 1), a notou-se que nas CCM sem membrana a maior densidade de corrente foi de 7,5 mA/m² já na CCM com membrana foi de 37,3 mA/m².

Velasquez-Orta et al. (2011) avaliaram o potencial de geração de energia elétrica em CCM tratando diferentes águas residuárias (efluentes de padaria, cervejaria, indústria de papel e laticínio) inoculado com lodo de biodigestor anaeróbio de água residuária municipal. Os autores observaram que a água residuária com maior produção de densidade de corrente foi o efluente da indústria de papel ( $125 \pm 2$  mA/m²), e a composição do biofilme do anodo é influenciada pela água tratada.

Um dos diferenciais com relação às duas CCM foi o emprego da membrana de troca de íons  $H^+$ , que neste experimento foi preparada com ágar, material diferente os modelos convencionais apresentados ((RABAEY; VERSTRAETE, 2005),(SHARMA; KUNDU, 2010),(FAN; HAN; LIU, 2012)). As membranas de troca iônica comumente usadas em CCM apresentam um custo elevado tanto na construção quanto para operação do reator. Nos trabalhos de (JANG et al., 2004) e (LIU; CHENG; LOGAN, 2005) se evidencia o desenvolvimento de CCM sem a utilização da membrana, e demonstram que as reações ocorridas entre os eletrodos são possíveis sem a presença desta isolando os compartimentos aeróbios e anaeróbios. Os benefícios da utilização de CCM para o tratamento de águas residuais mostraram que esta pode ser uma tecnologia limpa, com elevada eficiência por meio da recuperação direta de

## CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

**Tabela 1:** Valores médios de densidade de corrente em ambas configurações de CCM.

Período (dias)	CCM com membrana (mA/m²)		CCM sem membrana (mA/m²)	
	Com LAS	Sem LAS	Com LAS	Sem LAS
1º	14,2	12,7	0,4	0,4
5º	37,3	17,9	5,8	0,8
10º	2,7	17,2	4,6	0,8
15º	9,7	17,9	7,5	0,4
20º	30,6	23,1	6,7	2,1
25º	12,7	10,4	4,6	0,4
30º	14,9	9,0	2,1	0,4
35º	12,7	11,2	2,5	1,7

energia elétrica ((GHANGREKAR; SHINDE, 2007)). Ainda não relatos na literatura sobre a aplicação de CCM na degradação de LAS, no entanto por apresentar compartimentos anaeróbios, o tensoativo pode vir a ser degradado ((MOGENSEN; HAAGENSEN; AHRING, 2003))

## 4 CONCLUSÕES

As células combustíveis microbianas inoculadas com lodo de fossa séptica com e sem membranas de troca de íons H<sup>+</sup> foram capazes de gerar de energia elétrica. A membrana de troca de íons H<sup>+</sup> foi essencial para maior desempenho na produção de energia elétrica em CCM. O ágar bacteriológico pode ser uma alternativa econômica como membrana neste sistema. A adição de alquilbenzeno linear sulfonado favoreceu a geração de energia elétrica em ambas CCM avaliadas.

### Comentário

As inovações tecnológicas juntamente com as novas metodologias pedagógicas contribuíram de forma relevante para o avanço da educação, sobretudo, para a modalidade à distância. Voltada, a princípio, para o acesso de um público adulto à educação, essa modalidade tem assumido o formato da sociedade que a rege, a sociedade da informação (MACHLUP, 1962). Essa modalidade ampliou-se devido a sua universalização, que se deu, de acordo com Litto e Formiga (2008), primeiramente nos países desenvolvidos, como a Inglaterra com a criação da *Open University* no início dos anos 70. Por sua vez, o Brasil não ficou à margem dessa discussão, contando, em 2008, com mais de 175 instituições cre-

denciadas ao Ministério da Educação - MEC, de acordo com o censo EaD (ABED, 2009).

Para o avanço da modalidade à distância, contou-se intensamente, nos últimos anos, com a inserção das tecnologias da informação e comunicação - TICs - na educação, principalmente com a expansão da linguagem digital. Essa expansão foi fruto, sobretudo, da inovação tecnológica no período da Guerra Fria, em que, como se sabe, havia uma concorrência entre os países detentores do poder bélico e tecnológico mundial. Buscava-se expandir essas tecnologias com o intuito de imprimir o poder, como retrata a autora (KENSKI, 2008).

