

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

João Dallamuta
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

João Dallamuta

(Organizador)

Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos transdisciplinares nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-355-2 DOI 10.22533/at.ed.552193005 1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série. CDD 620
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em ciências exatas, engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia e pesquisa de base são os pilares do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Uma visão ampla destes temas é portanda fundamental. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Optamos pela divisão da obra em dois volumes, como forma de organização e praticidade a você leitor. Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS	
Carla Caroline Carvalho Poças	
Arlison Darlison Lima Leal	
Aroldo José Teixeira de Souza Filho	
João Areis Ferreira Barbosa Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5521930051	
CAPÍTULO 2	6
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE ROCHAS CARBONÁTICAS QUANDO SUBMETIDAS A INJEÇÃO DE CO ₂ SUPERCRÍTICO	
Deodório Barbosa de Souza	
Katia Botelho Torres Galindo	
Analice França Lima Amorim	
Cecília Maria Mota Silva Lins	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.5521930052	
CAPÍTULO 3	17
ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE PROVENIENTE DO PROCESSO DE RECICLAGEM MECÂNICA E DO POLIESTIRENO PROVENIENTE DA DEGASAGEM DO POLIESTIRENO EXPANDIDO	
Fabiula Danielli Bastos de Sousa	
Thiago Czermainski Gonçalves Alves	
Matheus Alves Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.5521930053	
CAPÍTULO 4	31
ASSOCIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DIRETA E USO DE COAGULANTES NATURAIS E QUÍMICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO	
Edilaine Regina Pereira	
Dandley Vizibelli	
Thaís Ribeiro	
Fellipe Jhordã Ladeia Janz	
José Euclides Stipp Paterniani	
DOI 10.22533/at.ed.5521930054	
CAPÍTULO 5	38
AUTOMATIZAÇÃO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA COLETA EM CORPOS HÍDRICOS COM CONTAMINANTES NOCIVOS A SAÚDE HUMANA	
Louise Aimeé Reis Guimarães	
Jussiléa Gurjão de Figueiredo	
Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5521930055	

CAPÍTULO 6 47

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO PROJETADOS COM ANÁLISE AVANÇADA

Danilo Luiz Santana Mapa
Marcílio Sousa da Rocha Freitas
Ricardo Azoubel da Mota Silveira

DOI 10.22533/at.ed.5521930056

CAPÍTULO 7 62

AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE ASPERSORES SUBMETIDOS A DIFERENTES PRESSÕES

Anderson Crestani Pereira
Adroaldo Dias Robaina
Marcia Xavier Peiter
Bruna Dalcin Pimenta
Jardel Henrique Kirchner
Wellington Mezzomo
Marcos Vinicius Loregian
Jhosefe Bruning
Luis Humberto Bahú Ben

DOI 10.22533/at.ed.5521930057

CAPÍTULO 8 70

AVALIAÇÃO DO BINÔMIO TEMPO-TEMPERATURA DE REFEIÇÕES SERVIDAS EM RESTAURANTES *SELF-SERVICE* DE PICOS-PI

Nara Vanessa dos Anjos Barros
Mateus da Conceição Araújo
Adolfo Pinheiro de Oliveira
Iraildo Francisco Soares
Ennya Cristina Pereira dos Santos Duarte
Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.5521930058

CAPÍTULO 9 77

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO BIODIESEL

Ingrid Rocha Teixeira
Jander Teixeira Peneluc
Matheus Andrade Almeida
Selmo Queiroz Almeida

DOI 10.22533/at.ed.5521930059

CAPÍTULO 10 86

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER (PDSI) PARA O MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA/RS

Suélen Cristiane Riemer da Silveira
Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra
Rita de Cássia Fraga Damé
Marcia Aparecida Simonete
Emanuele Baifus Manke
Maria Clotilde Carré Chagas Neta
Henrique Michaelis Bergmann

DOI 10.22533/at.ed.55219300510

CAPÍTULO 11 93

AVALIAÇÃO DO SUCO MISTO DE ACEROLA COM MANJERICÃO

Michele Alves de Lima
Elynne Kryslen do Carmo Barros
Clélia de Moura Fé Campos
Marilene Magalhães de Brito
Maria Márcia Dantas de Sousa
Karine Aleixes Barbosa de Oliveira
Thamires Mendonça de Carvalho
Robson Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.55219300511

CAPÍTULO 12 102

COLORIMETRIA APLICADA A ESPÉCIES FLORESTAIS EM MATO GROSSO

Edilene Silva Ribeiro
Joaquim Carlos Gonzalez
William Cardoso Lima
Luzia Elaine Domingues Pimenta Vargas
Roberta Santos Souza

DOI 10.22533/at.ed.55219300512

CAPÍTULO 13 114

COMPORTAMENTO DA ALFACE COM DISTINTAS DOSAGENS DE ESTERCO CAPRINO EM DIFERENTES REGIÕES

Thaís Rayane Gomes da Silva
Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior
Cinara Bernardo da Silva
Luan Wamberg dos Santos
Márcio Aurélio Lins dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.55219300513

CAPÍTULO 14 122

COMPORTAMENTO DA ALTURA DO CACAUEIRO SOB DIFERENTES QUANTIDADES DE ÁGUA E NITROGÊNIO

Roger Luiz Da Silva Almeida
Roger Luiz Da Silva Almeida Filho
Gustavo Victor De Melo Araújo Almeida

DOI 10.22533/at.ed.55219300514

CAPÍTULO 15 127

CORRELAÇÕES ENTRE AS TEORIAS DE EULER-BERNOULLI E DE SHI-VOYIADJIS PARA VIGAS: UMA ABORDAGEM TEÓRICA E NUMÉRICA

Hilton Marques Souza Santana
Fabio Carlos da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.55219300515

CAPÍTULO 16	144
EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NA REDUÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)	
Júlia Buffon	
Laura Cerezolli De Carli	
Gabriela Madella Kranz	
Maria Luiza Danielli Zanandréa	
Murilo Cesar Costelli	
DOI 10.22533/at.ed.55219300516	
CAPÍTULO 17	151
ESTUDO DA REAÇÃO DE ELETRO-OXIDAÇÃO DE GLICEROL EM MEIO ALCALINO	
Micaeli Caldas Gloria	
Elson Almeida de Souza	
Paulo José de Sousa Maia	
DOI 10.22533/at.ed.55219300517	
CAPÍTULO 18	167
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA DO BIOGÁS DA SUINOCULTURA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Arilson Darlison Lima Leal	
Carla Caroline Carvalho Poças	
Aroldo José Teixeira de Souza Filho	
João Areis Ferreira Barbosa Junior	
DOI 10.22533/at.ed.55219300518	
SOBRE O ORGANIZADOR	172

