

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
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. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
D618	<p>A diversidade de debates na pesquisa em química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-036-0 DOI 10.22533/at.ed.360202105</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Pesquisa – Metodologia. I.Nardeli, Jéssica Verger.</p> <p style="text-align: right;">CDD 540.7</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados a revestimentos inteligentes – *smart coatings*; técnicas eletroquímicas; modificação de superfície; processo foto-Fenton; dessulfurização adsortiva de diesel; otimização de sensores; contaminantes orgânicos; degradação de compostos; nanotubos de carbono hidrofílicos; oxidação parcial do metano; produção de etanol; tratamento de efluente aquoso; produção de biogás; processo oxidativo avançado; partição de íons metálicos; ensino de polímeros; reutilização de óleo industrial; análise complexométrica de alumínio e modelagem molecular. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. A diversidade de Debates na pesquisa em Química tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (eletroquímica, microscopia, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SMART COATING FOR CORROSION PROTECTION OF ALUMINIUM ALLOYS: GLOBAL AND LOCALIZED STUDY OF ANTI- CORROSION PERFORMANCE	
Jéssica Verger Nardeli Cecílio Sadao Fugivara Fátima Montemor Assis Vicente Benedetti	
DOI 10.22533/at.ed.3602021051	
CAPÍTULO 2	13
FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED FOR OPTIMIZATION OF TARTRAZINE REMOVAL BY PHOTO-FENTON PROCESS USING Cu_2FeSn_4 CATALYST	
Julia da Silveira Salla Vitória Segabinazzi Foletto Jivago Schumacher de Oliveira Gabriela Carvalho Collazzo Evandro Stoffels Mallmann Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.3602021052	
CAPÍTULO 3	23
TRANSFORMACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO CON HONGOS AISLADOS DE BAGAZO DE CAÑA	
Miguel Ávila Jiménez Myriam Gisela Gutiérrez Rueda Julia Aguilar Pliego María del Rocío Cruz Colín María Teresa Castañeda Briones	
DOI 10.22533/at.ed.3602021053	
CAPÍTULO 4	32
APLICAÇÃO DE MATERIAIS MCM-41 E SBA-15 COMO SINTETIZADOS E MODIFICADOS COM ÍONS NÍQUEL E PRATA NA DESSULFURIZAÇÃO ADSORTIVA DE DIESEL	
Clenildo de Longe Rafael Viana Sales Anne Beatriz Figueira Câmara Adriano Santos de Sousa Leila Maria Aguilera Campos Maritza Montoya Urbina Tatiana de Campos Bicudo Luciene Santos de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021054	
CAPÍTULO 5	43
AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA	
Sarah Setznagl Ivana Cesarino	
DOI 10.22533/at.ed.3602021055	

CAPÍTULO 6	57
COMPORTAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM SUBSUPERFÍCIE	
Vivian Maria de Arruda Magalhães	
Oswaldo Chiavone Filho	
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna	
DOI 10.22533/at.ed.3602021056	
CAPÍTULO 7	76
INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO FENOL EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E IRRADIAÇÃO SOLAR	
Julia da Silveira Salla	
Humberto Neves Maia de Oliveira	
André Luís Novais Mota	
Cláudio Augusto Oller do Nascimento	
Edson Luiz Foletto	
Oswaldo Chiavone-Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021057	
CAPÍTULO 8	89
PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO HIDROFÍLICOS	
Leila Cottet	
Luís Otávio de Brito Benetoli	
Nito Angelo Debacher	
DOI 10.22533/at.ed.3602021058	
CAPÍTULO 9	98
ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$ E $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO	
Karina Tamião de Campos Roseno	
Rodrigo Brackmann	
Rita Maria de Brito Alves	
Reinaldo Giudici	
Martin Schmal	
DOI 10.22533/at.ed.3602021059	
CAPÍTULO 10	107
PRODUÇÃO DE ETANOL UTILIZANDO BAGAÇO DE SORGO BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Charles Nunes de Lima	
Fernanda Maria da Silva Costa	
Érik Ramos da Silva de Oliveira	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.36020210510	
CAPÍTULO 11	118
UTILIZAÇÃO DAS CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICA COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON PARA REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM EFLUENTE AQUOSO	
Fernanda Caroline Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago Schumacher de Oliveira	
Julia da Silveira Salla	
Sérgio Luiz Jahn	
Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.36020210511	