Tempos depois, resultado dessa competição, chegaram à sociedade os avanços tecnológicos, como a internet. A partir de então, a tecnologia passa a ser usada também em prol da educação. A autora acima citada, nesse sentido, aponta uma nova função para as tecnologias na educação: "Esse é também o duplo desafio da educação: adaptar-se aos avanços das tecnologias e orientar o caminho de todos para o domínio e apropriação crítica desses novos meios". (KENSKI, 2008, p. 18)

Moran (2003) complementa a observação de Kenski ao afirmar que a educação online possui um desenvolvimento ainda mais complexo do que o que é realizado no presencial, porque exige uma nova logística. Dessa forma, não podemos utilizar os mesmos materiais e metodologias empregadas no ensino presencial e inseri-las na modalidade a distância. Diante disso, é necessária a incorporação de profissionais que atendam a demanda dos cursos ofertados, nas mais variadas cidades, regiões, ou em cada estado do Brasil, assim como em outros países

## 5 DIRETORIA DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA - IFCE

A Diretoria de Educação a Distância foi criada no ano de 2010, com o objetivo de centralizar e coordenar a oferta de cursos a distância oferecidos pelo IFCE em parceria, principalmente, com o Governo Federal. Esta atua tanto na oferta de cursos à distância que atendem à formação em nível técnico, de graduação, pós-graduação, além da formação de profissionais que possam atuar como difusores das tecnologias da informação e da comunicação dentro e fora da instituição.

Dentre os vários programas e projetos que a DEaD fomenta, destacamos: o Gesac, projeto de inclusão digital, coordenado pelo Ministério das Comunicações em parceria com o Ministério da Educação, Rede Federal de EPCT<sup>1</sup> e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, que busca

<sup>1</sup>Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica - EPCT.

## CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

atingir todo o território nacional; TICs, Tecnologias da Informação e Comunicação, projeto que visa capacitar funcionários dos institutos federais - IFs - para trabalharem com as tecnologias digitais no ensino presencial e a distância; Profucionário, programa que objetiva a formação técnica de profissionais que exercem atividades não-docentes nas escolas públicas brasileiras; SECADI, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade e Inclusão, programa que oferece cursos de especializações para professores, com o objetivo de qualificá-los para temas transversais que estão em voga no âmbito educacional, sobretudo a discussão acerca da diversidade; UAB, Universidade Aberta do Brasil, é um sistema que oferta cursos à distância de nível superior à população que reside em localidades, que, a princípio, não possuem estrutura física para os cursos presenciais; e a Rede e-Tec, Escola Técnica Aberta do Brasil, que oferece educação tecnológica e à distância, visando à expansão e ao acesso de cursos técnicos em nível médio.

Atualmente, a DEaD conta com seis núcleos de EaD que se localizam nos *campi* de Fortaleza, Juazeiro do Norte, Maracanaú, Quixadá e os mais recentes Iguatu e Crato. De acordo com a Instrução Normativa Nº 001/DEAD-NTEAD/2009 (BRASIL, 2009), um Núcleo de EaD "É a estrutura organizacional e física responsável pela operacionalização de políticas, programas, projetos e experiências inovadoras em Educação a Distância (concepção, produção, difusão, gestão e avaliação) articuladas pela Diretoria de Educação a Distância."

Assim sendo, de modo a aumentar a capilaridade da modalidade de EaD no estado do Ceará por intermédio dos *campi* do IFCE, são de fundamental importância a criação e o funcionamento do ente acima citado. Desta maneira, um dos objetivos da Diretoria é fomentar condições, através de formações, reuniões e seminários com a comunidade *IFCeana*, para que os demais *campi* possam ofertar seus cursos na modalidade à distância, através da concepção de seus núcleos e sua consolidação.

## 6 ESCOLA TÉCNICA ABERTA DO BRASIL - REDE E-TEC BRASIL

A lei nº 11.892/08 criou os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia que otimizou a sua expansão em todo o território brasileiro, em substituição à lei nº 9.649/98 que impedia a criação de novos centros federais e escolas técnicas.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>A política neoliberal adotada e privatizações realizadas durante anos de 1995 a 2002 culminaram com o impedimento da expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e

Pacheco (2014) considera que os institutos federais apresentam um novo modelo de educação profissional tecnológica, onde "os Institutos Federais assumem o papel de agentes estratégicos na estruturação das políticas públicas para a região que polarizam, estabelecendo uma interação mais direta junto ao poder público e às comunidades locais".