ESTUDO DA REAÇÃO DE ELETRO-OXIDAÇÃO DE GLICEROL EM MEIO ALCALINO

Micaeli Caldas Gloria

Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara – Amazonas

Elson Almeida de Souza

Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara – Amazonas

Paulo José de Sousa Maia

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Macaé – Rio de Janeiro

RESUMO: Entre os diferentes tipos de células a combustível (CaC's), o interesse por aquelas que usam álcoois tem aumentado nos últimos tempos, colocando estes sistemas na lista dos renováveis. O glicerol é um líquido inodoro, possui alta viscosidade e alto valor energético quando comparado a outras fontes de combustível utilizadas nas CaC's, e por isso, este álcool é objeto de nosso estudo na aplicação em células a combustível de álcool direto. Este trabalho trata do estudo eletroquímico da reação de eletro-oxidação do glicerol em PtSnRh/C em meio alcalino. Os eletrocatalisadores $Pt_5Sn_4Rh_1/C$, $Pt_3Sn_1Rh_1/C$ e PtSn/C foram preparados pelo método de redução por álcool (MRA) e caracterizados eletroquimicamente por meios das técnicas de voltametria cíclica e cronoamperometria em meio básico (KOH) na presença do álcool. Os

ensaios eletroquímicos de voltametria cíclica mostraram que os catalisadores são eficientes, tendo os catalisadores ternários uma efetiva eletro-oxidação de glicerol pois apresentaram maiores picos de densidade de corrente e baixos potenciais de início de oxidação do álcool, indicando bom desempenho catalítico. Os testes cronoamperométricos mostraram boa atividade catalítica para os eletrocatalisadores ternários a 0,6 V, apresentando densidade de corrente quase estacionária a 1200 s. O aumento na concentração do álcool proporcionou um aumento na densidade de corrente apenas para $Pt_5Sn_4Rh_1/C$, enquanto $Pt_3Sn_1Rh_1/C$ apresentou maior densidade de corrente para maior concentração apenas nos primeiros segundo de teste.

PALAVRAS-CHAVE: Célula a combustível, glicerol, catalisador.

ABSTRACT: Among the different types of fuel cells, CaC's, the interest in those using alcohols has increased in recent times, putting these systems on the list of renewables. Glycerol is an odorless liquid, has high viscosity and high energy value when compared to other sources of fuel used in the CaC's, and therefore, this alcohol is the object of our study in the application in fuel cells of direct alcohol. This work deals with the electrochemical study of the electro-oxidation reaction of glycerol in PtSnRh/C in alkaline

medium. The electrocatalysts $\text{Pt}_5\text{Sn}_4\text{Rh}_1/\text{C}$, $\text{Pt}_3\text{Sn}_1\text{Rh}_1/\text{C}$ and PtSn/C were prepared by the alcohol reduction method (MRA) and electrochemically characterized by means of cyclic voltammetry and chronoamperometry techniques in basic medium (KOH) in the presence of alcohol. The electrochemical tests of cyclic voltammetry showed that the catalysts are efficient, with the ternary catalysts having an effective electro-oxidation of glycerol, since they showed higher current density peaks and low potential of oxidation initiation of the alcohol, indicating good catalytic performance. The chronoamperometric tests showed good catalytic activity for the ternary electrocatalysts at 0.6 v, showing almost stationary current density at 1200 s. The increase in the alcohol concentration provided an increase in current density only for $\text{Pt}_5\text{Sn}_4\text{Rh}_1/\text{C}$, while $\text{Pt}_3\text{Sn}_1\text{Rh}_1/\text{C}$ showed higher current density for higher concentration only in the first second of test

KEYWORDS: Fuel cells, glycerol, catalysts.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, a principal fonte de energia vem dos combustíveis fósseis, os quais, são utilizados em caldeiras industriais e máquinas térmicas, porém, esses combustíveis não são renováveis e produzem grandes quantidades de poluentes, como por exemplo, dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e hidrocarbonetos, gerados pelo processo de combustão incompleta do combustível. Estes, além de serem altamente prejudiciais à saúde, são os responsáveis por efeitos atmosféricos negativos, tais como a chuva ácida e o efeito estufa (SOUZA, 2009; VILLULLAS; TICIANELLI; GONZALEZ, 2002). O CO_2 é na maioria das vezes produzido por setores automobilísticos e pelas indústrias que fazem uso de combustíveis fósseis, e uma possível solução para esse problema, seria a troca por combustíveis não poluentes. Entretanto, essa solução apresenta um elevado custo de entrada no mercado (VARELA JUNIOR, 2006 e TICIANELLI; GONZALEZ, 1989).

Nesse contexto, uma nova tecnologia que vem despertando interesse a nível internacional, é a utilização de células a combustível (CaC), onde esta, por sua vez, visa a diminuição dos poluentes atmosféricos e por isso, esses dispositivos estão entre as opções mais favoráveis na redução do consumo de energia gerada através de combustíveis fósseis. Vale ressaltar, que as CaC's são dispositivos conversores de energia química em elétrica, e por essa razão, não se pode pensar na substituição das fontes geradoras de energia existentes, tais como, eólica, geotérmica e solar. Logo, o que se pode fazer, é compará-las em termos de produção de energia limpa. Por esse motivo, as células a combustível vêm ganhando espaço no mercado mundial com aplicações estacionárias, móveis e portáteis, como fonte de energia elétrica sem danificar o meio ambiente, o que as têm tornado como uma das alternativas mais promissoras (TICIANELLI; CAMARA; SANTOS, 2005; SARON, 2007 e WENDT;

LINARDI; ARICÓ, 2002).

Uma célula a combustível ideal utiliza como combustível o hidrogênio, contudo, há uma grande dificuldade no processo de armazenamento e transporte deste, dificultando assim, o seu uso. Desse modo, tem-se desenvolvido pesquisas relacionadas às células a combustível de álcool direto – DAFC (do inglês, Direct Alcohol Fuel Cell) a fim de substituir o hidrogênio por novos combustíveis como por exemplo, metanol, etanol, etilenoglicol e glicerol, sendo que para o metanol há um maior destaque, visto que, ele tem sido considerado um bom combustível para as células, devido a sua fácil manipulação em comparação ao hidrogênio, contudo, este é altamente volátil e tóxico (SILVA; DORÇA; CAMACHO, 2007). Diante disso, surge o interesse em álcoois com altas densidades energéticas, baixos pesos moleculares, não tóxicos, com baixa volatilidade e não inflamáveis. Assim, o álcool que melhor se encaixa nessas condições é o glicerol, e este por sua vez, é um subproduto gerado a partir do biodiesel. O nome sistemático do glicerol segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), é propano-1,2,3-triol, este, é um poliálcool com três grupos hidroxilas presentes em sua estrutura. Seu nome provém da palavra grega *glykys*, que significa doce. É um líquido incolor e viscoso, e deriva da petroquímica ou de fontes naturais (BEATRIZ; ARAÚJO; LIMA, 2011).

