

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

01. PROPONENTE

Nome Elise Sommer Watzko	Data de nascimento 16/09/1984	CPF 040.138.509-40
RG Não informado	Nacionalidade Brasileira	Titulação Doutorado
Profissão Professora	Endereço Pedro João Pereira	Bairro Mato Alto
Número 120	Complemento Não informado	CEP 88905120
Município Araranguá	UF Santa Catarina	E-mail elise.sommer@ufsc.br
Telefone (48) 996371682	Celular (48) 37217162	

02. INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES

- RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROJETO E PELO RECEBIMENTO DO RECURSO
Pesquisador (pessoa física)

- INSTITUIÇÃO PROPONENTE
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
83.899.526/0001-82
Ubaldo Cesar Balthazar
169.288.149-34
Proponente

- INSTITUIÇÃO(ÕES) PARTICIPANTE(S)
*Esse campo não é obrigatório.

Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC)
83.649.830/0001-71
Fernando Luiz Zancan
296.520.650-72
Parceira

Universidade Federal do Paraná (UFPR)
75.095.679/0001-49
Parceira

03. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

- SELEÇÃO DE CATEGORIA
*Esse campo não é obrigatório.

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Nome

Categoria Única

Descrição

Item 5.5 do Edital: Cada proposta poderá ter valor mínimo de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) e máximo de R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais) a serem repassados em parcela única, para despesas de capital e despesas correntes.

Valor mínimo de financiamento (R\$)

R\$ 20.000,00

Valor máximo de financiamento (R\$)

R\$ 80.000,00

Financiamento máximo da categoria (R\$)

R\$ 4.000.000,00

• TÍTULO DO PROJETO

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão

• FINALIDADE

No processo de extração de carvão de cada 100 t retiradas do subsolo, 35 t consistem em carvão e 65 t são rejeitos (pirita) que podem gerar a drenagem ácida de mina (DAM). Conforme a Ação Civil Pública (ACP) nº 938000533-4, são cerca de 6000 ha de áreas degradadas pela mineração de carvão. A ACP estabelece cobrança firme sobre as carboníferas para o cumprimento da sentença que inclui a exigência de novos programas de recuperação de áreas degradadas. Como critérios técnicos de recuperação, foram discutidos a qualidade da água e o cessamento da DAM. Diante do cenário atual, as células combustíveis microbianas (CCM) representam uma alternativa ao tratamento de recursos hídricos contaminados por rejeitos de carvão, através da remoção de metais, sulfatos e elevação de pH, com diferencial inovativo de geração de energia limpa, renovável e sustentável e receita partir de um passivo ambiental. Um estudo de modelagem matemática pode contribuir para encontrar condições operacionais e construtiva

• WEBSITE DO PROJETO

*Esse campo não é obrigatório.

Não informado

• PÚBLICO ALVO

Pesquisador (pessoa física)

O tratamento de da drenagem ácida de mina, produto da lixiviação de resíduos minerais produzidos pelos rejeitos da mineração do carvão e a produção de energia sustentável são preocupações marcantes dos órgãos públicos estaduais e municipais.

Os Pesquisadores com diversas formações (engenharia, física, química biologia), focados nesta questão, poderão usar de suas competências para proporem estratégias para minimização dos impactos indesejáveis causados pela DAM. Para isso necessitam de recursos materiais (equipamentos, reagentes) e humanos.

Instituições de Ciência Tecnologia e Inovação (ICTIs)

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Inicialmente, este projeto têm como público alvo Instituições de Ciência e Tecnologia, em particular o Centro de Ciências da Saúde e Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina /Araranguá, uma vez que deverá proporcionar infraestrutura básica e formação de recursos humanos (estudantes de graduação e de pós-graduação) para que, sob orientação de pesquisadores de alto nível, proponham, estudem e desenvolvam uma estratégia de minimização dos impactos ambientais gerados pela lixiviação de resíduos minerais produzidos pelos rejeitos da mineração do carvão além modelagem matemática visando maximizar a energia produzida pelas Células Combustíveis Microbiológicas.

Empresas
descrição empresas

- PALAVRAS-CHAVE
Energia Renovável; Tratamento de Efluentes; Células de Combustível Microbianas; Modelagem Matemática; Drenagem Ácida de Mina.
- PRINCIPAL MUNICÍPIO DA REALIZAÇÃO DA PESQUISA
Araranguá
- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL
Agência de Desenvolvimento Regional de Araranguá
- ÁREA DO CONHECIMENTO
 - Engenharias
 - Engenharia Química
 - Tecnologia Química
 - **Tratamentos e Aproveitamento de Rejeitos**
- SETOR CNAE
 - ÁGUA, ESGOTO, ATIVIDADES DE GESTÃO DE RESÍDUOS E DESCONTAMINAÇÃO
 - DESCONTAMINAÇÃO E OUTROS SERVIÇOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS
 - **Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos**

04. DESCRIÇÃO DO PROJETO

- RESUMO DO PROJETO
As CCMs são uma nova alternativa sustentável para a produção de energia elétrica e tratamento de efluentes. Este estudo tem como objetivo desenvolver a modelagem matemática para uma CCM visando o tratamento de efluentes com elevado teor de metais pesados e sulfatos (drenagem ácida de mina, DAM) produzidos nas atividades de extração de carvão.
Existem limitações que impedem a ampla utilização das CCM, dentre elas a principal é a baixa potência produzida, que restringe sua utilização em componentes eletrônicos. Sendo assim, um estudo de modelagem matemática pode contribuir para encontrar condições operacionais e construtivas visando maior eficiência.

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Este projeto tem como proposta, além da modelagem matemática, a simulação, ajuste de parâmetros e validação experimental do modelo desenvolvido.

Com esses propósitos, serão desenvolvidas as seguintes estratégias: (1) Avaliar experimentalmente o desempenho da CCM em relação à produção de energia à eficiência de remoção de DQO e redução da concentração de sulfatos e íons de ferro na DAM; (2) Modelar matematicamente a produção de energia da CCM considerando os parâmetros operacionais e construtivos que possam afetar o seu desempenho; (3) Ajustar os parâmetros do modelo para casos selecionados; (4) Validar experimentalmente o modelo desenvolvido e (5) Realizar a análise paramétrica dos resultados numéricos, buscando otimizar o desempenho da CCM.