Dessa forma, um dos objetivos do governo Lula foi a expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica com o intuito de contribuir com o

desenvolvimento sócio-econômico de diversas regiões, permitirá o acolhimento de um público, historicamente, posto à margem de políticas de formação profissional, entre outros benefícios, o que, sem dúvida, contribuirá para uma mais justa ordenação do território brasileiro a partir da inclusão de regiões há tempo excluídas das políticas públicas em Educação Profissional e Tecnológica (PEREIRA, 2014).

Neste viés, temos a criação do Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil por meio do Decreto nº 6.301/07 que regulamentou e impulsionou o ensino técnico a distância. O e-Tec foi lançado pelo governo federal em 2007, com o intuito de ampliar e democratizar o acesso a cursos técnicos de formação profissional e tecnológica a distância em todo o país, de forma pública e gratuita, através do Edital 01/2007/SEED/SETEC/MEC. Esse sistema funciona em parceria com a União, estados, Distrito Federal e municípios.

A estrutura do e-Tec foi baseada no Sistema Universidade Aberta do Brasil que iniciou seu desenvolvimento a partir do Decreto nº 5.800/06. Kassick et al. (2014) expõe sobre essa relação apresentando que

Formatada em convênio com instituições de ensino superior e governos municipais, a Universidade Aberta do Brasil foi implementada em todos os estados brasileiros e, a adesão ao programa, foi tamanha que o governo decidiu, em 2007, criar a escola Técnica do Brasil - e-Tec Brasil, programa de cursos técnicos de nível médio a distância, também em regime de colaboração da união com os estados, municípios e instituições públicas de ensino

Em 2011 através do Decreto nº 7.589 ocorreu à mudança de Sistema e-Tec para Rede e-Tec. Quida (2012, p. 54) afirma que esta mudança não está apenas ligada a nomenclatura, mas a "transposição do sistema para rede

Tecnológica, no período. Para maiores detalhes, sugerimos a leitura do artigo EVOLUÇÃO DA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: AS ETAPAS HISTÓRICAS DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL, disponível em: <http://www.ufc.br/etc/conferencias/index.php/anpedsl/9anpedsl/paper/viewFile/177/103>. Acesso em: 27 mar. 2014.

## CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

implica em permitir a adesão contínua de novas instituições ofertantes e outros entes públicos interessados no estabelecimento de polos de apoio presencial".

Atualmente, a Rede e-Tec integra o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e ao Emprego - Pronatec que foi instituído pela lei nº 12.513/11 com a finalidade de abranger a educação profissional no ensino presencial e a distância, possibilitando assim criação de cursos para atender a demanda do mercado e atingir os públicos alvos. Abrange também o projeto e-Tec idiomas<sup>3</sup>, que visa oferecer cursos de idiomas para toda a Rede Federal, como processo de internacionalização do ensino profissional. A Rede e-Tec também é responsável por capacitar professores de Rede Pública de Ensino, oferecendo a especialização em PROEJA<sup>4</sup> (Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos).

Desta forma, temos o MEC como o responsável pela assistência financeira na elaboração dos cursos. Aos estados, Distrito Federal e municípios, cabe providenciar estrutura, equipamentos, recursos humanos, manutenção das atividades e demais itens necessários para a instituição dos cursos. A meta é atender mais de 270 mil pessoas, até o final de 2014.

### 7 REDE E-TEC BRASIL/IFCE

No Ceará, a Rede e-Tec trabalha a oferta dos seus cursos através do IFCE, mediante o estabelecimento de convênios com as prefeituras de nove municípios. Estas são responsáveis por oferecer e manter uma escola, de natureza municipal ou estadual, que, após ser avaliada favoravelmente pela Coordenação Geral Institucional da Rede e-Tec Brasil através de visita *in loco* e ser aprovada pelo Conselho Superior do IFCE (CONSUP), através de portaria autorizativa, passa a ser denominada polo de apoio presencial.

O ano de 2009 foi o primeiro ano de oferta dos cursos da Rede e-Tec no estado do Ceará, sendo disponibilizadas 450 vagas distribuídas nos cursos de Edificações, Eletrotécnica, Informática e Segurança do Trabalho nos polos de Aracati, Caucaia, Crateús, Horizonte, Mauriti e Quixeramobim.

