



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias**


Ano 2019

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e 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: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª 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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 1 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-621-8 DOI 10.22533/at.ed.218191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “**Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**” de publicação da Atena Editora apresenta em seu primeiro volume 35 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo então na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CHÁ DE BOLDO: O SABER POPULAR FAZENDO-SE SABER CIENTÍFICO NO ENSINO DE QUÍMICA	
Andressa da Silva Muniz Monique Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.2181911091	
CAPÍTULO 2	13
A ESTRATÉGIA REGIONAL DE INOVAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SRIs NA AMÉRICA LATINA	
Guilherme Paraol de Matos Clarissa Stefani Teixeira Paulo Cesar Leites Esteves Solange Maria da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.2181911092	
CAPÍTULO 3	26
ENSINO DE TÉCNICAS LABORATORIAIS PELA ELABORAÇÃO DE SORVETE COM A FRUTA BERIBÁ/BIRIBÁ (<i>Annona hypoglauca</i>)	
Minelly Azevedo da Silva Alice Menezes Gomes Amanda Carolilna Cândido Silva Iasmim Moreira Linhares João Vitor Hermenegildo Bastos Mel Naomi da Silva Borges Rebeca da Costa Rodrigues Nilton Fagner de Oliveira Araújo Elza Paula Silva Rocha Cleber do Amaral Barros Jamilé Mariano Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.2181911093	
CAPÍTULO 4	37
A ETNOMATEMÁTICA COMO RECURSO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: UMA INVESTIGAÇÃO NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA DA UNICESUMAR	
Eliane da Rocha Rodrigues Ivna Gurniski de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2181911094	
CAPÍTULO 5	52
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO EM ÁREAS AGRICULTÁVEIS	
Ana Paula Brasil Viana Railton Reis Arouche Pedro Henrique da Silva Sousa Edvan Carlos de Abreu Dheime Ribeiro de Miranda Lineardo Ferreira de Sampaio Melo	
DOI 10.22533/at.ed.2181911095	

CAPÍTULO 6 58

O USO DA CASCA DA BANANA COMO ADSORVENTE RENOVÁVEL DE ÍONS METÁLICOS TÓXICOS

Adriana O. Santos
Danielle P. Freitas
Fabiane A. Carvalho
Fernando S. Melo
Juliana F. C. Eller
Stéphanie Calazans Domingues
Boutros Sarrouh
Willian A. Saliba

DOI 10.22533/at.ed.2181911096

CAPÍTULO 7 76

STATIC MAGNETIC TREATMENT OF IRRIGATION WATER ON DIFFERENTS PLANTS CULTURES IMPROVING DEVELOPMENT

Yilan Fung Boix
Albys Ferrer Dubois
Elizabeth Isaac Alemán
Cristiane Pimentel Victório
Rosani do Carmo de Oliveira Arruda
Ann Cuyppers
Natalie Beenaerts
Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

DOI 10.22533/at.ed.2181911097

CAPÍTULO 8 85

ANÁLISE DE ARQUITETURAS DE *DEEP LEARNING* APLICADO A UM BENCHMARK DE CLASSIFICAÇÃO

Henrique Matheus Ferreira da Silva
Max Tatsuhiko Mitsuya
Clayton André Maia dos Santos
Anderson Alvarenga de Moura Meneses

DOI 10.22533/at.ed.2181911098

CAPÍTULO 9 96

ANÁLISE DE VITAMINA C USANDO TÉCNICAS DE FLUORIMETRIA, CROMATOGRAFIA E ELETROFORESE

Luana Gabriela Marmitt
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.2181911099

CAPÍTULO 10 106

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA NO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA DO IFC – *CAMPUS SANTA ROSA DO SUL*

Julian da Silva Lima
Cassiano Scott Puhl
Neiva Ignês Grando

DOI 10.22533/at.ed.21819110910

CAPÍTULO 11 116

A VISÃO DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS DE ARAPIRACA-AL SOBRE O ENSINO DE ASTROBIOLOGIA

Janaína Kívia Alves Lima
Elielma Lucindo da Silva
Lilian Nunes Bezerra
Janice Gomes Cavalcante
Luis Carlos Soares da Silva
José Edson Cavalcante da Silva
Jhonatan David Santos das Neves
Daniella de Souza Santos