Os resultados obtidos por esses estudos implicarão, não apenas, na minimização de impactos ambientais da mineração de carvão, diminuição dos custos da tecnologia de células a combustível, impulso da utilização desta tecnologia, mas também na formação de recursos humanos, à medida que esses estudos envolverão a participação de estudantes de graduação do curso de Engenharia de Energia – UFSC e do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia e Sustentabilidade

• DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

A mineração do carvão é considerada uma importante atividade econômica no mundo, inclusive no Brasil. Aproximadamente 85% das fontes comerciais de energia utilizadas no mundo são oriundas de combustíveis fósseis tais como o carvão, petróleo e gás natural. No Brasil, o carvão mineral contribui com uma pequena parcela da matriz energética, sendo de 5,8 % da parcela de 54,7% das fontes proveniente de recursos não renováveis, conforme reporta o Relatório Estatístico Anual disponibilizado pelo Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2019).

A atividade carbonífera no Brasil concentra-se na região Sul, onde tem papel relevante na economia dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e, com menor importância, no Paraná. Estes estados produziram, respectivamente, 6.467.265; 3.626.298 e 390.000 toneladas de carvão bruto no ano de 2017 (SIECESC, 2018). A má deposição dos rejeitos da extração de carvão ocasiona diversos problemas de impacto ambiental, dentre eles a drenagem ácida de mina (DAM), que resulta da lixiviação de metais pesados presentes no rejeito carbonoso.

A contaminação das águas ocorre principalmente pela oxidação do enxofre, com produção de sulfato, devido ao contato do rejeito piritoso exposto a atmosfera e umidade, resultando em um lixiviado ácido contendo metais (Pb, Fe, Cd, Cu, Zn) (HAI et al., 2016) sendo este fenômeno que caracteriza a DAM.

De acordo com o 13o Relatório de Monitoramento dos Indicadores Ambientais de 2019, as bacias do Rio Araranguá, Urussanga e Tubarão têm respectivamente 474, 265,6 e 501,7 km de extensão de rios contaminados por mineração de carvão e destes um total de 352, 175,4 e 301 km apresentam pH inferiores a 4,5. Esse efluente ácido, que contém íons metálicos potencialmente tóxicos para vida aquática, possui a capacidade de alterar o equilíbrio ecológico do ambiente.

A DAM é um problema ambiental mundialmente conhecido, que produz águas ácidas com pH inferiores a 4 e altas concentrações de metais pesados e sulfatos, contaminando solos e águas subterrâneas e superficiais (LEIVA; LEIVA-ARAVENA; VARGAS, 2016; PENG et al., 2017; FOU DHAILI et al., 2019).

Sulfetos ferrosos, especialmente a pirita e pirrotita são minerais frequentemente encontrados em rejeitos de mineração e que são responsáveis pela produção de DAM com concentrações elevadas de ferro (>500 mg/L) (FOU DHAILI et al., 2019).

Por essas características, a DAM é extremamente tóxica para organismos aquáticos devido à alta acidez e aos metais solubilizados. Portanto, o tratamento da DAM é indispensável para posterior descarte, visando proteção ambiental e desenvolvimento

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

sustentável para indústrias de mineração (PENG et al., 2017).

As células de combustível microbianas (CCM) são uma alternativa sustentável para a produção de energia elétrica simultaneamente ao tratamento de efluentes. Entretanto, existem limitações que impedem a ampla utilização das CCMs, dentre elas a principal é a baixa potência produzida, que restringe sua utilização em componentes eletrônicos. (XIA et al., 2018). Dentro do escopo deste projeto, um estudo de modelagem matemática pode contribuir para encontrar condições operacionais e construtivas visando maior eficiência.

• JUSTIFICATIVA

A mineração do carvão é considerada uma importante atividade econômica no sul do Brasil. A má disposição dos rejeitos da extração de carvão ocasiona diversos problemas ambientais, dentre eles a DAM, impactando a bacia hidrográfica da região. A execução do projeto proposto irá contribuir com a sociedade nas seguintes dimensões:

Ambiental: Proposição de tratamento para um passivo ambiental, utilizando-se de princípios naturais físicos, químicos e biológicos para precipitação e oxirredução dos metais pesados da DAM. Santa Catarina possui cerca de 6000 hectares de terras improdutivas devido a exploração inadequada do carvão mineral e da má disposição dos rejeitos do processo, contaminando águas de rios importantes para a região. Muitas das águas contaminadas não foram tratadas até então, e existem diversas lagoas ácidas desativadas por mineradoras que não estão mais em atividade. Sendo assim, esta proposta atende aos objetivos 6 e 15 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, que visam garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e proteger e recuperar o uso sustentável de ecossistemas terrestres e aquáticos.

Social: Recuperação química de corpos hídricos impactados pela DAM, que trazem prejuízo à saúde da população do entorno. Além disso, grande parte dos recursos hídricos da região atende à agricultura. Visualmente, altera o aspecto do efluente, a exemplo dos diversos rios contaminados pela exploração do carvão, os famosos rios vermelhos muito presentes nas cidades catarinenses.;

Econômica: Baixo custo operacional e de investimento, devido a utilização de resíduos, pela geração de energia. Além disso, a energia gerada pode ser utilizada em algumas das etapas do processo de tratamento de efluentes. Elimina etapas de tratamento de aeração e manipulação de sólidos.

A energia elétrica renovável e gerada sustentavelmente pelo tratamento proposto pode servir para fins industriais, como iluminação de estação de tratamento de efluentes da empresa e promovendo uma economia de energia por fonte alternativa oriunda de um passivo que é extremamente tóxico e deve ser recuperado por lei. A modelagem matemática desses sistemas será um meio eficiente de obter um entendimento minucioso dos efeitos das condições operacionais no desempenho desses sistemas em gerar energia, além de ser uma importante ferramenta para a implementação bem sucedida das CCMs. Sendo assim, esta proposta atende ao objetivo 7 dos ODS da ONU que visa garantir acesso à energia barata, confiável e sustentável.

Neste contexto, a execução deste projeto atende aos objetivos do Edital FAPESC 12/2020 e com a Estratégia Nacional de C, T & I uma vez que seus resultados contribuirão para o desenvolvimento regional, o tratamento de um passivo ambiental, produção de energia sustentável e de menor custo.

• APLICABILIDADE DOS RESULTADOS E POTENCIAIS IMPACTOS

Produto: CCM com parâmetros otimizados visando geração de energia e tratamento de DAM

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Aplicabilidade: Tratamento de DAM com geração simultânea de energia renovável, primeiramente em escala laboratorial e posteriormente em escala piloto.

Impactos: Redução do teor de íons metálicos contaminantes da drenagem ácida mineral, gerada pela extração de carvão na região sul catarinense. O processo permitirá a geração de energia que poderá ser utilizada no próprio tratamento da DAM, minimizando os gastos na recuperação deste passivo ambiental.