Contamos, atualmente, com quinze polos nos seguintes municípios: Aracati, Campos Sales, Caucaia, Crateús, Fortaleza<sup>5</sup>, Horizonte, Mauriti, Pacajus, Qui-

<sup>3</sup>O IFCE é o responsável pela elaboração do material de Língua Inglesa para fins comunicativos que será utilizado pelos demais institutos

<sup>4</sup>O Instituto Federal do Ceará planeja oferecer a primeira turma de especialização em PROEJA em 2014.2 na modalidade à distância.

<sup>5</sup>Um Centro Vocacional Tecnológico - CVT Portuário e cinco

xeramobim, Russas e Tauá. Nesses municípios, temos a oferta dos seguintes cursos: Edificações, Eletrotécnica, Informática, Segurança do Trabalho, Meio Ambiente e Rede de Computadores, bem como os cursos do Profissional (Programa de Formação Inicial em Serviço dos Profissionais da Educação Básica dos Sistemas de Ensino Público), nas formações técnicas de Secretaria Escolar, Infraestrutura Escolar e Alimentação Escolar, atendendo, desde a sua implantação até hoje, um total de 2.045 alunos.

O somatório de alunos matriculados durante o período 2012.1 até 2013.1 foi de 3.058 matrículas efetivadas. Na Tabela 2 temos o quadro comparativo de ofertas de vagas dos cursos da Rede e-Tec e do Profissional e a evolução de oferta de cursos.

**Tabela 2:** Oferta comparativa do número de vagas de 2009 e 2013.  
Fonte: Rede e-Tec/IFCE

Cursos	Vagas	
	2009	2013
Alimentação Escolar	0	320
Edificações	50	280
Eletrotécnica	200	240
Informática	300	160
Infraestrutura Escolar	0	360
Meio Ambiente	0	240
Redes	0	240
Secretariado Escolar	0	480
Segurança do Trabalho	200	280
Total	750	2600

Na Tabela 3, apresentamos a quantidade de cursos por polo.

Além disso, estamos em processo de aprovação pelo Conselho Superior de cinco cursos e que, uma vez aprovados, serão oferecidos no segundo semestre de 2014. São eles: Técnico em Comércio, Técnico em Agronegócios, Técnico em Química, Técnico em Automação Industrial e Técnico em Multimeios Didáticos, este último no âmbito do Profissional, ampliando ainda mais a abrangência da atuação da Rede e-Tec Brasil no Ceará, através do IFCE, conforme se apresenta na Tabela 4. Três polos também estão em fase de aprovação: Limoeiro, Hidrolândia e Jaguaruana.

Assim, os quadros acima expostos têm revelado uma ampliação gradativa do raio de abrangência da Rede e-Tec Brasil, no IFCE, bem como uma difusão de práticas formativas de EaD, no nível técnico, sendo assumida por demais campi deste Instituto.

**CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS**

**Tabela 4:** Estimativa de vagas para 2014.2. Fonte: Rede e-Tec/IFCE.

Cursos/Pulos	Aracati	Horizonte	Tauá	Caucaia	Crateús	Quixeramobim	Mauriti	Pacajus	Campinas Sales	Porto de Galinhas	Russas	Janguruçu	Lagamar	S. Bernardo	Conj. Ceará	Mucuripe	Parque S. José	Litorâneo	Hidrolândia	Jaguanáama	<b>TOTAL</b>
Eletrotécnica	50						50			50	50										200
Segurança do Trabalho			50				50		50												150
Meio Ambiente	50	50				50				50											200
Edificações				50	50		50		50		50										100
Informática						50															250
Redes de Computadores	50					50															100
Comércio Agronegócio				50		50		50													100
Secretaria Escolar			50	50																50	200
Alimentação Escolar			50						50												100
Infraestrutura Escolar																			50	50	100
Multimeios Didáticos				50	50		50	50	50												250
Química	50																				100
Automação Industrial			50	50																	100
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>2050</b>	

 Polos e cursos existentes  
 Polos e cursos em processo de aprovação

**Tabela 3:** Oferta comparativa da quantidade de polos de 2009 e 2013.  
Fonte: Rede e-Tec/IFCE

Polo	2009	2013
Caucaia	1	7
Tauá	0	8
Mauriti	2	7
Quixeramobim	3	6
Horizonte	3	3
Campos Sales	0	5
Fortaleza	0	10
Russas	0	6
Pacajus	0	3
Crateús	3	3
Aracati	3	2
Total de oferta de cursos	15	60