DOI 10.22533/at.ed.21819110911

CAPÍTULO 12 125

APLICAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

André Felipe de Almeida Batista
Ricardo André Cavalcante de Souza

DOI 10.22533/at.ed.21819110912

CAPÍTULO 13 138

PRECIPITATION VARIABILITY ON THE STATE OF PARAÍBA IN ATMOSPHERIC CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE OF UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES

André Gomes Penaforte
Maria Marle Bandeira
Magaly de Fatima Correia
Tiago Rocha Almeida
Flaviano Fernandes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.21819110913

CAPÍTULO 14 148

AS CONTRIBUIÇÕES DO PLANETÁRIO E CASA DA CIÊNCIA DE ARAPIRACA PARA O ENSINO DE GEOGRAFIA E CIÊNCIAS NATURAIS

Luis Carlos Soares da Silva
Janaína Kívia Alves Lima
Janice Gomes Cavalcante
Jhonatan David Santos das Neves
Lilian Nunes Bezerra
Daniella de Souza Santos
José Edson Cavalcante da Silva
Elielma Lucindo da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21819110914

CAPÍTULO 15 157

POLÍMERO SULFONADO UTILIZADO COMO CATALISADOR HETEROGÊNEO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

Victória Maria Ribeiro Lima
Rayanne Oliveira de Araújo
Jamal da Silva Chaar
Luiz Kleber Carvalho de Souza

DOI 10.22533/at.ed.21819110915

CAPÍTULO 16 167

ATIVIDADE CRIATIVA (AC): UM MODO ALTERNATIVO PARA MINISTRAR O CONTEÚDO DE UMA DISCIPLINA DO CURSO NOTURNO DE FARMÁCIA DA UFRJ

Aline Guerra Manssour Fraga
Viviane de Oliveira Freitas Lione

DOI 10.22533/at.ed.21819110916

CAPÍTULO 17 180

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS MULTIEXTUSADOS: SIMULAÇÃO DO REPROCESSAMENTO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Fernando A. E Tremoço
Ricardo S. Souza
Valéria G. Costa

DOI 10.22533/at.ed.21819110917

CAPÍTULO 18 186

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira
Nancy Isabel Alvarez Acevedo
Marisa Cristina Guimarães Rocha
Joaquim Teixeira de Assis
Alexei Kuznetsov
Luiz Carlos Bertolino

DOI 10.22533/at.ed.21819110918

CAPÍTULO 19 197

AVALIAÇÃO PELA MODA, MÉDIA OU MEDIANA?

Luiz Fernando Palin Droubi
Norberto Hochheim
Willian Zonato

DOI 10.22533/at.ed.21819110919

CAPÍTULO 20 221

COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DAS SOLUÇÕES FUNDAMENTAIS E O MÉTODO DOS VOLUMES FINITOS APLICADOS A UM PROBLEMA BIDIMENSIONAL DE DIFUSÃO DE CALOR

Bruno Henrique Marques Margotto
Carlos Eduardo Polatschek Kopperschmidt
Wellington Betencurte da Silva
Júlio Cesar Sampaio Dutra
Luiz Alberto da Silva Abreu

DOI 10.22533/at.ed.21819110920

CAPÍTULO 21 230

SINERGISMO DE MISTURAS DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS UTILIZADAS NA HIDRÓLISE DA CELULOSE EXTRAÍDA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÉ-TRATADO COM H_2SO_4/H_2O_2 , EM MEIO ALCALINO

Leila Maria Aguilera Campos
Luciene Santos de Carvalho
Luiz Antônio Magalhães Pontes
Samira Maria Nonato de Assumpção
Maria Luiza Andrade da Silva
Heloise Oliveira Medeiros de Araújo Moura
Anne Beatriz Figueira Câmara