Produto: Modelo matemático que representa o desempenho da CCM

Aplicabilidade: Possibilidade de prever a energia produzida e o tratamento da DAM em função de diversas configurações operacionais e construtivas, identificando parâmetros e características que resultem em perdas de potencial e assim diminuam a energia elétrica produzida.

Impactos: O entendimento do funcionamento dos sistemas aproximará a tecnologia da viabilidade para ampla utilização, podendo ser utilizado como ferramenta de otimização e design, visando a maximização da potência produzida e redução de custos.

Produto: Dissertações de mestrado (pelo menos 2), trabalhos de conclusão de cursos (pelo menos 4), iniciação científica (3)

Aplicabilidade: Contribuição na formação de profissionais com qualificação para propor soluções para questões ambientais e produção de energias alternativas.

Impactos: Formação de recursos humanos que contribuam com a geração, difusão e projeção dos conhecimentos e processos desenvolvidos no âmbito deste projeto.

Produto: Artigos científicos (2) e apresentação de trabalhos em eventos científicos (4).

Aplicabilidade: Divulgação dos resultados, contribuição para o estado da arte da tecnologia e avanço.

Impactos: Difusão do conhecimento e construção de parcerias com potenciais interessados (empresas, comunidade, setor público).

Produto: Patentes

Aplicabilidade: Proteção a inovação e propriedade intelectual

Impactos: Tecnologia melhorada, reconhecimento científico e geração de recursos financeiros.

• OBJETIVO GERAL

Modelar matematicamente o desempenho de uma Célula Combustível Microbiana de duas câmaras a fim de simultaneamente gerar energia e tratar águas residuárias de Drenagem Ácida de Mina.

• OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar experimentalmente o desempenho da CCM em relação à produção de energia;

2. Avaliar experimentalmente o desempenho da CCM quanto à eficiência de remoção de DQO e redução da concentração de sulfatos e metais pesados na DAM;

3. Prever a equação característica da curva de polarização da CCM em estado estacionário estimando os parâmetros com metodologia de ajuste de dados;

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

4. Modelar matematicamente de forma fenomenológica a produção de energia da CCM, considerando os parâmetros operacionais e construtivos que possam afetar o seu desempenho;
5. Ajustar os parâmetros do modelo para casos selecionados;
6. Validar experimentalmente o modelo desenvolvido;
7. Realizar a análise paramétrica dos resultados numéricos, buscando otimizar o desempenho da CCM

• ESTADO DA ARTE

I - Células de combustível microbiológicas como recurso energético alternativo

As células de combustível microbianas podem converter diretamente substratos orgânicos em eletricidade, utilizando bactérias como substrato.

O componente principal de uma CCM é o bioanodo onde os microrganismos crescem, formando um biofilme que funciona como “catalisadores vivos”. A performance da célula é diretamente ligada a este biofilme. Um biofilme eletricamente ativo contribui para um bom funcionamento da célula. Alguns fatores como rugosidade da superfície, tipo de material, porosidade e hidrofiliabilidade podem afetar a interação entre os micróbios e o ânodo (KALATHIL; PATIL; PANT, 2018). A produção de energia e tratamento de efluentes em uma CCM também é influenciada pelo cátodo, devido a sua influência nas reações de redução de oxigênio.

A inserção desta tecnologia como fonte de energia pode contribuir tanto para a expansão do acesso à eletricidade em todo o mundo, como para a substituição gradativa dos combustíveis fósseis. Por suas performances energéticas, ambientais e econômicas, tornaram-se uma plataforma tecnológica que permite várias aplicações que incluem: geração de eletricidade, tratamento de efluentes, geração de bio-hidrogênio e funcionamento como biossensor (PALANISAMY et al., 2019).

Estruturalmente, CCM consistem de ânodo e cátodo, conectados através de um circuito externo e separados por uma ponte salina ou por uma membrana trocadora de prótons (PEM).

A energia é produzida nas CCM através da degradação da matéria orgânica, em meio anaeróbico, pelas bactérias exoeletrogenicas do lado anódico. Os elétrons são transferidos até o anodo e em seguida por um circuito externo, até o catodo onde completam a reação eletroquímica.

A energia produzida pelas CCMS ainda é muita baixa, em medidas de densidade potência (potência produzida dividida por área), inclusive quando compara com outros tipos de CCMs (SUN, 2018). Entretanto, tornam-se interessantes para suprir a energia necessária em tratamento de esgoto, uma vez que o próprio esgoto possui o substrato para as bactérias.

Teoricamente, quase todos os substratos que podem ser metabolizados por micro-organismos podem servir como matéria-prima nas CCM, como compostos químicos simples, esgoto urbano, agricultura, cervejaria, alimentos e fazenda de gado leiteiro e diversas águas residuais industriais. A tecnologia CCM tem o potencial de fornecer a mudança de paradigma para o tratamento de águas residuais de “proteção ambiental” para “recuperação de recursos”. A energia e o valioso conteúdo de recursos nas fontes de águas residuais apresentam um potencial promissor para a sua recuperação para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis (GUDE, 2016).

II- Remoção de metais pesados e sulfato de drenagem ácida de mineral (DAM):

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

DAM é um termo amplamente utilizado para descrever uma solução aquosa ácida originada, principalmente, a partir de rejeitos da mineração do carvão ricos em sulfetos. Os sulfetos metálicos presentes nos rejeitos são oxidados quimicamente e biologicamente para produzir grandes quantidades de metais dissolvidos, sulfato e acidez. Os metais dissolvidos e os sulfatos assim produzidos constituem a DAM. A DAM contamina córregos e rios no entorno da mineração (WHITE; GADD, 1996). Convencionalmente, a DAM é neutralizada pelo tratamento com óxido de cálcio (CaO) e carbonato de cálcio (CaCO₃), mas o processo é caro e resulta na geração de grandes quantidades de lodo. A redução biológica de sulfato, por bactérias redutoras de sulfato (BRS), surgiu como uma alternativa atraente para tratar e reduzir os impactos negativos da DAM. Sob condições anaeróbicas, o processo pode remover metais da solução e precipitá-los como sulfeto metálico (HEDIN et al., 1994).

A principal vantagem da CCM está relacionada a capacidade de remoção de metais contidos na DAM através de uma redução catódica, especialmente para íons que possuem potencial de redução positivos, como Cu, Fe(III), Hg e Ag (FOUDHAILI et al., 2019). Nos estudos de GARCIA-MUNÓZ (2011), os autores simularam o ecossistema ácido do Rio Tinto - Portugal, através da montagem de sistema experimental, formado por um tanque preenchido com sedimento do rio, coberto por uma coluna líquida contendo diferentes concentrações de metais. A interface sedimento/líquido funcionou como uma membrana permeável. Os autores obtiveram como resultado a geração de densidades de corrente de 3,5 A/m².