## 8 OS PAPÉIS NA EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

A EaD, dada a sua especificidade, demanda uma equipe com atribuições definidas, voltadas a sua oferta. Neste sentido, Kenski (2008) discute a necessidade da combinação de diferentes competências profissionais para atuar nessa modalidade, pelo fato de que as concepções e as abordagens vivenciadas em suas práticas anteriores contribuem no fortalecimento da equipe multidisciplinar. Os profissionais na modalidade presencial, tais como: professores, monitores, pedagogos, escritórios,

entre outros, assumem, na educação a distância, uma nova nomenclatura e papéis semelhantes a suas práticas anteriores, porém com o intermédio do computador e de outras ferramentas tecnológicas.

A DEaD, no patamar administrativo, é composta pelas funções descritas na Tabela 5.

Já a equipe de produção é composta por profissionais multidisciplinares que exercem seu trabalho em áreas específicas, dividindo-se em equipes técnica e pedagógica, o que se denomina de grupo técnico-pedagógico. Guedes (2010) busca descrever cada propósito e ação que esses profissionais terão no desenvolvimento de seu trabalho na Tabela 5.

Na Tabela 6, poderemos visualizar as definições da autora.

Essa é a estrutura, descrita por Guedes, que se aplica à maior parte dos programas da DEaD no IFCE. No entanto, diante da especificidade de cada projeto fomentado por esta Diretoria, foram necessárias reformulações nos papéis dos profissionais envolvidos para que atendesse às particularidades da estrutura pedagógica de cada programa. Seguindo a mesma linha de raciocínio, no e-Tec, criou-se um formato que atendesse às especificidades dos profissionais que atuam nos cursos técnicos à distância.

A seguir, a exemplo do quadro exposto anteriormente com as funções da equipe pedagógica de grande parte dos projetos da DEaD, apresenta-se o quadro com as funções pedagógicas do e-Tec no IFCE, conforme

CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

**Tabela 5:** Descrição das funções da equipe administrativa da DEaD. Fonte: rede e-Tec/IFCE

DEad								
Rede e-Tec - Coordenação Geral								
Coordenação Adjunta e-Tec / Coordenação adjunta Profissional								
Equipe técnico-pedagógica Coordenações de Curso <sup>6</sup>					Equipe administrativa			
Professor Formador	Designer Instrucional	Administrador do Moodle	Coordenação de Polo	Coordenação de tutoria		Secretária Geral	Financeiro	
				Tutor	Secretários de curso	Compras Requisições	Viagens Diárias	Recursos Humanos
				Tutor a distância	Tutor presencial	Bolsas		Documentação

**Tabela 6:** Descrição das funções da Equipe Pedagógica da DEaD Fonte: Guedes (2010, p. 33)

Equipe Pedagógica da DEaD	
Professor Conteudista	Responsável pela elaboração, criação intelectual do conteúdo e de todo o material didático voltado para as mídias web e impresso.
Professor Formador	A maior função do formador é acompanhar as ações do professor-tutor a distância. É ele quem faz reuniões, elabora provas e tarefas das respectivas disciplinas.
Tutor a distância	O professor-tutor a distância trabalha diretamente com o aluno, é ele quem faz toda a interação no AVA. O objetivo do tutor é lidar com o conteúdo das disciplinas de forma a promover e estimular a aprendizagem do aluno.
Tutor presencial	O professor-tutor presencial trabalha no mesmo município em que o aluno está matriculado. É ele quem dá o suporte técnico do ambiente virtual (AVA), bem como é o responsável pelo acompanhamento do aluno no polo.
Revisor	Responsável pela revisão textual, gramatical e ortográfica do material desenvolvido na Diretoria de Educação a Distância -DEAD.
Designer Instrucional (DI)	Responsável pela transição didática dos conteúdos, isto é, responsável pela adequação do conteúdo para as três mídias utilizadas na UAB/IFCE; também é encarregado da preparação do roteiro para a produção de vídeo, vídeo aula e animação.