CAPÍTULO 12 128

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA SELEÇÃO DE UM CULTIVAR DE SORGO SACARINO NO ESTADO DE MATO GROSSO

Cristian Jacques Bolner de Lima
Fernanda Maria da Silva Costa
Érik Ramos da Silva de Oliveira
Francieli Fernandes
Charles Souza da Silva
Juniele Gonçalves Amador
Monique Virões Barbosa dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.36020210512

CAPÍTULO 13 141

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DA UFRN

Oscar Eduardo Reyes Cavalcanti
Ana Beatriz de Gois Lima
Thalita Gomes Ferreira
Nathalia Souza Teixeira
Rosangela Dala Possa
Leila Maria Aguilera Campos
Maritza Montoya Urbina
Adriano Santos de Sousa
Luciene Santos de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.36020210513

CAPÍTULO 14 154

REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM NAFTALENO: ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS HOMOGÊNEO E HETEROGÊNEO

Vivian Maria de Arruda Magalhães
Gabriela Paupitz Mendes
Rayanne Macêdo Aranha
Oswaldo Chiavone Filho
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna

DOI 10.22533/at.ed.36020210514

CAPÍTULO 15 170

SISTEMA AQUOSO BIFÁSICO: CONCEITOS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES NA PARTIÇÃO DE ÍONS METÁLICOS

Ednilton Moreira Gama
Roberta Pereira Matos
Guilherme Dias Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.36020210515

CAPÍTULO 16 179

UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS E ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS: UMA PERSPECTIVA DE APRIMORAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O ENSINO DE POLÍMEROS

Amanda Rebelo de Azevedo
Vinicius Fernandes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.36020210516

CAPÍTULO 17 201

PRODUÇÃO DE SABÃO UTILIZANDO ÓLEO RESIDUAL ORIUNDO DE PROCESSAMENTO DE MÁQUINAS DE FRANGO

Gisele Carvalho Conceição
Thayssa Sales Cardoso
Diego Ribeiro Nunes
Ronald Almeida dos Santos
Sérgio Vinicius Machado dos Santos
Emanoel Oliveira de Aviz
Arlesson Pereira da Silva
Ronald Vieira Garcia
Josiney Farias de Araújo
Simonny do Carmo Simões Rolo de Deus
Ricardo Jorge Amorim de Deus
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Leandro Marques Correia

DOI 10.22533/at.ed.36020210517

CAPÍTULO 18 221

ANÁLISE COMPLEXOMÉTRICA DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM PANEAS DE ALUMÍNIO E/OU INOX, EM RESTAURANTES DE SÃO LUÍS – MA

Elis Cristina de Sousa Ferreira
Ricardo Santos Silva
Anna Karolyne Lages Leal
Raissa Soares Penha Ferreira
Maria do Socorro Nahuz Lourenço

DOI 10.22533/at.ed.36020210518

CAPÍTULO 19 231

A PRIMEIRA MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA PROTEÍNA VP4 DO VÍRUS CHANGUINOLA

Bruno Rafael Costa Guimarães
Raul Alexandre Maciel Campos
Jânio di Paula Cavalleiro de Macêdo dos Santos
Adriano Santos da Rocha
Alan Sena Pinheiro
Jorddy Neves Cruz
Sandro Patroca da Silva
Davi Henrique Trindade Amador
Miguel Braga
Renato Araújo da Costa
Elaine Cristina Medeiros da Rocha
João Augusto Pereira da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.36020210519

CAPÍTULO 20 249

POESIA COMO SIGNO ARTÍSTICO EM AULAS DE QUÍMICA

Elaine da Silva Ramos
Carlos Eduardo Laburú

DOI 10.22533/at.ed.36020210520

CAPÍTULO 21 261

ALBERTO MAGNO IN CHEMICAL TEACHING: THE COMICS AS A LEARNING METHOD

Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte
Ismael Montero Fernández

Cecilia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.36020210521

CAPÍTULO 22 269

ESTUDO QUÍMICO DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO TOCA DA BAIXA DO CAJUEIRO POR FRX PORTÁTIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Maria Conceição Soares Meneses Lage

Wilkins Oliveira de Barros

Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira

Anibal Gustavo Sousa Oliveira

Andressa Carvalho Lima

Benedito Batista Farias Filho

DOI 10.22533/at.ed.36020210522

SOBRE A ORGANIZADORA..... 281

ÍNDICE REMISSIVO 282

ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$ E $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO

Data de aceite: 04/05/2020

<http://lattes.cnpq.br/4707025505903896>

Data de submissão: 28/01/2020

Karina Tamião de Campos Roseno

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia Química
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7887306801931681>

Rodrigo Brackmann

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento de Química
Pato Branco – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4017429345069523>