O glicerol apresenta inúmeras utilidades tanto na indústria farmacêutica quanto na alimentícia, e entre outras, contudo, o volume produzido é superior ao absorvido pelo mercado. Assim, há uma grande preocupação na forma em como ele é descartado na natureza, uma vez que, no Brasil não há leis específicas para esse fim. Com o intuito de evitar problemas ocasionados na superprodução de glicerol, diversas aplicações vêm sendo desenvolvidas (BORTOLOTTI, 2016). O uso do glicerol como possível combustível em uma célula, é uma aplicação promissora e lucrativa quando associada a sua obtenção excessiva como subproduto na geração do biodiesel a uma alta e limpa produção energética, uma vez que, a demanda de energia atual cresce rapidamente junto com o avanço tecnológico e o crescimento populacional. Assim, este trabalho tem como objetivo o estudo de novas fontes de energia e com o foco em células a combustível, utilizando técnicas eletroquímicas a fim de testar a eficiência de catalisadores a base de platina frente a eletro-oxidação de glicerol em meio alcalino para possível aplicação em célula a combustível, com a finalidade de gerar energia mais eficiente e limpa para a população de forma alternativa (GONÇALVES; PEREZ; ÂNGELO, 2009).

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Células a Combustível

As células a combustível (CaC's), são dispositivos capazes de converter a energia química diretamente em energia elétrica através de sistemas eletroquímicos

diante de inúmeras quantidades de combustíveis, sendo um método bastante eficiente na geração de eletricidade e, em alguns casos, de calor (TICIANELLI; GONZALEZ, 1989, MEDEIROS *et al.*, 2007). As CaC's são conversores eficientes de energia e para isso, faz-se necessário o uso de uma fonte energética que provém de um combustível, o qual, é o que impulsiona para o funcionamento da célula.

A reação que ocorre na célula é uma reação de combustão, onde um combustível é oxidado e o oxigênio do ar, é reduzido. Na célula, o combustível é oxidado em um dos eletrodos, o ânodo, enquanto que no outro, o cátodo, ocorre a redução de oxigênio. A reação atinge seu ápice com a circulação dos elétrons no circuito externo, onde o trabalho elétrico é realizado (TICIANELLI; GONZALEZ, 2005).

A estrutura física de uma célula a combustível é descrita como sendo composta por dois eletrodos (condutores eletrônicos), sendo um positivo, cátodo, e outro negativo, denominado ânodo, os quais são separados por um eletrólito (condutores iônicos), onde este irá transportar os íons. Uma vez que os eletrodos são supridos com os gases reagentes, aparece uma diferença de potencial entre estes, que em circuito aberto resulta da ordem de 1,0 V. A este sistema eletroquímico, dá-se o nome de célula unitária (TICIANELLI; GONZALEZ, 2005, TICIANELLI; GONZALEZ, 1989).

Os eletrodos empregados nas células a combustível são chamados de eletrodos de difusão a gás, e estes são colocados de forma a separar o eletrólito dos reagentes gasosos na célula. Os eletrodos de difusão a gás são condutores eletrônicos permeáveis aos gases reagentes e são separados um do outro pelo eletrólito a fim de que os gases não se misturem. O eletrólito pode ser líquido, um polímero condutor de cátions, saturado com líquido, ou um sólido (óxido de zircônio) (WENDT; GOTZ; LINARDI, 2000).

Referindo-se ao interesse prático, o único combustível que permite obter densidades de corrente elétrica adequadas no estágio atual de desenvolvimento da tecnologia, é o hidrogênio, embora já existam células que utilizam metanol como combustível, porém, as densidades de correntes são relativamente baixas. Desse modo, o procedimento mais viável é submeter o combustível a uma reforma a vapor para se obter o hidrogênio que é introduzido na célula. Em uma célula onde o hidrogênio atua como combustível e o oxigênio como oxidante, é possível obter como produto final eletricidade, calor e água, como ocorre nas reações a seguir:



Uma célula a combustível ideal utiliza como combustível o gás hidrogênio, porém, o seu processo de armazenamento e transporte acabam dificultando o seu uso, além de haver a necessidade de produzi-lo, devido este não ser um combustível primário, configurando-se assim, como um vetor energético (CÂNDIDO *et al.*, 2013;

2.2 Células a Combustível de Álcool Direto (DAFC)

Entre os diferentes tipos de células existentes, nos últimos tempos, um interesse crescente tem surgido quanto ao desenvolvimento de células que utilizam combustíveis líquidos, principalmente álcoois que colocam estes sistemas na lista dos ditos renováveis. Dentre os possíveis álcoois, metanol, etanol, etilenoglicol e glicerol, estudos vêm sendo realizados, visando a aplicação direta em células a combustível de álcool direto (DAFC – do inglês, Direct Alcohol Fuel Cell) (SAROM, 2007).

As células a combustível de álcool direto (DAFC), são células que promovem a oxidação direta do combustível sem haver a necessidade de reforma. Quando comparadas às células que utilizam diretamente hidrogênio gasoso, as DAFC's apresentam algumas vantagens, dentre elas, destacam-se o menor custo, a fácil manipulação do combustível, além de gerarem mais elétrons na oxidação completa do álcool que o hidrogênio (ARAÚJO, 2015).

Nas DAFC's o álcool utilizado é inserido diretamente no ânodo do dispositivo, e a partir da reação de oxidação são produzidos elétrons e prótons. Contudo, as células alimentadas com álcoois produzem dióxido de carbono (CO_2) no ânodo do dispositivo, e vários outros subprodutos dependendo da espécie alcoólica, enquanto que no cátodo, ocorre a formação de água e calor, conforme a Figura 1 (SILVA; DORÇA; CAMACHO, 2007).