**Tabela 7:** Descrição das funções da Equipe Técnico - Pedagógica da Rede e-Tec Brasil.

Equipe Técnico - Pedagógica da Rede e-Tec	
Coordenador de Tutoria	O coordenador de tutoria é responsável por acompanhar a atuação didático-pedagógica de professores formadores e tutores nas atividades presenciais e online, bem como coordenar, supervisionar e participar das atividades de capacitação e atualização do corpo docente dos cursos do e-Tec.
Professor Formador	A função do formador é adequar e/ou criar o material didático, além de planejar a disciplina, criando tarefas e coordenando a equipe de tutores, acompanhando suas ações.
Tutor a distância	O professor-tutor a distância trabalha diretamente com o aluno, é ele quem faz toda a interação no AVA. O objetivo do tutor é lidar com o conteúdo das disciplinas de forma a promover e estimular a aprendizagem do aluno.
Tutor presencial	O professor-tutor presencial trabalha no mesmo município em que o aluno está matriculado. É ele quem dá o suporte técnico do ambiente virtual (AVA), bem como é o responsável pelo acompanhamento do aluno no polo.
Designer Instrucional (DI)	Responsável pela transição didática dos conteúdos, isto é, responsável pela adequação do conteúdo para a mídia solicitada; também é responsável pela revisão textual, gramatical e ortográfica do material didático produzido.
Administrador do Moodle	Responsável pela postagem do material didático no AVA, dando suporte técnico ao restante da equipe e aos alunos.

susas especificidades.

Dentre as principais mudanças nas funções da

equipe do e-Tec, destacamos a relacionada ao papel do professor formador que, ao invés de apenas acompanhar e gerenciar as ações dos tutores no ambiente Moodle<sup>7</sup>, quando necessário, exerce a função de professor autor<sup>8</sup>, desenvolvendo o material de cada disciplina em que atua pautado nas diretrizes do Currículo Referência para o e-Tec Brasil<sup>9</sup>. Dessa forma, o professor formador assume total responsabilidade pela disciplina, tanto no desenvolvimento do conteúdo web como no acompanhamento dos tutores no ambiente virtual de aprendizagem. Outra função diferenciada no âmbito do e-Tec diz respeito ao do designer instrucional, que além de ser o responsável pela transição didática do material, como bem observou Guedes, faz a revisão textual do material. Desse modo, temos o seguinte quadro de organização da equipe pedagógica no e-Tec.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo procurou apresentar uma panorâmica do crescimento da Rede e-Tec Brasil, no Ceará, no âmbito do IFCE, ao longo de cinco anos de oferta de cursos. Assim sendo, os dados apresentados têm evidenciado que o crescimento progressivo do programa tem se aliado ao surgimento, à ampliação e ao refinamento das funções da equipe técnico-pedagógica, atendendo as suas especificidades.

A interiorização do ensino técnico, oferecido na modalidade semipresencial, resulta, dessa maneira, de um esforço institucional do IFCE e seus campi envolvidos e da Diretoria de EaD, de modo a garantir que mais municípios do estado tenham acesso a este nível de ensino, procurando não prescindir da qualidade presente no curso presencial.

Finalmente, o passo futuro deste estudo se relaciona à necessidade de investigar os impactos sociais e econômicos da formação oferecida nos municípios que abrigam os cursos técnicos da Rede e-Tec Brasil, de modo a avaliar a sua eficácia e desenvolver possíveis reordenamentos de ações no estado.

<sup>7</sup>Ambiente Virtual de Aprendizagem, plataforma virtual Moodle, onde ocorrem as aulas a distância oferecidas pelo IFCE

<sup>8</sup>No caso específico da Rede e-Tec, os materiais impressos têm sido elaborados por universidades públicas e institutos federais, integrantes da rede, encarregados pelo MEC para tal tarefa, sendo levada em consideração a expertise da instituição num eixo tecnológico oferecido

<sup>9</sup>O Currículo Referência para o e-Tec Brasil foi divulgado em 2010 em sua versão preliminar e elaborado coletivamente por professores e coordenadores dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e das Escolas Técnicas Profissionais Estaduais, em atuação no programa