DOI 10.22533/at.ed.21819110921

CAPÍTULO 22	238
CONCEPÇÕES DE LINGUAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM MATEMÁTICA	
Cíntia Maria Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.21819110922	
CAPÍTULO 23	248
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE SOFTWARE INTERATIVO PARA PROJETOS CONCEITUAIS DE AERONAVES	
Carlos Antonio Vilela de Souza Filho	
Giuliano Gardolinski Venson	
Jefferson Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.21819110923	
CAPÍTULO 24	260
ESTÁGIO CURRICULAR SUPERVISIONADO: UM OLHAR PARA O PROCESSO FORMATIVO POSSIBILITADO POR OBSERVAÇÕES DE AULA	
Mariele Josiane Fuchs	
Cláudia Maria Costa Nunes	
Elizangela Weber	
Lucilaine Goin Abitante	
DOI 10.22533/at.ed.21819110924	
CAPÍTULO 25	269
OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS FINANCEIROS DE UMA MADEIREIRA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR	
Brenno Souza de Oliveira	
Edson Patrício Barreto de Almeida	
Vitor Miranda Sousa Brito	
DOI 10.22533/at.ed.21819110925	
CAPÍTULO 26	280
ESTUDO ATUALIZADO E ABRANGENTE DAS APLICAÇÕES PRÁTICAS DE GEOPROSPECÇÃO ELÉTRICA	
Pedro Henrique Martins	
Antonio Marcelino da Silva Filho	
Kaiisson Teodoro de Souza	
Márcio Augusto Tamashiro	
Humberto Rodrigues Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.21819110926	
CAPÍTULO 27	292
FIQUE SABENDO: PLATAFORMA ACADÊMICA DE COMUNICAÇÃO	
Marco Antônio Castro Martins	
Lúcio Flávio de Jesus Silva	
George Miler Gomes Farias	
Diego Lisboa Pires	
DOI 10.22533/at.ed.21819110927	

CAPÍTULO 28 300

INVESTIGAÇÃO ESTRUTURAL, MORFOLÓGICA E FOTOCATALÍTICA DE MICROCRISTAIS DE β -(Ag_{2-2x}Zn_x)MoO₄

Fabiana de Sousa Cunha
Francisco Henrique Pereira Lopes
Amanda Carolina Soares Jucá
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Júlio César Sczancoski
Francisco Eroni Paz dos Santos
Elson Longo
Laécio Santos Cavalcante
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

DOI 10.22533/at.ed.21819110928

CAPÍTULO 29 325

PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ENSINO DE QUÍMICA ATRAVÉS DA TEMÁTICA SANEANTES

Egle Katarinne Souza da Silva
Luislândia Vieira de Figueredo
Felícia Maria Fernandes de Oliveira
Luiz Antonio Alves Fernandes
Edilson Leite da Silva

DOI 10.22533/at.ed.21819110929

CAPÍTULO 30 339

INFLUÊNCIA DO SnCl₂ NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR RuCl₂(PCy₃)₂CHR

Sâmia Dantas Braga
Aline Aparecida Carvalho França
Vanessa Borges Vieira
Talita Teixeira da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Ravane Costa e Silva
Luís Fernando Guimarães Nolêto
Nouga Cardoso Batista
José Milton Elias de Matos
Benedito dos Santos Lima Neto
José Luiz Silva Sá
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.21819110930

CAPÍTULO 31 347

MONITORAMENTO DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA DO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CAMPUS PAU DOS FERROS

José Henrique Maciel de Queiroz
José Flávio Timoteo Júnior
Rogério de Jesus Santos

DOI 10.22533/at.ed.21819110931

CAPÍTULO 32 357

REDE FEDERAL EM SANTA CATARINA: ORIGEM, TRAJETÓRIA E ASPECTOS GERENCIAIS

Sônia Regina Lamego Lino

DOI 10.22533/at.ed.21819110932

CAPÍTULO 33	371
SISTEMA DE EDUCAÇÃO CORPORATIVA: EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS E CHINESAS PARA A INOVAÇÃO	
Regina Wundrack do Amaral Aires	
Cleunisse Aparecida Rauen De Luca Canto	
Patricia de Sá Freire	
DOI 10.22533/at.ed.21819110933	
CAPÍTULO 34	385
VARIABILIDADE TEMPORAL DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS DE <i>Eucalyptus microcorys</i>	
Gilmara Aparecida Corrêa Fortes	
Pedro Henrique Ferri	
Suzana da Costa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.21819110934	
CAPÍTULO 35	397
OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR N ₂ O SOBRE CATALISADOR Co,Ce DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES	
Oséas Silva Santos	
Giulyane Felix de Oliveira	
Artur José Santos Mascarenhas	
Heloyza Martins. Carvalho Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.21819110935	
SOBRE O ORGANIZADOR	408
ÍNDICE REMISSIVO	409