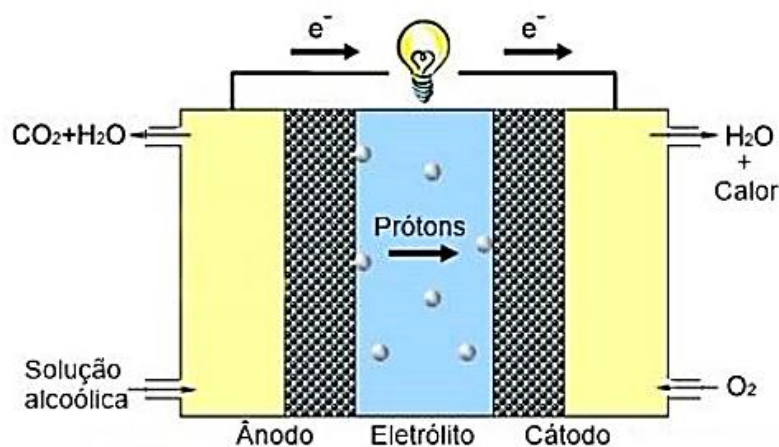


Figura 1: Esquema geral do funcionamento de uma célula a combustível alimentada diretamente com álcool.

Fonte: ARAÚJO, 2015

Do ponto de vista tecnológico, as reações de oxidação dos álcoois têm sido de grande importância para o desenvolvimento das células a combustível e isso tem levado à procura por novos combustíveis líquidos tais como, metanol, etanol, etilenoglicol e glicerol, dentre estes, há um maior destaque para o metanol, sendo considerado um bom combustível para essas células, uma vez que, é comercialmente barato, pode ser

oxidado facilmente e é de fácil manipulação em comparação ao hidrogênio, contudo, seu uso nessas células é limitado, devido a sua alta inflamabilidade e toxicidade (BERMANN, 2008), além de produzir uma quantidade elevada de monóxido de carbono (CO) durante a oxidação, o que acarreta na diminuição da eficiência da célula, uma vez que, este pode se adsorver na superfície do catalisador (LIMA, 2015).

Pesquisas voltadas para geração de energia renováveis a partir de álcoois com altas densidades energéticas, baixos pesos moleculares, como por exemplo, etanol, metanol, etilenoglicol, e mais recentemente, o glicerol no estudo de eletrocatálise, vem aumentando cada vez mais, visto que, pode atuar como uma via de colaboração em uma conversão de energia mais eficiente e menos poluidora.

2.3 Célula a combustível de glicerol direto (DGFC)

O termo glicerol geralmente aplica-se somente ao componente químico puro (1,2,3-propanotriol) de fórmula molecular $C_3H_8O_3$, o qual, é um líquido que não tem cheiro, apresenta uma densidade de 5 kWhKg^{-1} e caracteriza-se com uma alta viscosidade. Em sua estrutura, um grupo hidroxila é ligado a cada um dos três carbonos presentes na molécula, como mostra a Figura 2 (PEITER *et al.*, 2016).

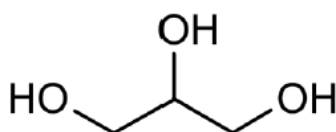


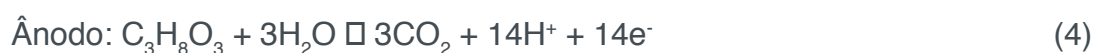
Figura 2: Fórmula estrutural do glicerol.

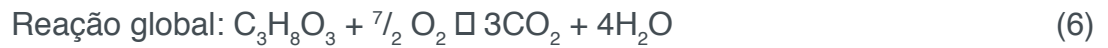
Fonte: BORTOLOTTI, 2016

O glicerol é um álcool que tem uma alta densidade de energia quando comparado a outros combustíveis utilizados como, metanol e o etanol, e é um subproduto da produção de biodiesel, onde, para cada três mols de biodiesel, produz-se um mol de glicerol, sendo que a partir desta regra de conversão, pode-se estimar a dimensão do aumento da produção de glicerol.

O uso deste álcool como combustível, tem despertado o interesse em muitas pesquisas de eletrocatálise, pois apresenta algumas vantagens em relação a outros álcoois, como por exemplo, elevado ponto de ebulição ($290 \text{ }^\circ\text{C}$), o que faz com que diminua o seu risco de periculosidade diante de outros álcoois mais leves e apresenta uma densidade energética elevada, até 5 kWhkg^{-1} .

As reações que ocorrem nas células a combustível de glicerol direto (DGFC), são:





Por possuir baixa toxicidade e por ter em sua estrutura a presença de grupos hidroxilas em cada um dos carbonos da cadeia, a possibilidade de oxidação parcial de cada um deles é grande, podendo ser obtido 10 dos 14 elétrons que estão disponíveis na molécula. Neste âmbito, os fatores de baixa toxicidade, seu alto potencial energético e sua elevada obtenção a baixos custos, fazem com que o glicerol se torne uma alternativa aos demais álcoois com aplicação em célula a combustível (BORTOLOTTI, 2016; JUNIOR, 2015).

O glicerol quando completamente oxidado libera 14 elétrons por molécula. Este álcool dispõe de uma vasta aplicação, tanto na indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética, contudo, essas indústrias que gerenciam a produção de glicerol obtido a partir do biodiesel, não estão conseguindo absorver sua quantidade excessiva produzida, de forma que este era descartado de maneira incorreta na natureza (ARAÚJO, 2015).

Uma das dificuldades encontradas na oxidação do glicerol em ambos os casos é a ruptura das ligações C-C da molécula, o que resulta na formação de intermediários gerados a partir da oxidação incompleta do álcool (GONÇALVES, 2010). Assim, se tornou de grande importância o desenvolvimento de rotas alternativas para o aproveitamento do glicerol, onde um extenso número de produtos pode ser gerado devido a quantidade de grupos hidroxilas (OH) presentes na molécula (ARAÚJO, 2015). Esse esquema de rotas pode ser observado na Figura 3.

Em meios alcalinos são oxidados preferencialmente grupos alcoólicos primários, e o ácido glicérico é obtido em maior quantidade, enquanto que em condições ácidas formam-se particularmente grupos alcoólicos secundários, como a dihidroxiacetona e ácido hidróxipirúvico, por exemplo. Outra espécie que surge como intermediário devido às etapas de oxidação incompleta da molécula de glicerol é o monóxido de carbono (CO). Este quando adsorvido de forma irreversível sobre os sítios superficiais de catalisadores, como por exemplo a platina, compromete a eficiência catalítica e o rendimento dos mesmos (GONÇALVES, 2010; SIMÕES; BARANTON; COUTANCEAU, 2010).