Rita Maria de Brito Alves

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia Química
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2784703187800324>

Reinaldo Giudici

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia Química
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4750838304742762>

Martin Schmal

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia Química
São Paulo – São Paulo
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Engenharia Química – COPPE
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: Óxidos mistos com estrutura perovskita $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$ (NF) e $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$ (NC) foram sintetizados por meio da calcinação de polímeros obtidos pelo método de Pechini. Os catalisadores foram caracterizados por análise termogravimétrica (TG/DTA), microscopia eletrônica de transmissão (MET) e difração de raios X (DRX) com o intuito de se verificar a estabilidade térmica, a morfologia e a estrutura cristalina dos materiais sintetizados, respectivamente. Os óxidos obtidos foram empregados na reação de oxidação parcial do metano. As perovskitas apresentaram-se altamente cristalinas e aglomeradas. Ambos os óxidos se mostraram promissores candidatos a catalisadores da reação de oxidação parcial do CH_4 com destaque para a perovskita NC, que se evidenciou ativa e seletiva à formação de gás de síntese a 700 °C. A reação de oxidação total do CH_4 foi favorecida, em maior extensão, quando se empregou a perovskita NF. Os produtos da combustão total do CH_4 , por sua vez, conduziram à ocorrência de reações paralelas como a reforma a vapor do CH_4 e a reação de *Shift*, o que explica a elevada razão H_2/CO determinada para este catalisador (6,5)

em comparação ao catalisador NF (3,7).

PALAVRAS-CHAVE: perovskita, oxidação parcial do metano, gás de síntese, neodímio, reforma do metano.

ND_{0,95}FeO₃ AND ND_{0,95}CrO₃ PEROVSKITE-TYPE OXIDES FOR PRODUCTION OF SYNTHESIS GAS THROUGH PARTIAL OXIDATION OF METHANE

ABSTRACT: Nd_{0,95}FeO₃ (NF) and Nd_{0,95}CrO₃ (NC) perovskite-type structures were synthesized by the calcination of polymers obtained by the Pechini method. The catalysts were characterized by thermogravimetric analysis (TG/DTA), transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction (XRD) in order to verify the thermal stability, morphology and crystalline structure of the synthesized materials, respectively. The obtained oxides were used in the partial oxidation of methane (POM reaction). The perovskites were highly crystalline and agglomerated. Both oxides are promising candidates as catalysts for the POM reaction with prominence for NC perovskite, which was active and selective for the formation of synthesis gas at 700 °C. Total oxidation of CH₄ was favored to a greater extent when the perovskite NF was used. Products of the total combustion of CH₄, in turn, led to the occurrence of parallel reactions such as CH₄ steam reforming and the Shift reaction, which explains the high H₂/CO ratio determined for this catalyst (6.5) compared to the NF catalyst (3.7).

KEYWORDS: perovskite, partial oxidation of methane, syngas, neodymium, methane reforming.

1 | INTRODUÇÃO

As preocupações ambientais levaram a um aumento do interesse em fontes alternativas de energia para substituir recursos energéticos à base de combustíveis fósseis (IZQUIERDO *et al.*, 2012). O gás de síntese ou *syngas* (CO + H₂) utilizado como matéria-prima no processo de produção de metanol e combustíveis sintéticos pode ser produzido por diferentes reações dentre as quais a oxidação parcial do metano tem despertado interesse, devido a sua exotermicidade e, portanto, trata-se de uma reação que requer menos energia em relação à convencional e endotérmica reação de reforma a vapor do metano (ZHAO *et al.*, 2014). Os catalisadores à base de metais nobres apresentam elevado desempenho na conversão do metano e seletividade a gás de síntese, além de serem menos sensíveis à formação de carbono. No entanto, os metais de transição têm sido estudados devido ao seu baixo custo e maior disponibilidade em comparação aos metais nobres. Porém, os catalisadores à base de metais de transição apresentam como desvantagem a desativação pela formação de coque e sinterização de partículas metálicas como

consequência das elevadas temperaturas no reator de reforma.

Na busca por catalisadores ativos nas reações de reforma de hidrocarbonetos, os precursores óxidos do tipo perovskita, com fórmula geral ABO_3 , apresentam significativa atividade catalítica, estabilidade térmica e capacidade de impedir a deposição de carbono. Estes óxidos são muito interessantes em função de suas propriedades redox (mobilidade de oxigênio), além de tolerarem a substituição parcial e não estequiométrica de uma variedade de cátions nos sítios A e/ou B, e ainda manter a estrutura perovskita (PENA; FIERRO, 2001).