VÉLEZ-PÉREZ et al. (2020) também avaliaram o cotratamento de esgoto e DAM por CCM. Estes autores realizaram dois experimentos apenas por um curto período de tempo (120h), com a avaliação da eficiência de remoção de DQO (15%), alcalinidade, pH e remoção de sulfato (20%), nitrato (mais de 90%) e metais pesados além da potência volumétrica produzida (14 W/m³). Não realizaram curva de polarização, apenas avaliaram o potencial em circuito aberto e energia produzida após a conexão de uma resistência de 100 ohm.

III- Modelagem Matemática DE CMM

O desempenho de uma CCM pode ser avaliado pela potência máxima produzida, eficiência de remoção de oxigênio e eficiência coulômbica.

Sabe-se que as seguintes estratégias têm sido aplicadas (experimentalmente) para melhorar desempenhos de CCMS: mudança na configuração da célula, escolha de eletrodos com alta condutividade e boa área superficial, aumento da capacidade do tampão.

Outra abordagem que justifica o uso de Modelagem Matemática é apresentada por (XIA et al., 2018), que afirma que controlar e otimizar as CCMS é muito difícil, pois são um sistema complexo e híbrido que envolvem um número de reações bioeletroquímicas acopladas, o que resulta em características fortemente não-lineares e propriedades com grande histerese. Adicionalmente os experimentos para medir o desempenho dos sistemas e a inoculação das bactérias demandam muito tempo e recursos econômicos.

As curvas de polarização retratam o desempenho das CCMS. E podem ser obtidas ao se plotar o potencial produzido versus a corrente (ou densidade de corrente). O potencial real é resultado do sacrifício do potencial reversível descontado às irreversibilidades que ocorrem nos processos do sistema, que são potenciais sacrificados para compensar as perdas por ativação, ôhmica e de concentração. Idealmente, o potencial fornecido por uma CC deveria ser o previsto pela termodinâmica (potencial reversível), mas em sistemas reais o potencial de circuito aberto é menor que o reversível e conforme a densidade de corrente aumenta, o potencial diminui, devido às perdas irreversíveis. As maiores fontes são as perdas por ativação, ôhmicas e por concentração e o modelo matemático deve equacionar os seus valores.

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Para baixas densidades de corrente, predomina a polarização por ativação e conforme a densidade de corrente aumenta, é atingida uma região quase linear, que representa as perdas ôhmicas internas. Já a altas densidades de corrente, são as perdas pela etapa limitante de transporte de massa dos gases reagente que causam mais significativamente queda do potencial real.

A obtenção das curvas de polarização serve como um primeiro passo para a caracterização do sistema. A modelagem matemática das curvas de polarização, além de representar a energia produzida pelos sistemas, potência máxima produzida também demonstra quais as magnitudes das perdas que ocorrem nestes sistemas e desta forma, possibilidades de melhorar a eficiência dos mesmos. Essas curvas dependem firmemente de variáveis operacionais das CCMs como temperatura, umidade relativa, pressão, corrente e vazão mássica.

A modelagem das CCMs, apesar de complexa, é uma ferramenta eficiente para se obter um entendimento minucioso dos efeitos das condições operacionais e construtivas no desempenho desses sistemas em gerar energia e tratar efluentes, além de ser uma importante ferramenta para a implementação bem sucedida das CCMs (XIA et al., 2018). (MA; YIN; LI, 2019) afirmam que os métodos de simulação tem um papel crítico no desenvolvimento de FCs com desempenho ótimo dentre as diversas condições operacionais possíveis.

Como parâmetros de maior influência no desempenho da CCM pode-se citar o pH, a geometria do eletrodo, formação do biofilme, concentração iônica, temperatura, concentração de nitrogênio no substrato e distância entre os eletrodos (FANG et al., 2013)

Devido à complexidade de modelar esses sistemas, são poucos os trabalhos existentes na literatura com modelagem de CCMs. A seguir, alguns que tem metodologia que irá contribuir na execução deste projeto serão apresentados. (RADEEF; ISMAIL, 2019) desenvolveram um modelo bio-eletroquímico que descreve o efeito de vários parâmetros no desempenho de uma CCM utilizada para simultaneamente biotratar a água real efluente de uma indústria que produz salgadinhos de batata e gerar energia. Consideraram os balanços de massa e taxas de reação nos componentes anódicos e catódicos, bem como as perdas por sobrepotencial que permitiram avaliar o potencial produzido pela CCM. Ao comparar os resultados numéricos e experimentais, obtiveram bons coeficientes de determinação para a predição de corrente, densidade de potência e potencial. A relação entre pH catódico, geração de energia (V) e temperatura durante o processo inicial de uma CCM Sedimentar foi avaliada por MA; YIN; LI (2019). O objetivo do trabalho foi diminuir o tempo de inicialização e aumentar a produção de energia. Métodos de modelagem baseados em dados foram utilizados, com redes neurais para regressão não-linear dos dados, sendo que a rede do tipo do algoritmo Extreme Learning Machines (ELM) foi a mais adequada para o ajuste e previsão dos dados. SERRA; ESPÍRITO-SANTO; MAGRINHO (2020) buscaram estimar as perdas internas e identificar suas contribuições na curva de polarização. Para obtenção experimental da curva de polarização, utilizaram o método de múltiplos ciclos e um esgoto artificial. Derivaram uma equação não linear para a curva de polarização em estado estacionário, por meio de uma estimativa de parâmetros utilizando o software GraphPrism 7 e também fizeram um ajuste linear para obter a resistência interna do sistema. Compararam a previsão de seu modelo com dados experimentais e de outros trabalhos e afirmaram que o modelo desenvolvido poderá ser utilizado em conjunto com algoritmos de busca de potência máxima para futura aplicação em sensores.

ZHAO et al. (2014) além de modelar a curva de polarização de uma CCM de duas câmaras e cultura pura de *G. sulfurreducens*, realizaram um ajuste de parâmetros (densidade corrente limite, coeficiente de troca de carga e taxas de reações) após a validação experimental.

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

• METODOLOGIA

1 Experimentos na CCM

1.1 Operação da CCM

Os experimentos serão realizados em duplicata. Assim, serão construídas 2 CCMs de câmara dupla (ou em H). Os compartimentos anódico e catódico serão separados por uma membrana trocadora de cátions (Nafion®-117), de 5 cm de diâmetro.. As duas câmaras serão cilíndricas, de acrílico e com dimensões de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura.