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### REFERÊNCIAS

- ABED. *Censo EaD*. São Paulo, 2009.
- ALVES, J. R. M. *A História da EaD no Brasil*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.
- ANGELIDAKI, I.; PETERSEN, S.; AHRING, B. Effects of lipids on thermophilic anaerobic digestion and reduction of lipid inhibition upon addition of bentonite. *Applied microbiology and biotechnology*, Springer, v. 33, n. 4, p. 469–472, 1990.
- BELLAN, Z. S. *Andragogia em ação: como ensinar adultos sem se tornar maçante*. São Paulo: SOCEP, 2005.
- BELLUSCI, S. M. *Envelhecimento e condições de trabalho em servidores de uma instituição judiciária: Tribunal Regional Federal da 3ª Região*. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) — Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. 101 f.
- BRASIL. *Portaria Normativa Nº 001/DEAD-NTEAD/2009. DEaD, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará*. Fortaleza, 2009.
- BRASIL. *Termo de Referência para o Plano Anual de Capacitação Continuada (PACC)*. Fortaleza, 2011.
- BRASIL, F. d. E. p. E. Projeto: *Universidade Aberta do Brasil*. 2011. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/universidade.pdf>>.
- BRASIL, M. d. E. Portaria Nº N° 4.059, de 10 de dezembro de 2004. 2012. Disponível em: <<http://meclegis.mec.gov.br/documento/view/id/89>>.
- CAI, M.; LIU, J.; WEI, Y. Enhanced biohydrogen production from sewage sludge with alkaline pretreatment. *Environmental science & technology*, ACS Publications, v. 38, n. 11, p. 3195–3202, 2004.
- CATAPAN, A. H.; KASSICK, C. N.; OTERO, W. R. I. *Currículo referência para o sistema E-TEC Brasil: uma construção coletiva*. Florianópolis: PCEADIS/CNPq, 2011.
- CHEN, B.-Y.; XU, B.; QIN, L.-J.; LAN, J. C.-W.; HSUEH, C.-C. Exploring redox-mediating characteristics of textile dye-bearing microbial fuel cells: thionin and malachite green. *Bioresource technology*, Elsevier, v. 169, p. 277–283, 2014.

CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

---

- DU, Z.; LI, H.; GU, T. A state of the art review on microbial fuel cells: a promising technology for wastewater treatment and bioenergy. *Biotechnology advances*, Elsevier, v. 25, n. 5, p. 464–482, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). EPE- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Balanço Energético Nacional 2014*. Rio de Janeiro., 2014.
- FAN, Y.; HAN, S.-K.; LIU, H. Improved performance of cea microbial fuel cells with increased reactor size. *Energy & Environmental Science*, Royal Society of Chemistry, v. 5, n. 8, p. 8273–8280, 2012.
- GARCIA, M.; CAMPOS, E.; RIBOSA, I.; LATORRE, A.; SÁNCHEZ-LEAL, J. Anaerobic digestion of linear alkyl benzene sulfonates: biodegradation kinetics and metabolite analysis. *Chemosphere*, Elsevier, v. 60, n. 11, p. 1636–1643, 2005.
- GHANGREKAR, M.; SHINDE, V. Performance of membrane-less microbial fuel cell treating wastewater and effect of electrode distance and area on electricity production. *Bioresource Technology*, Elsevier, v. 98, n. 15, p. 2879–2885, 2007.
- GOMEZ, M. V. *Cibercultura, formação e atuação docente em rede: guia para professores*. Brasília: Liberlivro, 2010.
- GUEDES, J. d. F. *Produção de material didático para EAD no curso de licenciatura em matemática: o caso da UAB/IFCE*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Educação)) — Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- JANG, J. K. et al. Construction and operation of a novel mediator-and membrane-less microbial fuel cell. *Process Biochemistry*, Elsevier, v. 39, n. 8, p. 1007–1012, 2004.
- KASSICK, C. N.; BENTO, J. S.; DUTRA, P. R. S.; PEIXOTO, K. E. v. S. *A gestão institucional dos cursos profissionais técnicos de nível médio na modalidade a distância oferecidos pela Rede e-Tec Brasil: dificuldades à sua implantação*. 2014. Disponível em: <<http://www.anpae.org.br/simposio26/1comunicacoes/ClovisKassick-ComunicacaoOral-int.pdf>>.
- KENSKI, V. *Processos de interação e comunicação no ensino mediado por tecnologias*. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.
- KENSKI, V. M. *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. Campinas, 2008.
- LITTO, F. M.; FORMIGA, M. *Educação a distância: o estado da arte*. São Paulo: Pearson Education, 2008.
- LIU, H.; CHENG, S.; LOGAN, B. E. Production of electricity from acetate or butyrate using a single-chamber microbial fuel cell. *Environmental science & technology*, ACS Publications, v. 39, n. 2, p. 658–662, 2005.
- LOGAN, B. E. et al. Microbial fuel cells: methodology and technology. *Environmental science & technology*, ACS Publications, v. 40, n. 17, p. 5181–5192, 2006.
- MACHLUK, F. *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton: Princeton University Press, 1962.
- MARCON, L. *Potencialidade da célula combustível microbiana para geração de energia elétrica a partir de esgoto sanitário*. 2011. Dissertação (Mestrado) — Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)—Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 6<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- MOGENSEN, A. S.; HAAGENSEN, F.; AHRING, B. K. Anaerobic degradation of linear alkylbenzene sulfonate. *Environmental toxicology and Chemistry*, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 706–711, 2003.
- MORAN, J. M. *Contribuições para uma pedagogia da educação on-line*. São Paulo: Loyola, 2003.
- PACHECO, E. *Os Institutos Federais: uma revolução na Educação Profissional e Tecnológica*. 2014. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/insti\\_evolucao.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/insti_evolucao.pdf)>.
- PEREIRA, L. A. C. *A expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica*. 2014. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/artigos\\_caldas.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf2/artigos_caldas.pdf)>.
- QUIDA, M. M. *A política social da educação técnica a distância na rede e-Tec Brasil*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal Fluminense, Escola de Serviço Social, Rio de Janeiro, 2012.
- RABAHEY, K.; VERSTRAETE, W. Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. *TRENDS in Biotechnology*, Elsevier, v. 23, n. 6, p. 291–298, 2005.