A perovskita $LaCrO_3$ tem destaque devido à sua estabilidade e alta atividade sob condições de reforma (MELCHIORI *et al.*, 2014), enquanto que a estrutura $LaFeO_3$ é muito atrativa pela sua elevada mobilidade de oxigênio (TANG; XU; FAN, 2015). Watanabe *et al.* (2016) estudaram o desempenho de uma série de perovskitas não estequiométricas do tipo $A_xCrO_{3-\delta}$ (A: La, Pr, Nd, $0,90 \leq x \leq 1,05$) na desidrogenação do propano com vapor. Os autores verificaram que o catalisador $Nd_{0,95}CrO_{3-\delta}$ foi o que apresentou o melhor desempenho na reação dentre as perovskitas estudadas.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho visa a análise do desempenho das perovskitas $Nd_{0,95}FeO_3$ e $Nd_{0,95}CrO_3$ na reação de oxidação parcial do metano para a produção de gás de síntese.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Síntese das perovskitas

As perovskitas $Nd_{0,95}FeO_3$ (NF) e $Nd_{0,95}CrO_3$ (NC) foram preparadas na forma mássica através da Rota do Complexo Polimerizável (RCP), também conhecida como método de Pechini. Soluções 0,4M de $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ e/ou $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ e solução 1,1M de ácido cítrico (AC) foram preparadas. As soluções dos nitratos metálicos foram misturadas, à temperatura ambiente, de modo a se obter uma mistura estequiométrica dos cátions. Em seguida, adicionou-se o AC ao sistema, e a temperatura foi elevada a 60°C, permanecendo, sob agitação, nesta condição por 30 minutos. Adicionou-se então o etilenoglicol (EG) na razão AC:EG de 3:2 e elevou-se a temperatura para 90°C, mantendo-a constante por aproximadamente 3 horas. Nesta condição, ocorre a reação de poliesterificação entre o complexo metálico e o EG, produzindo a resina polimérica e água. As resinas foram secas a 110°C por 19 horas com o objetivo de se eliminar a água produzida na reação e que tenha permanecido retida em sua estrutura. O polímero seco foi macerado com grau e pistilo e submetido a duas etapas de calcinação em forno mufla, sob atmosfera estática: a primeira à temperatura de 500°C por 30 minutos com taxa de aquecimento de 1°C/min, e a segunda a 700°C por 3 horas com taxa

de 5°C/min.

2.2 Caracterização das perovskitas

Análise termogravimétrica e análise térmica diferencial (TG/DTA) foram conduzidas usando-se os precursores dos catalisadores (não-calcinados), com o objetivo de se estudar a estabilidade térmica dos materiais bem como monitorar a decomposição dos compostos de partida como nitratos, carbonatos, água e outros materiais. Os experimentos foram conduzidos em um aparelho Shimadzu DTG-60H. Aproximadamente 10 mg de amostra foram inseridas em cadinho de alumina e aquecidas da temperatura ambiente (25°C) até 1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min, sob vazão de ar sintético (100 cm³/min). As perdas de massa foram monitoradas utilizando-se uma termobalança sensível a pequenas variações de massa. As análises de DTA foram realizadas utilizando-se um cadinho vazio como material de referência.

Os experimentos difração de raios X foram realizados em aparelho Rigaku modelo Miniflex, com radiação de cobre (CuK α λ =1,5418 Å). Foram registradas varreduras angulares de 10 a 90° com passo de 2 θ de 0,05° e 6 segundos por passo. O tamanho médio dos cristalitos foi calculado empregando-se a equação de Scherrer com base no pico mais intenso dos difratogramas referente aos planos cristalográficos (121).

Para avaliação morfológica das perovskitas, foram realizadas análises de microscopia eletrônica de transmissão (MET). O equipamento utilizado foi um modelo JEOL JEM 2100, com tensão de aceleração máxima de 200 kV; resolução de 0,23 nm (ponto) e 0,14 nm (rede); magnificação máxima de 1.500.000 vezes e detector HAADF (*High Angle Annular Dark Field*). As amostras foram suspensas em álcool isopropílico e dispersas em ultrassom por 15 min. Uma gota da suspensão foi depositada sobre uma grade circular de cobre coberta por filme de carbono.