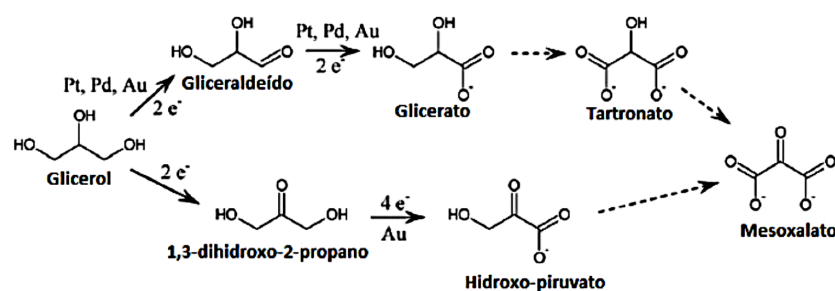


Figura 3: Mecanismo de eletro-oxidação do glicerol.

Fonte: SIMÕES *et al.*, 2010

A platina é o principal catalisador utilizado tanto em meio ácido como em meio alcalino. Porém, esse metal apresenta um alto custo financeiro e o monóxido de carbono (CO) juntamente com outros resíduos orgânicos formados durante a dissociação das moléculas orgânicas alcoólicas, se adsorvem vigorosamente à superfície do catalisador, impedindo assim, a reação de prosseguir. Diante disso, estudos vêm sendo feitos com o intuito de aplicar novos catalisadores e diminuir o uso da platina em células a combustível, e para isso, existe a possibilidade de utilização de catalisadores bimetálicos, onde a platina vem sendo utilizada em conjunto com outros metais, geralmente menos nobres, tais como, Rh, Ru, Co, Sn, Ni, a fim de oxidar os resíduos a potenciais mais baixos (JUNIOR, 2015).

3 | METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se o processo de lavagem das vidrarias, a qual, compõe-se de três etapas: banho em solução alcalina de permanganato de potássio; lavagem com solução ácida de peróxido de hidrogênio e em seguida, fervida em água purificada por no mínimo três vezes. O disco de ouro (usado como suporte) foi polido inicialmente com uma suspensão de alumina com diferentes granulometrias, 0,3 e 1,0 micron.

O disco foi colocado em um becker pequeno junto com acetona e levado ao banho ultrassom por aproximadamente 10 minutos. O mesmo procedimento ocorreu utilizando permanganato de potássio (KMnO_4) no lugar da acetona. O disco foi então retirado do banho ultrassom e lavado com peróxido (H_2O_2), e em seguida com água destilada quente para conclusão desta etapa.

Foram utilizados eletrocatalisadores à base de platina com razões atômicas de $\text{Pt}_5\text{Sn}_4\text{Rh}_1/\text{C}$, $\text{Pt}_3\text{Sn}_1\text{Rh}_1/\text{C}$ e PtSn/C , sendo este último para efeito de comparação, os quais, foram preparados através do Método de Redução por Álcool (MRA), onde este método consiste na presença dos metais ativos em uma suspensão contendo pó de carbono a partir da redução com álcool em refluxo, onde foi utilizado etilenoglicol como agente redutor. A mistura composta pelo pó de carbono (VULCAN XC-72R) e pelos sais dos metais ativos dispersos em solução de etilenoglicol:água, foi mantida em refluxo durante 3 h a temperatura de 130 °C. Ao fim do refluxo, o composto foi seco a temperatura de 80 °C, resultando assim nos eletrocatalisadores (SOUZA, 2009).

Para os testes eletroquímicos foram utilizadas as técnicas de Voltametria Cíclica (VC) e Cronoamperometria (CA) em uma célula eletroquímica de três eletrodos com entrada e saída de gás (Figura 4), utilizando um Potenciostato/Galvanostato – 302N Metrohm, onde este é acoplado a um computador.



Figura 4: Célula eletroquímica

Fonte: Autor, 2018

Os eletrodos foram conectados à célula eletroquímica, onde como contra-eletródo foi utilizado uma placa de platina, em seguida colocou-se o eletrodo de referência reversível de hidrogênio (ERH), e como eletrodo de trabalho utilizou-se um disco de ouro com $0,78 \text{ cm}^2$ de área.

Os testes eletroquímicos foram realizados em meio alcalino, utilizando hidróxido de potássio como eletrólito suporte ($\text{KOH } 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$). Antes de executar a voltametria, retirou-se o oxigênio do eletrólito através da passagem de N_2 pela solução por 10 minutos, aproximadamente.

Para a voltametria cíclica no eletrólito suporte, realizou-se uma varredura no disco de ouro sem a presença do catalisador na sua superfície para verificar a existência de impurezas através da técnica de voltametria cíclica. Os voltamogramas foram traçados em eletrólito de suporte (KOH) contendo no intervalo de potencial $0,06$ a $1,8 \text{ V}$ e com velocidade de varredura em 10 mV.s^{-1} a temperatura ambiente. Posteriormente, foram realizadas VC's dos eletrodos com a camada catalisadora com velocidades de varreduras de 10 mV.s^{-1} , e utilizou-se uma janela de potencial de $0,06 - 1,1 \text{ V}$.

Para os testes com o eletrocatalisador foi preparada, uma suspensão contendo 2 mL de isopropanol e $50 \mu\text{L}$ de Nafion® para cada grama de catalisador, onde colocou-se no banho ultrassom durante 10 min . Logo após, a solução com eletrocatalisador foi depositada sobre o disco de ouro (Au) com posterior evaporação de todo o solvente em temperatura ligeiramente acima da ambiente, ficando apenas o catalisador depositado na superfície do disco.

Para o efeito da concentração do álcool, foi realizado por voltametria cíclica (VC) e Cronoamperometria (CA) pela adição de Glicerol P.A. (Merck) sob concentrações de $0,1$, $0,5$, $1,0$ e $2,0 \text{ molL}^{-1}$ ao eletrólito suporte, em condições similares as citadas na voltametria no eletrólito suporte. A cronoamperometria foi realizada em potenciais fixos (600 mV) durante 20 min , onde, nessa etapa avaliou-se a atividade catalítica dos materiais utilizados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização eletroquímica

4.1.1 Voltametria cíclica

A atividade catalítica dos eletrocatalisadores foi estudada em eletrólito alcalino, KOH 0,5 mol.L⁻¹, por meio de voltametria cíclica, a qual, é uma técnica analítica que tem por objetivo analisar dados qualitativos e quantitativos na superfície do eletrodo de trabalho de uma espécie química eletroativa, a partir de uma relação entre corrente versus potencial, por meio de eletrólise realizada em uma célula com dois ou três eletrodos. A partir dessa técnica, foi possível observar a presença de processos de óxido-redução, adsorção da espécie eletroativa e a reversibilidade das reações na superfície do eletrodo (COUTINHO, 2017).