OXIDAÇÃO SELETIVA DO METANOL A FORMALDEÍDO ASSISTIDA POR N₂O SOBRE CATALISADOR CO,CE DERIVADOS DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES

Oséas Silva Santos

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.
Salvador – BA, Brasil.

Giulyane Felix de Oliveira

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.
Salvador – BA, Brasil.

Artur José Santos Mascarenhas

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.
Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (INCT – E&A).
Salvador – BA, Brasil.

Heloyza Martins. Carvalho Andrade

Universidade Federal da Bahia, Laboratório de Catálise e Materiais.
Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (INCT – E&A).
Salvador – BA, Brasil.

RESUMO: O óxido nitroso (N₂O), um poluente que contribui para o efeito estufa e a depleção da camada de ozônio, pode ser empregado como agente oxidante em processos industriais de importância econômica, tais como na oxidação seletiva de metanol a formaldeído. Neste estudo, óxidos dopados com Cobalto e Cério foram preparados por decomposição térmica de hidróxidos duplos lamelares de Magnésio

e Alumínio. Os materiais foram caracterizados por DRX, EDX, adsorção de N₂, TPR-H₂ e TPD-CO₂ e testados na oxidação catalítica seletiva de metanol assistida por N₂O. 100% de conversão do metanol, 100% de conversão de N₂O e 91 % de rendimento em formaldeído foram obtidos sobre o catalisador CoMgAl. Os catalisadores contendo cério foram mais ativos na conversão de N₂O nas temperaturas mais baixas (350 – 400 °C), mas apresentaram menores rendimentos em formaldeído, devido ao aumento da formação de produtos de oxidação (CO e CO₂).

PALAVRAS-CHAVE: óxido nitroso (N₂O), oxidação seletiva de metanol, formaldeído.

N₂O ASSISTED SELECTIVE OXIDATION OF METHANOL TO FORMALDEHYDE ON CO,CE CATALYST DERIVED FROM LAYERED DOUBLE HYDROXIDES

ABSTRACT: Nitrous oxide (N₂O), a pollutant that contributes to the greenhouse effect and depletion of the ozone layer, can be used as an oxidizing agent in industrial processes of economic importance, such as the selective oxidation of methanol to formaldehyde. In this study, cobalt and cerium - doped oxides were prepared by thermal decomposition of Mg, Al lamellar double hydroxides. The materials were

characterized by DRX, EDX, adsorption of N_2 , TPR- H_2 and TPD- CO_2 and tested in the selective catalytic oxidation of methanol assisted by N_2O . 100% methanol conversion, 100% N_2O conversion and 91% formaldehyde yield were obtained on the CoMgAl catalyst. The catalysts containing cerium were more active in the conversion of N_2O at lower temperatures (350-400 °C), but presented lower formaldehyde yields, due to the increase of oxidation products (CO and CO_2) formation.

KEYWORDS: nitrous oxide (N_2O), selective oxidation of methanol, formaldehyde.

1 | INTRODUÇÃO

O óxido nitroso (N_2O), apesar de emitido em pequenas quantidades na atmosfera é capaz de causar sérios danos ao meio ambiente, contribuindo significativamente para o efeito estufa. Atualmente é o terceiro mais importante gás causador deste fenômeno (Davidson e Kanter, 2014), atrás somente do CO_2 e do CH_4 . Seu potencial de efeito estufa é 310 vezes maior em comparação com o CO_2 (Pérez-Ramírez, Gallamas, 2004), e seu tempo de vida pode ser superior a 120 anos. Devido à elevada temperatura de decomposição térmica do N_2O , acima de 600 °C (Stelmachowski *et al.*, 2014), é interessante investigar a viabilidade da decomposição catalítica total do N_2O , de modo econômica e ambientalmente sustentável. As estratégias mais viáveis em geral envolvem alguma aplicação de interesse industrial, como por exemplo, na oxidação seletiva do metanol a formaldeído.