2.3 Testes catalíticos

Os catalisadores foram avaliados na reação de oxidação parcial do metano à pressão atmosférica e 700°C. 100 mg de amostra foi posicionada entre duas camadas de lã de quartzo em um reator de quartzo na forma de “U” com fluxo descendente, aquecido por um forno com programador de temperatura. A temperatura reacional foi determinada por um termopar instalado na altura do leito e controlada por um regulador. Antes da realização dos testes catalíticos, as perovskitas foram reduzidas em 50 cm³.min⁻¹ de H₂ a 650°C, com taxa de 10°C/min, permanecendo, nesta temperatura, por 1 h. Em seguida, os testes catalíticos foram conduzidos com razão de alimentação CH₄:O₂= 2:1 e vazão total de 200 cm³.min⁻¹. Os gases efluentes do reator foram analisados por cromatógrafo a gás Perkin Elmer N2000,

equipado com detector de condutividade térmica (TCD) e coluna capilar (Carboxen 1010), utilizando He como gás de arraste. Os produtos reacionais identificados foram H₂, CO, CO₂, eteno e etano. Os gases de alimentação CH₄ e O₂ e o gás de redução H₂ são de alta pureza (99,995%).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de TG e DTA são apresentadas na Figura 1(a) e 1(b), respectivamente. Através da análise da curva de TG (a), constata-se uma perda de massa total de, aproximadamente, 65% para ambas perovskitas sintetizadas. Em temperaturas inferiores a 240°C, ocorre principalmente a desidratação da resina e a eliminação de compostos orgânicos voláteis. Na faixa de 240°C a 370°C, a perda de massa se deve à decomposição e queima da maior parte do material orgânico. A perda de massa identificada em temperaturas superiores a 400°C está relacionada à decomposição de carbonatos ou compostos orgânicos residuais. Um patamar na curva de TG é estabelecido em temperaturas superiores a 780°C, o que pode indicar a formação da estrutura perovskita (POPA; KAKIHANA, 2002). No entanto, como a perda de massa acima de 400°C não se mostrou muito expressiva, a temperatura de 700°C foi definida para calcinação dos polímeros para formação dos óxidos mistos Nd_{0,95}FeO₃ e Nd_{0,95}CrO₃.

O estudo da curva de DTA, uma importante ferramenta de análise do comportamento térmico dos materiais, permitiu verificar que a temperatura de máxima perda de massa ocorre em torno de 350°C com pico exotérmico devido à combustão dos compostos orgânicos.

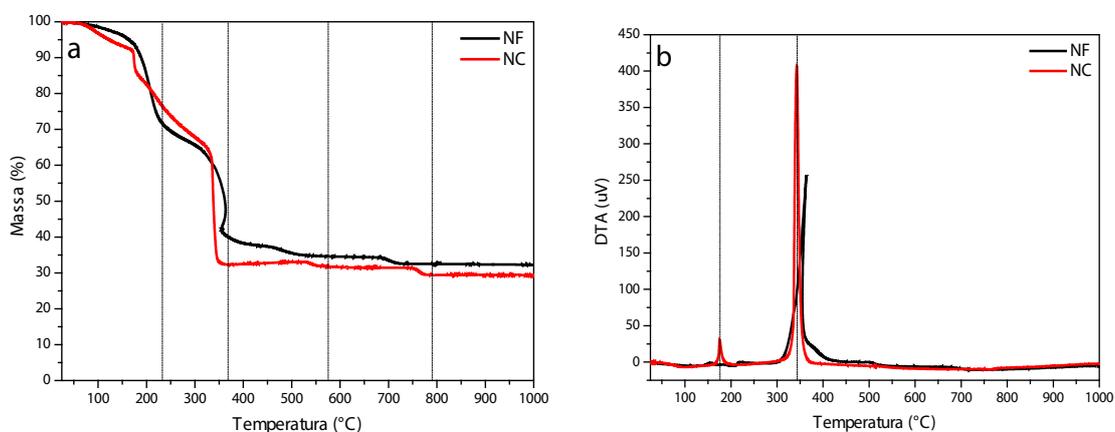


Figura 1. Análise de TG (a) e DTA (b) das resinas precursoras das perovskitas NF e NC.

A Figura 2 mostra a microestrutura obtida pelo método Pechini, com a presença de partículas irregulares de tamanhos inferiores a 100 nm. Existe uma tendência

de aglomeração devido à elevada temperatura de calcinação empregada. Os grãos de maior diâmetro são policristais resultantes da sinterização de vários cristalitos durante a etapa de calcinação.