No Gráfico 1 são apresentados os voltamogramas cíclicos na presença e ausência de glicerol 0,5 mol.L⁻¹, em intervalos de potencial de 0,06 a 1,1 V vs. ERH, a velocidade de varredura de 10 mV.s⁻¹. No voltamograma com a ausência do combustível (melhor observado na inserção), observa-se que entre os intervalos de potenciais de 0,05 a 0,4 V, a região de hidrogênio é pouco definida, devido estar relacionada com a oxidação do hidrogênio adsorvido na varredura catódica e anódica, conforme reações 7 e 8. Esse processo está relacionado também à formação de óxidos em potenciais mais baixos que modificam as correntes obtidas no decorrer da varredura, característica aplicada a materiais que contém platina (WANG, 2013).



Observa-se no Gráfico 1 que na região entre os intervalos de potenciais 0,05 a 0,4 V vs. ERH a densidade de corrente se mantém constante devido não apresentar a região de adsorção e dessorção de hidrogênio, um vez que o glicerol por ser um poliálcool se adsorve em potenciais mais baixos em eletrodos contendo platina, inibindo essa região (GONÇALVES, 2010). É possível observar que no potencial de 0,5 V, todos os catalisadores já apresentam densidade de corrente de oxidação do álcool, porém, para ambos os ternários nota-se que a oxidação é antecipada e ocorre a 0,35 V em relação ao catalisador binário que apresentou potencial de oxidação em 0,45 V.

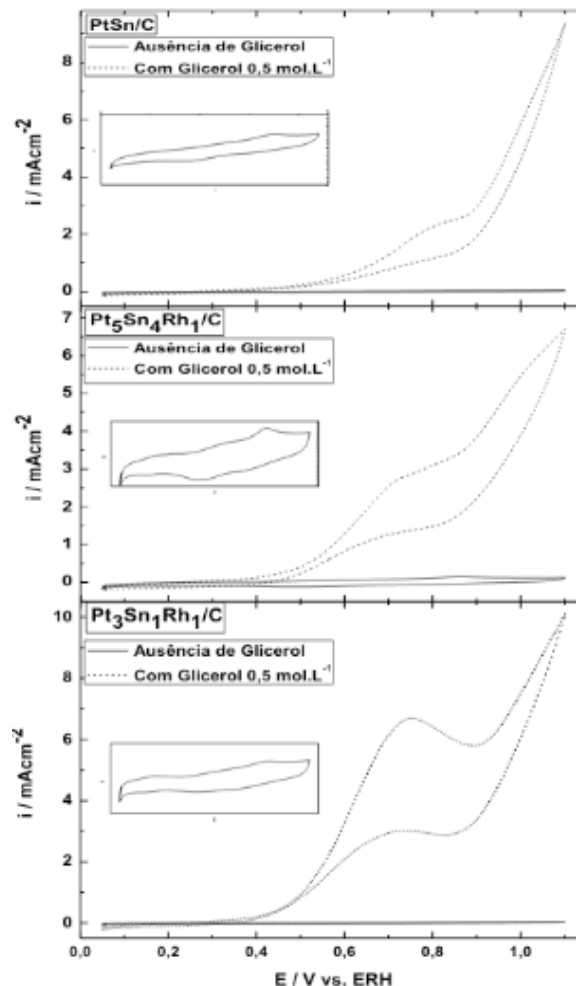


Gráfico 1: Voltamogramas cíclicos de PtSn/C, Pt₅Sn₄Rh₁/C e Pt₃Sn₁Rh₁/C em KOH 0,5 mol.L⁻¹, na presença de Glicerol 0,5 mol.L⁻¹, velocidade de varredura 10 mVs⁻¹, em temperatura ambiente

Isso ocorre devido os metais adicionados à platina favorecerem a adsorção de espécies oxigenadas facilitando a oxidação de espécies intermediárias, como por exemplo o CO a CO₂ (GOMES *et al.*, 2013). Entre os potenciais de 0,6 a 0,9 V, observa-se a formação do primeiro pico, o qual, corresponde a oxidação inicial de moléculas de glicerol adsorvidas sobre a superfície catalítica, apresentando um máximo de densidade de corrente de 2,25 mAcm⁻² para Pt₅Sn₄Rh₁/C e 7 mAcm⁻² para Pt₃Sn₁Rh₁/C.

Após atingir o máximo de corrente, onde começam a aparecer as espécies adsorvidas, observa-se uma pequena queda de corrente e a formação do segundo pico anódico bem definido (melhor observado para Pt₃Sn₁Rh₁/C), entre os potenciais de 0,9 a 1,1 V. A varredura catódica atribui-se à oxidação de produtos intermediários resultante da oxidação incompleta do glicerol e pode ocorrer mais lentamente, devido essa velocidade de reação de álcoois com mais de um carbono ser determinada pela clivagem das ligações C – C, visto que, os intermediários são adsorvidos nos sítios ativos do catalisador e competem com o glicerol bloqueando a parte cataliticamente ativa, onde, no meio alcalino são formados como produtos principais da oxidação, gliceraldeído, dihidroxiacetona, ácido glicólico e ácido oxálico (NUNES, 2012; SILVA,

2013).

A quebra dessas ligações é favorecida com a combinação da Pt com um segundo ou terceiro metal, sendo utilizado neste caso, Sn e Rh, onde, observa-se que a introdução do Sn na estrutura cristalina da Pt, provoca melhora na atividade catalítica, e o Rh por sua vez, facilita a quebra das ligações de carbono, enquanto que o CO formado como produto reacional intermediário durante a clivagem das ligações C–C se adsorve mais fracamente e é oxidado a CO₂ (SANTOS, 2015).

Para avaliar a eficiência de um catalisador, analisa-se o potencial de início de oxidação do álcool e o máximo de densidade de corrente. Quanto mais baixo for o potencial de oxidação e maior o valor da densidade de corrente do pico anódico mais eficiente será o catalisador, contudo, altos valores de densidade de corrente não significa que o catalisador será seletivo para formação de CO₂, uma vez que, há a formação de espécies menos oxidadas (GOMES; TREMILIOSI-FILHO, 2011). Assim, observa-se que a antecipação do potencial de oxidação e a elevação na densidade de corrente, aumenta a atividade catalítica, que é beneficiada pela combinação dos três metais em comparação ao catalisador binário. A fim de encontrar a melhor concentração para a eletro-oxidação de glicerol e possível aplicação no sistema de célula a combustível, realizou-se testes para avaliar o efeito da concentração do álcool.