Os bioeletrodos utilizados serão de feltro de carbono de áreas 25 cm² ligados por circuito externo de fio de titânio (ou aço inox) de 0,5 mm de diâmetro, unidos paralelamente a um resistor que será inicialmente de 100 ohms e de valores variáveis (20 a 1000 ohms) para a construção das curvas de polarização das CCMs. A câmara anódica será preenchida com aproximadamente 2 litros de tampão fosfato salino (PBS) pH 7,4, contendo acetato de sódio 1g/litro e como inóculo, uma cultura mista de bactérias oriundas de lodo de ETE. A câmara catódica será preenchida com DAM sintética, composta por concentrações variáveis de sulfato de sódio e de íons Fe(III) em pH variável de 3,5 a 5,5.

Em ambas as câmaras será borbulhado gas argônio, visando promover ambiente anóxico e mantidas fechadas.

Os experimentos deverão ser acompanhados de forma ininterrupta, com aquisição de dados diários de potencial e semanais de (demanda química de oxigênio) DQO, pH, concentrações de sulfato e íons Fe(III) e Fe(II), por no mínimo 45 dias..

1.2 Métodos Analíticos

As análises de DQO serão realizadas conforme metodologia descrita em (APHA, 2005). Um multímetro ligado aos fios de condução da CCM fará a leitura diária do potencial elétrico e arquivará na memória do computador. As concentrações de sulfato serão determinadas usando os testes da cubeta baseado na precipitação de íons sulfato com cloreto de bário, formando sulfato de bário pouco solúvel, causando turbidez, o que pode ser medido fotometricamente a 450 nm. Para determinar a concentração de entrada e saída de ferro nas CCM será utilizado o método da fenantrolina com leitura em espectrofotômetro de UV-VIS no comprimento de onda 480 nm. Serão calculadas a remoção em percentual dos íons ferro, sulfato e DQO em relação aos valores caracterizados no influente.

1.3 Aquisição de dados e monitoramento das CCMs

Medições pontuais de potencial elétrico serão realizadas utilizando um multímetro digital para as células. Simultaneamente, a aquisição de dados será feita por um data logger National Instruments MODELO USB-6001 em intervalos de 1h durante o tempo do experimento.

1.4 Eficiência Coulômbica (E.C.)

A E.C. representa a fração de elétrons presentes na matéria orgânica que foram recuperados como corrente elétrica e será calculada de acordo com Logan (2007).

1.5 Produção de energia pela CCM

O potencial elétrico será medido para uma resistência externa constante (100 ohm) e os dados de potência produzida poderão ser avaliados ao longo do tempo.

1.6 Curvas de polarização (C.P.)

Nos experimentos a resistência externa será variada para construir a C.P. A cada variação de resistência será aguardado o tempo necessário para que o sistema entre

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

em estado estacionário. Assim, com a construção da C.P. e por consequência, a curva de potência, será possível identificar os valores máximos de corrente e de potência produzida pelo sistema e a qual resistência externa são relativos. Os dados serão comparados para sistemas semelhantes de CCMs.

1.7 Caracterização dos componentes utilizados

Os componentes (eletrodos e membrana) serão caracterizados física, química e estruturalmente por microscopia eletrônica de varredura e espectrometria dispersiva de energia de raios-X (MEV-EDS) para determinar a composição mineralógica, medidas de difração de raios-X (XRD) serão obtidas após os experimentos.

2 Modelagem Matemática do desempenho da CCM

2.1 Ajuste numérico da tipologia da Curva de Polarização

Os parâmetros da equação que representará a C.P. serão ajustados minimizando a diferença entre os dados experimentais e a função avaliada nos mesmos pontos. Isso pode ser feito usando o métodos dos mínimos quadrados. Pretende-se realizar um ajuste não-linear similar ao de (SERRA; ESPÍRITO-SANTO; MAGRINHO, 2020).

2.2 Modelo Fenomenológico

Na modelagem matemática de CCMs, são representados os processos das reações químicas, de transporte de massa e geração de energia. Também será realizado o equacionamento da taxa de consumo do substrato e consequente crescimento das bactérias. Em seguida, será incluído no modelo o equacionamento do balanço dinâmico de massa para os principais componentes biológicos e químicos.

O modelo eletroquímico compreende a caracterização e avaliação dos parâmetros elétricos da CCM. Nele estão inclusas as formulações para representar o potencial real, corrente de densidade e balanço de elétrons.

Inicialmente irá se utilizar como referência o modelo matemático utilizado por (SOMMER et al., 2012, 2016b) construído para uma CC de Membrana Alcalina. O sistema de equações diferenciais resultante pode ser resolvido por meio de métodos numéricos. Para os sistemas de EDOs (Equações Diferenciais Ordinárias) podemos utilizar os métodos de Runge-Kutta, Rosembrock ou preditores corretores. Técnicas de controle automático de passo poderão ser aplicadas para garantir a estabilidade dos métodos.

2.3 Ajuste de parâmetros do Modelo Matemático

Os parâmetros utilizados na simulação que não puderem ser medidos ou referenciados serão estimados utilizando o problema inverso de estimativa de parâmetros (IPPE) semelhante ao aplicado por (SOMMER et al., 2012) e ZHAO (2014).

2.4 Validação experimental dos dois modelos

Os valores simulados serão confrontados com os obtidos experimentalmente para as C.P.

2.5 Análise Paramétrica

Com o modelo ajustado e validado, será investigada a influência de parâmetros operacionais (DQO, concentração de sulfatos, pH catódicos iniciais) e construtivos (tamanho e distância dos eletrodos) no desempenho da CCM.

• REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E. ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2019: Ano

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

base 2018Rio de JaneiroEmpresa de Pesquisa Energética, , 2019.

FANG, F. et al. Optimizing multi-variables of microbial fuel cell for electricity generation with an integrated modeling and experimental approach. Applied Energy, 2013.

FOUDHAILI, Takoua et al. Comparative efficiency of microbial fuel cells and electrocoagulation for the treatment of iron-rich acid mine drainage. Journal of Environmental Chemical Engineering, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 103149, 2019.

GUDE, V. G. Wastewater treatment in microbial fuel cells – an overview. Journal of Cleaner Production, v. 122, p. 287–307, maio 2016.

HAI, Tang et al. Remediation of Acid Mine Drainage Based on a Novel Coupled Membrane-Free Microbial Fuel Cell with Permeable Reactive Barrier System. [s. l.], v. 25, n. 1, p. 107–112, 2016.