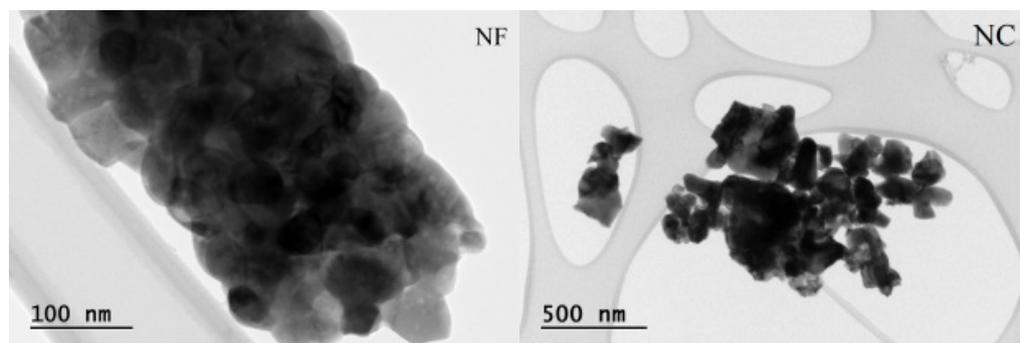


Figura 2. Imagens de TEM das perovskitas NF e NC após a etapa de calcinação a 700°C.

A Figura 3(a) apresenta o difratograma obtido para a perovskita NC. Foi identificada como fase única a perovskita NdCrO_3 (JCPDS39-1429). Trata-se de uma estrutura muito cristalina devido à elevada temperatura de calcinação empregada durante a síntese. Não foram identificadas fases segregadas contendo os metais Nd e Cr. O tamanho de cristalito calculado foi de 29,5 nm.

A Figura 3(b) mostra o difratograma obtido para o óxido NF. Assim como para a amostra NC, também foi identificada uma única fase cristalina referente à estrutura perovskita NdFeO_3 (JCPDS25-1149). O tamanho de cristalito foi de 25,7 nm. Verifica-se que ambas as amostras apresentaram elevada cristalinidade, sendo que os tamanhos de cristalito das perovskitas não diferiram significativamente. Pode-se afirmar, dessa forma, que o método de Pechini se mostrou adequado para a síntese de perovskitas, que são estruturas precursoras dos catalisadores empregados na reação de oxidação parcial do metano.

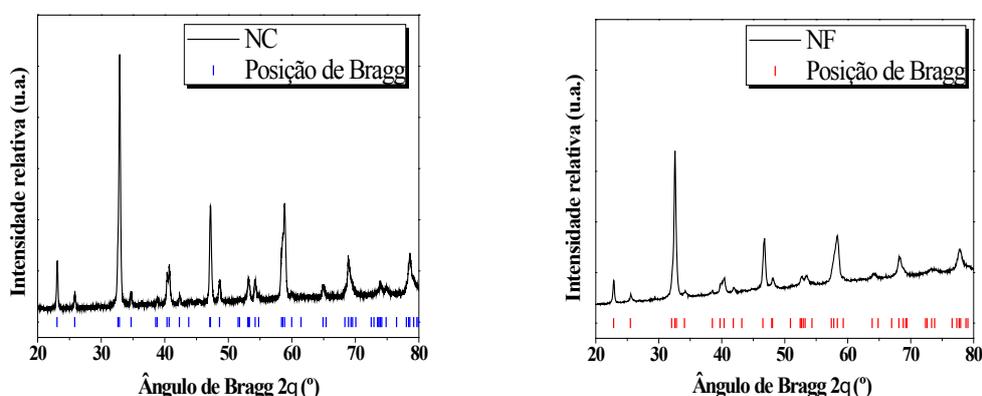


Figura 3. Difratogramas dos óxidos mistos NC (a) e NF (b) obtidos pela decomposição térmica de polímeros sintetizados pelo método de Pechini.

A Figura 4 apresenta os resultados de conversão e seletividade obtidas na reação de oxidação parcial do metano empregando as perovskitas NF e NC. Verifica-se que a conversão de metano foi de, aproximadamente, 28% e 35% para os catalisadores NF e NC, respectivamente, enquanto o oxigênio foi consumido quase que na sua totalidade. As conversões de O₂ foram de 90% para a perovskita NF e de 99% para a NC.