Conforme observado no Gráfico 2 onde são apresentados voltamogramas cíclicos para eletrocatalisadores ternários em diferentes concentrações de glicerol na presença de eletrólito suporte KOH 0,5 mol.L⁻¹ a velocidade de varredura de 10 mVs⁻¹.

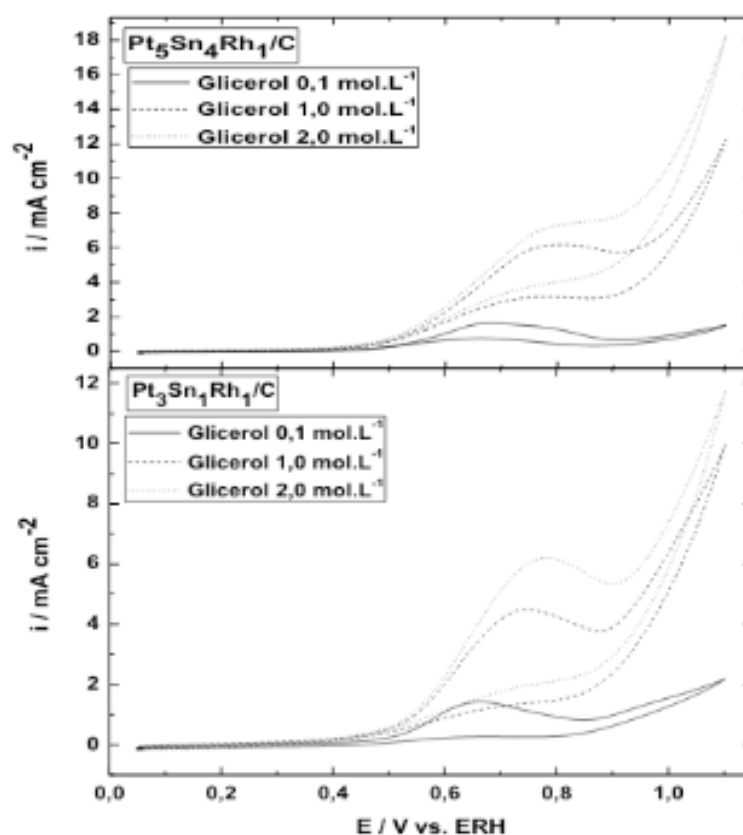


Gráfico 2: Voltamogramas cíclicos de Pt₅Sn₄Rh₁/C, Pt₃Sn₁Rh₁/C em KOH 0,5 mol.L⁻¹, na presença de Glicerol 0,1, 1,0 e 2,0 mol.L⁻¹, velocidade de varredura 10 mVs⁻¹, em temperatura ambiente

Os resultados obtidos apresentaram perfis característicos da oxidação do álcool. Considerando toda a varredura positiva no voltamograma cíclico, observa-se que conforme a concentração de glicerol aumenta é possível observar para ambos os catalisadores, que o aumento das densidades de correntes foram proporcionais ao aumento das concentrações do álcool, 0,1, 1,0 e 2,0 mol.L⁻¹, atingindo uma densidade corrente máxima em 18 mAcm⁻² para Pt₅Sn₄Rh₁/C e em 12 mAcm⁻² para Pt₃Sn₁Rh₁/C na concentração de 2 mol.L⁻¹.

4.2 Cronoamperometria

Por meio da técnica de Cronoamperometria, a qual, mostra a estabilidade durante o processo reacional, onde se fixa o valor do potencial com o intuito de se observar o comportamento da corrente em função do tempo, foi avaliada a atividade e estabilidade do catalisador. Nos testes, foi aplicado o potencial de 0,6 V durante tempo de 1200 s. No Gráfico 3 estão apresentados os perfis de decaimento cronoamperométrico para os eletrocatalisadores Pt₅Sn₄Rh₁/C, Pt₃Sn₁Rh₁/C e PtSn/C na concentração de 0,5 mol.L⁻¹ de eletrólito e glicerol.

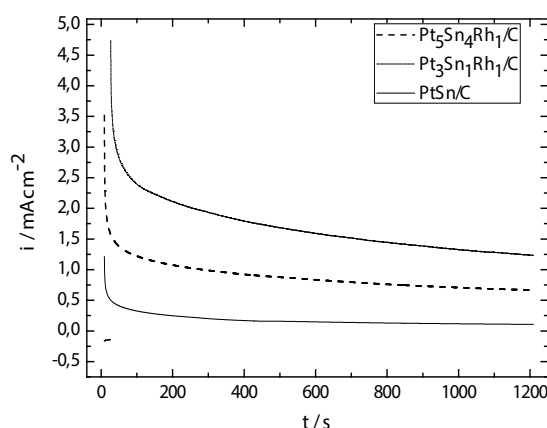


Gráfico 3: Curvas amperométricas de Pt₅Sn₄Rh₁/C, Pt₃Sn₁Rh₁/C e PtSn/C em KOH 0,5 mol.L⁻¹, na presença de Glicerol 0,5 mol.L⁻¹, a 600 mV, tempo de 1200 s, em temperatura ambiente.

É possível observar que houve uma queda brusca na densidade de corrente para os catalisadores ternários e binários nos primeiros 50 s, havendo um decréscimo exponencial na densidade de corrente, essa queda de corrente pode ser relacionada ao recobrimento da superfície dos catalisadores por grupos OH_{ads}/O_{ads} a elevados potenciais. Outro fator que pode ser associado é à possível adsorção intensa de intermediários gerados no processo de eletro-oxidação do glicerol (BORTOLOTTI, 2016). Nas condições estudadas, os catalisadores apresentaram-se estáveis próximo de 20 min, apresentando densidades de correntes em ordem decrescente (Pt₃Sn₁Rh₁/C > Pt₅Sn₄Rh₁/C > PtSn/C), denotando assim maior atividade catalítica quando o estanho

e o ródio estão presentes no catalisador.

Na Tabela 1, encontram-se os valores da densidade de corrente dos catalisadores obtidos com variação na concentração do álcool em 0,1, 1,0 e 2,0 mol.L⁻¹. Os eletrocatalisadores ternários apresentaram densidade de corrente quase-estacionárias no tempo 1200 s. Pt₅Sn₄Rh₁/C apresentou aumento de densidade de corrente com o aumento da concentração do álcool, confirmando os dados voltamétricos para a variação da concentração. Enquanto que Pt₃Sn₁Rh₁/C apresentou maior densidade de corrente (9,98 μA.cm⁻²) para a maior concentração do álcool nos primeiros segundos, mas que foi diminuindo ao longo do tempo, resultado em valor mais baixo a 1200 s (3,11 μA.cm⁻²).