HEDIN, R.S., NARIN, R.W., KLEINMANN, R.P, Passive treatment of coal mine drainage. US Bureau of Mines IC–9389, 2–35, 1994.

KALATHIL, S.; PATIL, S. A.; PANT, D. Microbial Fuel Cells: Electrode Materials. [s.l.] : Elsevier, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.13459-6>>

LEIVA, Eduardo; LEIVA-ARAVENA, Enzo; VARGAS, Ignacio. Acid Water Neutralization Using Microbial Fuel Cells : An Alternative for Acid Mine Drainage Treatment. [s. l.], p. 1–9, 2016.

LOGAN, B. .. Microbial Fuel Cells. [s.l.] : John Wiley & Sons, Inc., 2007.

MA, F.; YIN, Y.; LI, M. Start-Up Process Modelling of Sediment Microbial Fuel Cells Based on Data Driven. Mathematical Problems in Engineering, v. 2019, p. 1–10, 10 jan. 2019.

MARTINS, LAUBER S. ; SOMMER, ELISE M. ; VARGAS, JOSÉ V. C. et al. Parametric Analysis of a Single Alkaline Membrane Fuel Cell. Heat Transfer Engineering, v. 36, p. 963-973, 2015. ; Meio de divulgação: Digital; Série: 11; ISSN/ISBN: 01457632.

MARTINS, L. S. ; SOMMER, E. M. ; ORDONEZ, J. C. et al. PARAMETRIC ANALYSIS OF AN ALKALINE MEMBRANE FUEL CELL. In:14th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, 2012, Rio de Janeiro. ENCIT2012-250. Rio de Janeiro : ABCM, 2012. v. 1. p. 1-10. Nacional; Brasil/ Português

PALANISAMY, Gowthami et al. A comprehensive review on microbial fuel cell technologies: Processes, utilization , and advanced developments in electrodes and membranes. Journal of Cleaner Production, [s. l.], v. 221, p. 598–621, 2019.

PENG, Xiang et al. Remediation of acid mine drainage using microbial fuel cell based on sludge anaerobic fermentation. [s. l.], v. 3330, 2017.

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

RADEEF, A. Y.; ISMAIL, Z. Z. Polarization model of microbial fuel cell for treatment of actual potato chips processing wastewater associated with power generation. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 836, p. 176–181, 1 mar. 2019.

SERRA, P. M. D.; ESPÍRITO-SANTO, A.; MAGRINHO, M. A steady-state electrical model of a microbial fuel cell through multiple-cycle polarization curves. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 117, n. September 2019, p. 109439, 2020.

SIECESC, Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina. Informações sobre o carvão mineral em SC. 2018. Disponível em: <<http://www.siecesc.com.br/siecesc/informacoes-sobre-o-carvao-mineral-em-santa-catarina>>. Acesso em: 20 set. 2020.

SOMMER, E. M. et al. Alkaline membrane fuel cell (AMFC) modeling and experimental validation. *Journal of Power Sources*, 2012.

SOMMER, E. M. et al. Constructal alkaline membrane fuel cell (AMFC) design. *International Journal of Heat and Technology*, v. 34, p. S125–S132, 2016a.

SOMMER, E. M.; Sommer, E.M.; WATZKO, E. S.; SOMMER, ELISE M. ; Martins, L.S. ; Vargas, J.V.C. et al. Alkaline membrane fuel cell (AMFC) modeling and experimental validation. *Journal of Power Sources (Print)*, v. 213, p. 16-30, 2012. ; Meio de divulgação: Digital; ISSN/ISBN: 03787753.

SUN, Y. Performance Investigation of Batch Mode Microbial Fuel Cells Fed With High Concentration of Glucose. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, v. 3, n. 2, p. 2–7, 2018.

VÉLEZ-PÉREZ, L. S. et al. Industrial acid mine drainage and municipal wastewater co-treatment by dual-chamber microbial fuel cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 45, n. 26, p. 13757–13766, 2020.

XIA, C. et al. Models for Microbial Fuel Cells: A critical review. *Journal of Power Sources*, v. 373, p. 119–131, 1 jan. 2018.

ZHAO, L. et al. Modeling of polarization losses of a microbial fuel cell. *ASME 2014 12th International Conference on Fuel Cell Science, Engineering and Technology, FUELCELL 2014 Collocated with the ASME 2014 8th International Conference on Energy Sustainability*, p. 0–6, 2014.

05. ETAPAS E METAS

- **CRONOGRAMA PROJETO**
Etapas 1

Título	Início	Fim
Experimentos na CCM para tratamento de efluente	4/2021	8/2021

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Descrição

Serão 2 CCMs com configurações iguais, operando simultaneamente sob uma resistência de 100 ohm, para avaliar o desempenho da CCM quanto à eficiência de remoção de DQO e aumento de pH, redução da concentração de sulfatos e íons de ferro na DAM. Os experimentos deverão ser acompanhados de forma ininterrupta por no mínimo 45 dias, período no qual serão obtidos os valores diários de potencial, pH, DQO, concentração de sulfato e Ferro.

Metas da etapa

Obtenção dos resultados de remoção de DQO, íons sulfato e Ferro e aumento de pH da DAM

Objetivos específicos

2. Avaliar experimentalmente o desempenho da CCM quanto à eficiência de remoção de DQO e redução da concentração de sulfatos e metais pesados na DAM;

Etapa 2

Título

Experimentos na CCM para geração de energia

Início

7/2021

Fim

11/2021

Descrição

Após o tempo de aclimação a resistência externa será variada de 20 a 1000 ohms, para construção das curvas de polarização e potência nas duas células. Usando o método de múltiplos ciclos, os testes serão repetidos para diferentes tempos. Também serão avaliadas a redução de DOQ, sulfatos e ferro.

Metas da etapa

Construção das curvas de polarização em diferentes tempos de inoculação;

Objetivos específicos

1. Avaliar experimentalmente o desempenho da CCM em relação à produção de energia;

Etapa 3

Título

Ajuste numérico da tipologia da Curva de Polarização

Início

10/2021

Fim

3/2022

Descrição

Pretende-se realizar um ajuste não-linear dos dados experimentais da etapa 2, similar à metodologia de (SERRA; ESPÍRITO-SANTO; MAGRINHO, 2020), com a obtenção dos 5 parâmetros que representam a tipologia da curva de polarização, com os termos representando os sobrepotenciais associados (ativação, ôhmico e de concentração).

Metas da etapa

Curva de polarização ajustada numericamente.

Valor da Resistência Interna e comparativo da magnitude dos sobrepotenciais.