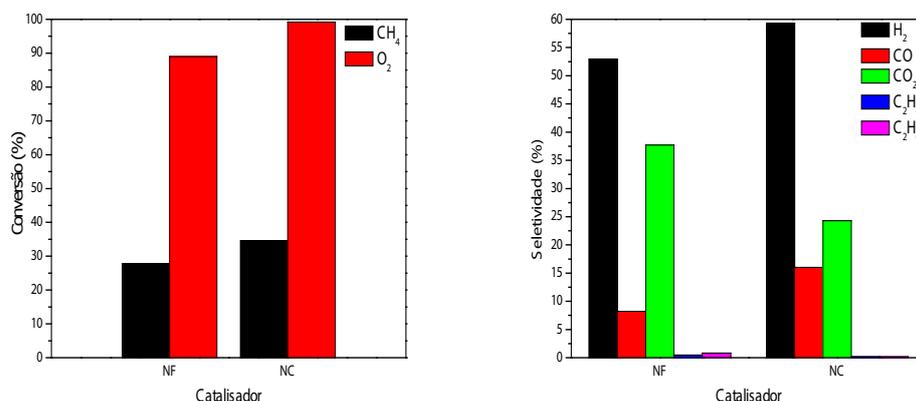


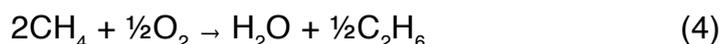
Figura 4. Conversão e seletividade das perovskitas na oxidação parcial do metano a 700°C.

Quanto à seletividade, foram observados os produtos H₂, CO, CO₂, eteno e etano, além de H₂O (não quantificada). A água, quando formada, era purgada por meio da utilização de um condensador instalado na saída do reator a jusante da entrada dos produtos ao cromatógrafo. Verifica-se maior seletividade a gás de síntese quando utilizado o catalisador NC (59,3% H₂ e 16,1% CO) em relação à perovskita NF (52,9% H₂ e 8,2% CO). No entanto, a razão H₂/CO foi maior para o catalisador NF (H₂/CO = 6,5) comparada ao NC (H₂/CO = 3,7). Contudo, a razão H₂/CO para ambos os catalisadores foi maior do que 2 (equação 1, oxidação parcial do metano). Este resultado indica a ocorrência de outras reações, como a reforma a vapor (equação 2) e *Shift* (equação 3), além da oxidação parcial do metano (equação 1).



Etano e eteno foram produtos da reação, principalmente quando empregada a perovskita NF. A formação destes hidrocarbonetos é atribuída a reações secundárias. Em particular, pode ocorrer a associação oxidativa do metano formando etano (equação 4) e, em paralelo, a desidrogenação do etano levando à formação de

etano (equação 5) (Roseno *et al.*, 2016).



De posse desses resultados, pode-se sugerir que a presença de ferro favoreceu a reação de combustão do metano com formação de CO, CO₂ e H₂O, além da reação de associação oxidativa do metano produzindo etano. Enquanto, a presença do cromo na composição do catalisador possibilitou as reações de reforma a vapor e reforma a seco do metano com os produtos da combustão formando H₂ e CO.