CÉLULA COMBUSTIVEL MICROBIANA USADA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E TENSOATIVOS ANIÔNICOS

---

- RACHINSKI, S.; CARUBELLI, A.; MANGONI, A. P.; MANGRICH, A. S. Pilhas de combustíveis microbianas utilizadas na produção de eletricidade a partir de rejeitos orgânicos: uma perspectiva de futuro. *Quim. Nova*, v. 33, n. 8, p. 1773–1778, 2010.
- SALES, G. L. *Learning Vectors: Um Modelo de Avaliação da Aprendizagem em EaD Online Aplicando Métricas Não-Lineares*. Tese (Tese de doutorado em Engenharia de Teleinformática) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Área de concentração: Eletromagnetismo, Orientador: Prof. Dr. Giovanni Cordeiro Barroso.
- SARKAR, A.; SINGH, J. Financing energy efficiency in developing countries—lessons learned and remaining challenges. *Energy Policy*, Elsevier, v. 38, n. 10, p. 5560–5571, 2010.
- SAYED, E. T.; TSUJIGUCHI, T.; NAKAGAWA, N. Catalytic activity of baker's yeast in a mediatorless microbial fuel cell. *Bioelectrochemistry*, Elsevier, v. 86, p. 97–101, 2012.
- SHARMA, V.; KUNDU, P. Biocatalysts in microbial fuel cells. *Enzyme and Microbial Technology*, Elsevier, v. 47, n. 5, p. 179–188, 2010.
- SINGH, R.; AGRAWAL, M. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste management*, Elsevier, v. 28, n. 2, p. 347–358, 2008.
- VELASQUEZ-ORTA, S.; HEAD, I.; CURTIS, T.; SCOTT, K. Factors affecting current production in microbial fuel cells using different industrial wastewaters. *Bioresource technology*, Elsevier, v. 102, n. 8, p. 5105–5112, 2011.
- WANG, H.; JIANG, S. C.; WANG, Y.; XIAO, B. Substrate removal and electricity generation in a membrane-less microbial fuel cell for biological treatment of wastewater. *Bioresource technology*, Elsevier, v. 138, p. 109–116, 2013.
- WANG, H.; QIAN, F.; LI, Y. Solar-assisted microbial fuel cells for bioelectricity and chemical fuel generation. *Nano Energy*, Elsevier, v. 8, p. 264–273, 2014.
- XIAO, B.; YANG, F.; LIU, J. Evaluation of electricity production from alkaline pretreated sludge using two-chamber microbial fuel cell. *Journal of hazardous materials*, Elsevier, v. 254, p. 57–63, 2013.
- ZHANG, B. et al. A novel uasb–mfc–baf integrated system for high strength molasses wastewater treatment and bioelectricity generation. *Bioresource Technology*, Elsevier, v. 100, n. 23, p. 5687–5693, 2009.