Objetivos específicos

3. Prever a equação característica da curva de polarização da CCM em estado estacionário estimando os parâmetros com metodologia de ajuste de dados;

Etapa 4

Título

Início

Fim

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Modelagem Matemática do desempenho da CCM

1/2022 8/2022

Descrição

Equações diferenciais serão obtidas para representar desempenho do sistema por meio de balanço de massa, reações eletroquímicas e cálculo dos sobrepotenciais de ativação, ohmico e de concentração.

Metas da etapa

Modelo matemático que represente o desempenho da CCM em estado estacionário

Objetivos específicos

4. Modelar matematicamente de forma fenomenológica a produção de energia da CCM, considerando os parâmetros operacionais e construtivos que possam afetar o seu desempenho;

Etapa 5

Título

Ajuste de parâmetros do modelo

Início

8/2022

Fim

10/2022

Descrição

Os parâmetros que não puderem ser medidos ou referenciados serão estimados utilizando o problema inverso de estimativa de parâmetros (IPPE) utilizando o modelo matemático, e assim transformar uma variável em um parâmetro, e vice-versa.

Metas da etapa

Parâmetros ajustados

Objetivos específicos

5. Ajustar os parâmetros do modelo para casos selecionados;

Etapa 6

Título

Validação Experimental

Início

10/2022

Fim

1/2023

Descrição

Comparação da concordância dos dados experimentais com os numéricos, para os dois casos de Modelagem (inferência e fenomenológica) que trará confiabilidade para o Modelo ser utilizado futuramente como ferramenta de predição do comportamento da CCM.

Metas da etapa

Bom ajuste dos dados numéricos e experimentais, com altos coeficientes de determinação.

Objetivos específicos

6. Validar experimentalmente o modelo desenvolvido;

Etapa 7

Título

Análise Paramétrica

Início

12/2022

Fim

3/2023

Descrição

Avaliação numérica da influencia de parâmetros construtivos e operacionais no

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

desempenho da CCM, visando produção máxima de energia.

Metas da etapa

Obtenção da potência máxima e direcionamento para a configuração ótima do sistema.

Objetivos específicos

7. Realizar a análise paramétrica dos resultados numéricos, buscando otimizar o desempenho da CCM

Etapa 8

Título

Elaboração de Relatório Final

Início

3/2023

Fim

3/2023

Descrição

Elaboração do Relatório Final.

Metas da etapa

Relatório Final para a FAPESC

Objetivos específicos

7. Realizar a análise paramétrica dos resultados numéricos, buscando otimizar o desempenho da CCM

06. RESULTADOS ESPERADOS

- RESULTADOS ESPERADOS

- PROTÓTIPOS

*Esse campo não é obrigatório.

1

- PROTEÇÃO INTELECTUAL: PATENTES, REGISTROS, CULTIVARES

*Esse campo não é obrigatório.

1

- TRABALHOS APRESENTADOS EM EVENTOS NACIONAIS

*Esse campo não é obrigatório.

4

- TRABALHOS APRESENTADOS EM EVENTOS INTERNACIONAIS

*Esse campo não é obrigatório.

1

- 6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO

*Esse campo não é obrigatório.

1

- 7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

1

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

- 11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS

*Esse campo não é obrigatório.

1

- 15 VIDA TERRESTRE

*Esse campo não é obrigatório.

1

- ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS (NACIONAL)

*Esse campo não é obrigatório.

1

- TRABALHOS PUBLICADOS EM ANAIS DE EVENTOS

*Esse campo não é obrigatório.

4

- APRESENTAÇÃO DE TRABALHO

*Esse campo não é obrigatório.

4

- RELATÓRIO DE PESQUISA

*Esse campo não é obrigatório.

1

- ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS (INTERNACIONAL)

*Esse campo não é obrigatório.

2

- ORIENTAÇÕES E DISSERTAÇÕES CONCLUÍDAS

*Esse campo não é obrigatório.

2

- ORIENTAÇÕES E DISSERTAÇÕES EM ANDAMENTO

*Esse campo não é obrigatório.

1

07. EQUIPE DO PROJETO

- COORDENADOR

Nome:

Elise Sommer Watzko

CPF:

040.138.509-40

E-mail:

elise.sommer@ufsc.br

Instituição de vínculo:

83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina

Nível formação:

Doutorado

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Função no projeto:	Coordenador
Atividades desempenhadas:	Coordenar as diferentes atividades do projeto, preparar trabalhos futuros, acompanhamento de atividades pesquisadores e estudantes, elaboração de relatórios.

• EQUIPE

*Esse campo não é obrigatório.

Nome:	REGINA VASCONCELLOS ANTONIO
CPF:	024.749.258-21
E-mail:	regina.antonio@ufsc.br
Instituição de vínculo:	83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina
Nível formação:	Pós-Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Colaborar na coordenação geral deste projeto. Orientar e acompanhar as atividades dos pesquisadores da UFSC nas etapas experimentais deste projeto e avaliar resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe nelas envolvidos. Colaborar na coordenação e orientação para elaboração de publicações técnico-científicas e de propostas de projetos futuros complementares.

Nome:	Priscila Cardoso Calegari
CPF:	037.003.639-58
E-mail:	pccalegari@gmail.com
Instituição de vínculo:	83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina
Nível formação:	Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Colaborar na orientação e execução das ações previstas nas etapas de simulação deste projeto, tanto na etapa de inferência como na resolução do Modelo Matemático. Atuar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Derce de Oliveira Souza Recouvreux
CPF:	246.035.629-34
E-mail:	derce.recouvreux@ufsc.br
Instituição de vínculo:	83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina
Nível formação:	Pós-Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Colaborar na orientação e execução das ações previstas nas etapas experimentais deste projeto, na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Tatiana Gisset Pineda Vásquez
CPF:	059.186.847-43
E-mail:	latatiss@hotmail.com
Instituição de vínculo:	83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Nível formação:	Pós-Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Orientar e acompanhar as atividades dos pesquisadores da UFSC nas etapas experimentais deste projeto e avaliar resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe nelas envolvidos. Coordenar as atividades de caracterização dos componentes. Atuar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Thiago Fernandes de Aquino
CPF:	037.184.129-18
E-mail:	thiago.aquino@satc.edu.br
Instituição de vínculo:	83.649.830/0001-71 - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina

Nível formação:	Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Gerenciar as atividades de projeto associadas ao Centro Tecnológico da SATC. Colaborar na orientação e execução das ações de caracterização dos componentes e materiais utilizados, na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Lauber de Souza Martins
CPF:	030.638.339-08
E-mail:	lauber@andrews.edu
Instituição de vínculo:	75.095.679/0001-49 - Universidade Federal do Paraná
Nível formação:	Pós-Doutorado
Função no projeto:	Pesquisador
Atividades desempenhadas:	Gerenciar as atividades de projeto associadas ao Laboratório de Células de Combustíveis da UFPR. Colaborar na orientação e execução das ações de Modelagem Matemática e ajuste de parâmetros, na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Luiz Henrique Zim Alexandre
CPF:	098.286.379-95
E-mail:	luizhzim@hotmail.com
Instituição de vínculo:	83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina
Nível formação:	Graduação
Função no projeto:	Bolsista
Atividades desempenhadas:	Montagem da CCM para o tratamento da DAM, coleta de dados, análise de dados. Colaborar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.