4 | CONCLUSÕES

Óxidos mistos Nd_{0,95}FeO₃ (NF) e Nd_{0,95}CrO₃ (NC) foram sintetizados pelo método de Pechini, metodologia simples e barata para obtenção de óxidos nanoparticulados. Os óxidos apresentaram, como fases únicas, as perovskitas correspondentes. Nenhuma fase segregada foi identificada em ambas as amostras, que se mostraram policristalinas e aglomeradas devido à elevada temperatura de calcinação empregada. A perovskita NC se mostrou mais ativa tanto em termos de conversão de CH₄ quanto de O₂, e também se apresentou mais seletiva à formação de gás de síntese. Já a perovskita NF apresentou atividade significativa para a reação de oxidação total do metano, levando à formação de CO₂ e H₂O. A maior formação destes compostos com o catalisador NF favoreceu a ocorrência de reações paralelas, como a reforma a vapor do metano e a reação de *Shift*, e em consequência, teve uma elevada razão H₂/CO (6,5), à medida que o catalisador NC apresentou razão 3,7. Ambas as perovskitas levaram à formação de um gás de síntese com razão H₂/CO superior à estequiométrica (2,0), mostrando-se excelentes candidatas a catalisadores para obtenção de H₂ a partir da reação de oxidação parcial do metano.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do RCGI – *Research Centre for Gas Innovation*, localizado na Universidade de São Paulo (USP) e financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2014/50279-4) e Shell Brasil. O presente trabalho também foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- IZQUIERDO, U; BARRIO, V.L.; CAMBRA, J.F.; REQUIES, J.; GÜEMEZ, M.B.; ARIAS, P.L.; KOLB, G.; ZAPF, R.; GUTIÉRREZ, A.M.; ARRAIBI, J.R.. Hydrogen production from methane and natural gas steam reforming in conventional and microreactor reaction systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.37, p.7026-7033, 2012.
- MELCHIORI, T; DI FELICE, L; MOTA, N; NAVARRO, RM; FIERRO, JLG; VAN SINT ANNALAND, M; GALLUCCI, F. Methane partial oxidation over a $\text{LaCr}_{0.85}\text{Ru}_{0.15}\text{O}_3$ catalyst: Characterization, activity tests and kinetic modeling. **Applied Catalysis A General**, v.486, p.239-249, 2014.
- PENA, MA; FIERRO, JLG. Chemical structures and performance of perovskite oxides. **Chemical Reviews**, v.101, p.1981-2018, 2001.
- POPA, M; KAKIHANA, M. Synthesis of lanthanum cobaltite (LaCoO_3) by the polymerizable complex route. **Solid State Ionics**, v.151, p.251-257, 2002.
- ROSENO, KTC; BRACKMANN, R; SILVA, MA DA; SCHMAL, M. Investigation of LaCoO_3 , LaFeO_3 and $\text{LaCo}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_3$ perovskites as catalyst precursors for syngas production by partial oxidation of methane. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.41, p.18178-18192, 2016.
- TANG, M; XU, L; FAN, M. Progress in oxygen carrier development of methane-based chemical-looping reforming: A review. **Applied Energy**, v.151, p.143-156, 2015.
- WATANABE, R; TSUJIOKA, M; FUKUHARA, C. Performance of Non-stoichiometric perovskite catalyst ($\text{A}_x\text{CrO}_{3-\delta}$, A: La, Pr, Nd) for dehydrogenation of propane under steam condition. **Catalysis Letter**, v.146, p.2458-2467, 2016.
- ZHAO, K; HE, F; HUANG, Z; ZHENG, A; LI, H; ZHAO, Z. $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ perovskites as oxygen carriers for the partial oxidation of methane to syngas. **Chinese Journal of Catalysis**, v.35, p.1196-1205, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AA2024 alloy 1, 6, 7
Adsorção de compostos 32, 36
Advanced Oxidation Processes 14, 87, 155
Aluminum alloy 4, 8, 12
Amplitude de pulso 50, 51, 52, 53, 54
Anti-corrosion performance 4, 7

B

Biocombustível 129
Biodigestor 142, 143, 144
Bioetanol 107, 115, 129, 139
Biogás 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 151, 152
Biotransformation 24, 30

C

Chemistry Teaching 250, 261, 262
Cinza volante 118
Combustíveis fósseis 33, 99, 143
Complexometria 221, 222, 224
Compostos sulfurados 32, 33, 36, 39
Contaminantes orgânicos 57, 63, 69, 125, 157
Corrosion protection 1, 2, 12

D

Decolorization 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 87
Diagrama de fase 172, 173, 174

E

Electrochemical Impedance Spectroscopy 1, 5, 7, 8, 281
Energias renováveis 129, 143
Espectroscopia fotoeletrônica de raios X 32, 36, 41

F

Ferulic acid 24, 30, 31

G

Geoquímica de Contaminantes 69

Glifosato 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54, 55, 56

Grafeno 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

H

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos 57, 60, 63, 154, 155, 156

I

Isotermas de adsorção-dessorção 32, 36, 38

L

Localized impedance 1, 2

M

Materiais mesoestruturados 37

Mecanismos de partição 57, 69

N

Nanotubos de carbono hidrofílicos 89, 96

Negro de carbono 89, 90

O

Óleo Residual 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 220

Open circuit potential 1, 5, 7

Oxidação parcial do metano 98

P

Perfil cinético 113, 114, 135, 136, 137

Perovskita 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105

Persulfato 154, 155, 157, 158, 159, 160, 164, 165

Photocatalytic efficacy 14

Photo-fenton process 13, 22

Polymer coating 3

Processo oxidativo avançado 155

Processos enzimáticos 107

R

Reaction 3, 9, 14, 16, 19, 77, 99, 106, 119, 126, 169, 202

Reator solar 76, 77

Reforma do metano 99

S

Saponificação 202, 203, 204, 207, 209, 215, 216, 217, 219

Scanning Electron Microscopy 4, 281

Self-healing mechanism 3

Semiologia 249, 251, 259

Sensor eletroquímico 43

Sistema Aquoso Bifásico 170, 172, 177

Smart coating 1, 2, 9, 281

T

Teaching strategies 261

Toxicidade 46, 57, 65, 154, 156, 176, 222

V

Voltametria 43, 46, 47, 49

 **Atena**
Editora

2 0 2 0