O processo de produção de formaldeído pode ocorrer por diferentes rotas, tais como a oxidação não catalítica de gás natural ou GLP, por oxidação catalítica seletiva de metanol ou ainda por desidrogenação oxidativa de metanol (Santos, Mascarenhas e Andrade, 2018). Vários trabalhos na literatura relatam a oxidação do metanol para produção de formaldeído, mas apenas o trabalho de Fellah (2011) sugere, através de cálculos da teoria funcional da densidade (DFT), a possibilidade de uso do óxido nitroso como agente oxidante durante o mecanismo da reação de oxidação seletiva do metanol a formaldeído sobre o catalisador Fe-ZSM-5.

Em trabalho recente, Santos, Mascarenhas e Andrade (2018), demonstraram que óxidos de Cobalto derivados de precursores do tipo hidrotalcita, contendo ou não magnésio em sua formulação, são catalisadores bastante ativos, seletivos e estáveis na oxidação de metanol a formaldeído assistida por N_2O . A presença de magnésio atua tanto aumentando a redutibilidade das espécies de cobalto, pela contribuição da fase do espinélio $Co_{3-x}Mg_xO_4$, bem como pelo aumento da concentração de sítios básicos, que contribuem para a desidrogenação oxidativa de metanol.

Mi *et al.*, (2016) sugerem que o Cério atua como promotor eletrônico em sinergia com o Cobalto, aumentando a redutibilidade dos catalisadores e favorecendo a formação de espécies de oxigênio superficiais, o que favorece a atividade de catalisadores de óxidos de Cobalto na reação de deslocamento do gás d'água (WGSR – Water Gas Shift Reaction).

Neste trabalho, catalisadores de óxido de cobalto dopados com cério foram preparados por decomposição térmica de hidróxidos duplos lamelares e avaliados na oxidação seletiva de metanol a formaldeído assistida por óxido nítrico.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Preparação dos catalisadores

Os precursores foram preparados pelo método da coprecipitação em pH constante, conforme descrito anteriormente (Gennequin *et al.*, 2009), em duas séries: (i) catalisadores CoAl (2:1) e CoMgAl (2:1:1); (ii) CoCeAl (2:0,2:0,8) e CoMgCeAl (2:1:0,2:0,8), de modo que a razão $\text{Co}/(\text{Al}+\text{Ce}) = 1,0$ e razão molar $\text{Ce}/\text{Al} = 0,20$.

2.2 Caracterização

A determinação dos teores de Ce, Mg, Al e Co foi realizada por medidas de fluorescência de raios-X por dispersão de energia (EDX) em um espectrômetro Shimadzu EDX720, usando curvas de calibração.

Os padrões de difração de raios (DRX) foram coletados usando um difratômetro Shimadzu LabX XRD-6000 com monocromador de grafite operando a 40 kV, 30 mA e radiação Cu $\text{K}\alpha$, operando na região de $5 - 80^\circ$ (2θ) e velocidade de 2°min^{-1} .

A área específica dos catalisadores foi obtida usando um equipamento Micromeritics ASAP 2020 com fisissorção de nitrogênio após o pré-tratamento a 350°C por 3 h. As isotermas foram tratadas pelos métodos BET, BJH e NLDFT.

As propriedades ácidas e básicas da superfície dos catalisadores foram investigadas por Dessorção Termoprogramada de NH_3 (TPD- NH_3) e de CO_2 (TPD- CO_2), respectivamente. As propriedades redox foram investigadas por Redução Termoprogramada com H_2 (TPR- H_2). Todas as medidas foram realizadas em um equipamento Micromeritics Chemsorb 2720, seguindo protocolos estabelecidos na literatura (Santos, Mascarenhas e Andrade, 2018).