Nome:	Julia Anselmo
CPF:	012.476.929-22
E-mail:	jj19340@gmail.com

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Instituição de vínculo: **83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina**
Nível formação: **Ensino Médio (2o grau)**
Função no projeto: **Bolsista**
Atividades desempenhadas: **Experimentos na CCM para o tratamento da DAM, coleta de dados, análise de dados. Colaborar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.**

Nome: **laryssa fernanda batistela de Moraes**
CPF: **455.555.058-76**
E-mail: **laryssabatistela@live.com**
Instituição de vínculo: **83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina**
Nível formação: **Ensino Médio (2o grau)**
Função no projeto: **Bolsista**
Atividades desempenhadas: **Experimentos na CCM para construção da curva de polarização, coleta de dados, análise de dados. Colaborar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.**

Nome: **Isadora Metz Baggio**
CPF: **109.169.559-82**
E-mail: **isadorametz@gmail.com**
Instituição de vínculo: **83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina**
Nível formação: **Ensino Médio (2o grau)**
Função no projeto: **Pesquisador**
Atividades desempenhadas: **Auxílio na obtenção dos parâmetros para a simulação do Modelo Matemático, ajuda aos bolsistas para coleta de dados, análise de dados. Colaborar na análise e discussão dos resultados em conjunto com os demais integrantes da equipe, e na elaboração de relatórios e produção bibliográfica.**

Nome: **Rafael Canal**
CPF: **022.873.450-94**
E-mail: **rafael.canal.ufsc@gmail.com**
Instituição de vínculo: **83.899.526/0001-82 - Universidade Federal de Santa Catarina**
Nível formação: **Ensino Médio (2o grau)**
Função no projeto: **Pesquisador**
Atividades desempenhadas: **Acompanhamento e melhorias na parte eletrônica e computacional do sistema de aquisição de dados. Elaboração de relatórios.**

08. DESPESAS DO PROJETO

- DESPESAS DO PROJETO
- DESPESAS SOLICITADAS
 - **Equipamentos nacionais ou importados**
 - Categoria: **Capital**
 - Qtde.: **1**

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

Valor unitário: **R\$ 11.000,00**

Total: **R\$ 11.000,00**

Verba destinada para a compra de um computador que será utilizado para as simulações e aquisição de dados, além de outros equipamentos como multímetros e medidores de oxigênio dissolvido para os experimentos

- **Diárias (Decreto Estadual 1.127/2008)**

Categoria: **Corrente**

Qtde.: **12**

Valor unitário: **R\$ 153,00**

Total: **R\$ 1.836,00**

Foram contempladas diárias para locomoção e realizar caracterizações dentro e fora do estado bem como participação de eventos nacionais.

- **material de consumo nacional ou importado**

Categoria: **Corrente**

Qtde.: **1**

Valor unitário: **R\$ 10.000,00**

Total: **R\$ 10.000,00**

O material de consumo consiste em itens necessários, como eletrodos, membranas, componentes eletrônicos, reagentes em geral e vidrarias, importantes os testes experimentais de obtenção da curva de polarização da CCM.

- **Outros Serviços de terceiros - pessoa jurídica**

Categoria: **Corrente**

Qtde.: **1**

Valor unitário: **R\$ 7.800,00**

Total: **R\$ 7.800,00**

Esta despesa será utilizada na caracterização dos componentes após o uso na CCM por meio de MEV e DRX. Também foram considerados recursos para manutenção de equipamentos já existentes no laboratório. Adicionalmente, foi considerada parte da despesa para pagamento de revisão e publicação de artigos indexados. Contempla também recursos para despesas de importação de membrana e eletrodos.

- **Passagens**

Categoria: **Corrente**

Qtde.: **1**

Valor unitário: **R\$ 2.000,00**

Total: **R\$ 2.000,00**

Foram contempladas passagens e despesas para locomoção e realizar caracterizações dentro e fora do estado bem como participação de eventos nacionais.

09. CRONOGRAMA DE REPASSE

- CRONOGRAMA DE REPASSE
- DESEMBOLSO FINANCIADO
- DESPESAS CORRENTES

Parcela
1

Mês de desembolso
1

Valor (em R\$)
R\$ 21.636,00

EDITAL DE CHAMADA PÚBLICA FAPESC Nº 12/2020 - PROGRAMA DE PESQUISA UNIVERSAL

Protocolo Nº: UNI2020121000332

Modelagem Matemática de Células de Combustível Microbianas (CCM) para geração de energia simultaneamente com tratamento de drenagem ácida de mina de carvão - SUBMETIDA

Elise Sommer Watzko - elise.sommer@ufsc.br

• DESPESAS DE CAPITAL

Parcela

1

Mês de desembolso

1

Valor (em R\$)

R\$ 11.000,00

10. ANEXOS

• ANEXOS

Cadastro atualizado da instituição proponente na Receita Federal, pelo link:

http://servicos.receita.fazenda.gov.br/Servicos/cnpjreva/Cnpjreva_Solicitacao.asp?cnpj=

Cadastro UFSC.pdf

Extensão

application/pdf

Comprovante de vínculo empregatício ou funcional do Proponente/Beneficiário junto à sua instituição proponente

declaracao_elise_assinado(1).pdf

Extensão

application/pdf

Cópia do diploma de doutor(a) do(a) Proponente/Beneficiário

doc1.pdf

Extensão

application/pdf

Termo de anuência/concordância da proposta emitido pela Instituição proponente, assinada pelo representante legal da Instituição Proponente (permitido a assinatura eletrônica)

D e c l a r a c a o - a n u e n c i a - F A P E S C - a p p l i c a t i o n / p d f
U N I V E R S A L _ P r o f _ E l i s e _ S o m m e r _ a s s i n a d o . p d f

Extensão

-application/pdf