Catalisador	Concentração do Álcool (mol.L ⁻¹)	Corrente (μAcm ⁻²)
Pt ₅ Sn ₄ Rh ₁ /C	0,1	3,48
	1,0	1,50
	2,0	4,99
Pt ₃ Sn ₁ Rh ₁ /C	0,1	6,38
	1,0	4,39
	2,0	3,11

Tabela 1: Corrente obtida após 20 min em diferentes concentrações do álcool, 0,1, 1,0 e 2,0 mol.L⁻¹ em eletrólito básico KOH 0,5 mol.L⁻¹.

5 | CONCLUSÃO

O estudo sobre a atividade catalítica dos eletrocatalisadores Pt₅Sn₄Rh₁/C, Pt₃Sn₁Rh₁/C e PtSn/C para aplicações em células a combustível de álcool direto mostrou-se significativo. Os testes eletroquímicos de voltametria cíclica realizados em meio alcalino mostraram boa atividade catalítica, tendo uma efetiva eletro-oxidação de glicerol para catalisadores ternários, pois apresentaram altas densidades de correntes e baixos potenciais de início de oxidação do glicerol, denotando assim, maior desempenho catalítico nas condições estudadas.

Os testes cronoamperométricos revelaram boa atividade catalítica para os eletrocatalisadores ternários a 0,6 V, apresentando densidade de correntes quase estacionárias a 1200 s. O aumento da concentração proporcionou o aumento da densidade de corrente somente para Pt₅Sn₄Rh₁/C, enquanto Pt₃Sn₁Rh₁/C apresentou maior densidade para maior concentração somente nos primeiros segundos de teste.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. F. de. **Estudo da eletro-oxidação de glicerol sobre eletrocatalisadores ternários.** 2015. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós graduação em Química, Universidade Federal do Amazonas, 104p.

BERMANN, B. **Crise ambiental e as energias renováveis.** Ciência e Cultura, v. 3, p.20-28, 2008.

- BORTOLOTTI, F. **O efeito da ordenação e estrutura geométrica dos materiais PtSn/C e PdSn/C na eletrooxidação do glicerol em meio alcalino.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências – Bauru, 92p.
- CÂNDIDO, A. S.; *et al.* **Desenvolvimento de catalisadores para oxidação de glicerol.** 2013. Cadernos de Graduação – Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe, v. 1, n.16, p.45-60.
- COUTINHO, J. W. D. **Estudo eletroquímico de catalisadores de Pt-Mo e Pt-Cd para a oxidação eletroquímica de etilenoglicol para a possível aplicação em células a combustível diretas a álcool.** 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 76p.
- GOMES, J. F.; *et al.* **Insights into the adsorption and electro-oxidation of glycerol: Self-inhibition and concentration effects.** Journal of Catalysis, v. 301, p. 154-161, 2013.
- GOMES, J. F.; TREMILIOSI-FILHO, G. **Spectroscopic Studies of the Glycerol Electro-oxidation on Polycrystalline Au and Pt Surfaces in Acid and Alkaline Media.** Electroatal, v. 2, p. 96-105, 2011.
- GONÇALVES, B. R. L. **Estudo da eletrocatalise da reação de oxidação do glicerol sobre as fases intermetálicas ordenadas PtSn/C e AuSn/C.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 150p.
- GONZALEZ, E. R. **Eletrocatalise e poluição ambiental.** Química Nova, v. 23, p. 262-266, 2000.
- JUNIOR, E. F. F. **Desenvolvimento de uma célula a combustível de glicerol direto em meio alcalino.** 2015. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de Pós graduação em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 128p.
- LIMA, S. A. S. C. **Eletrocatalisadores de PtSn/C em diferentes composições para estudo da eletrooxidação de etilenoglicol para aplicação em células a combustível de álcool direto.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Amazonas, 65p.
- MEDEIROS, M. E.; *et al.* **Pilhas a combustível de óxido sólido: Materiais, componentes e configurações.** Química Nova, v. 30, n.1, p.189-197, 2007.
- NUNES, F. A. **Efeito catalítico de eletrodos de Pt/C, PtIr/C, PtW/C e PtRe/C sobre reação de oxidação de etanol e glicerol.** 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Maranhão, 70p.
- PEITER, G. C.; *et al.* **Alternativas para o uso do glicerol produzido a partir do biodiesel.** Revista Brasileira de Energia Renovável, v. 5, n. 4, p. 519-537, 2016.
- SANTOS, C. R. Z. **Atividade e estabilidade proeminentes de nanopartículas de PtIrO_x decoradas com Rh para eletro-oxidação de glicerol.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 67p.
- SARON, C. **Mudanças climáticas globais e o desenvolvimento da tecnologia de células a combustível.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 22, p. 16-28, 2007.
- SILVA, E. D. **Eletro-oxidação do Glicerol para produção de Alfa-Hidroxiácidos.** 2013. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, 105p.
- SILVA, E. P.; DORÇA, D. A.; CAMACHO, J. R. **Uma abordagem sobre células a combustível de álcool direto – DAFC.** V. – CEEL (Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica) Minas Gerais.

Universidade Federal de Uberlândia. p. 1-4, 2007.

SIMÕES, M.; BARANTON, S.; COUTANCEAU, C. **Electro-oxidation of glycerol at Pd based nanocatalysts for an application in alkaline fuel cells for chemicals and energy cogeneration.** Applied Catalysis B: Environmental. v. 93, p. 354-362, 2010.

SOUZA, E. A. **Estudo de Eletrocatalisadores para a reação de oxidação de metanol direto em células a combustível de eletrólito polimérico.** 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Amazonas, 84p.

TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Células a combustível: uma alternativa promissora para a geração de eletricidade.** Química Nova, v. 12, p. 268-271, 1989.

TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. **Eletroquímica: Princípios e Aplicações.** 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 165-167, 2005.

WANG, R.; *et al.* **Effect of structure of Ni nanoparticles on the electrocatalytic activity of Ni-Pd/C for formic acid oxidation.** International Journal of Hydrogen Energy, n. 38, p. 13125-13131, 2013.

WENDT, H.; GOTZ, M.; LINARDI, M. **Tecnologia de células a combustível.** Química Nova, v. 23, n.4, p. 538-546, 2000.

SOBRE O ORGANIZADOR

João Dallamuta: Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com Gestão da Inovação, Empreendedorismo e Inteligência de Mercado.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-355-2