2.3 Teste catalítico

Os testes catalíticos de oxidação seletiva de metanol assistida por óxido nítrico foram realizados em unidade de bancada constituída de reator tubular de leito fixo, forno microprocessado e estação de gases. Antes do teste, o catalisador (200 mg) foi pré-tratado a 350°C por 1 h sob vazão de 50 mL min^{-1} de hélio. Os testes catalíticos foram realizados utilizando um fluxo total de 50 mL min^{-1} de uma mistura de $\text{CH}_3\text{OH}/\text{N}_2\text{O}$ (3:1), na faixa de temperatura de 350 e 500°C . Os efluentes reacionais foram analisados por cromatografia gasosa em um equipamento Shimadzu GC2014, operando simultaneamente com uma coluna empacotada Carboxen 1010 (4,6 m x 3,2 mm) e outra coluna capilar Carbowax (25m x 0,25 mm), e detectores de

condutividade térmica (DCT) e ionização de chama (FID).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos catalisadores

Os difratogramas de raios-X dos hidróxidos duplos lamelares precursores e dos materiais calcinados são mostrados na Figura 1.

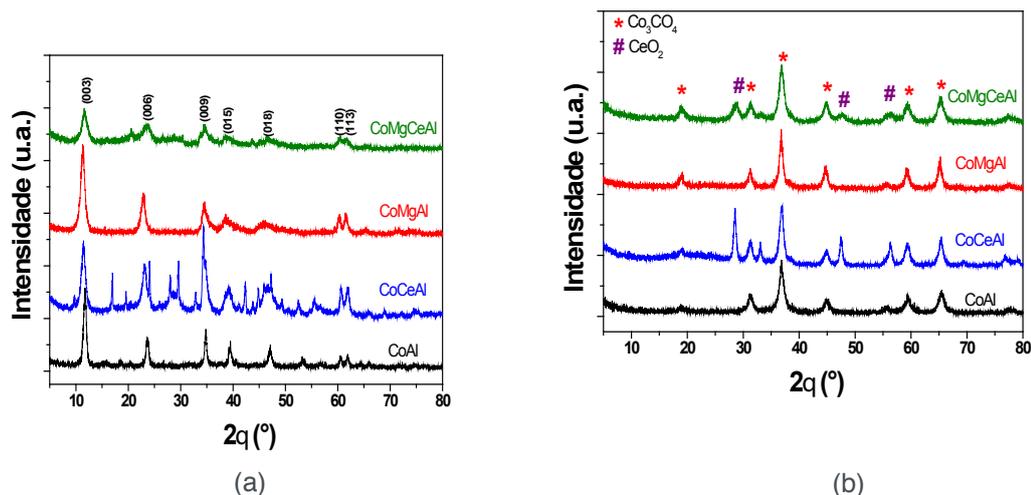


Figura 1. Difratogramas de raios-X das amostras: (a) recém-sintetizadas e (b) após calcinação a 600°C.

As amostras não calcinadas (Figura 1.a) apresentam picos simétricos para os planos basais (003), (006) e assimétricos para os planos (009), (015) e (018). Os planos (110) e (113) são característicos de compostos lamelares bem definidos, sugerindo dispersão dos íons metálicos nas camadas hidroxiladas em todas as amostras. Para a amostra CoAlCe-LDH, observou-se a formação da fase do hidróxido duplo lamelar $\text{Co}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (PDF#00-051-0045) e de carbonato de cério (IV), $\text{Ce}(\text{CO}_3)_2$ (PDF#00-022-0542). Na amostra CoMgAlCe-LDH, além das fases acima, observou-se também picos de brucita, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (PDF#01-082-2455)

As amostras calcinadas (Figura 1.b) apresentaram picos característicos dos espinélio de cobalto (Co_3O_4 , $\text{Co}_{3-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$, CoAl_2O_4 e $\text{Co}_{1-x}\text{Mg}_x\text{Al}_2\text{O}_4$) em todos os catalisadores. Para as amostras da série contendo Cério, observaram-se picos referentes ao CeO_2 (JCPDS 34-0394). Vários autores têm relatado a dificuldade de incorporação do Cério na estrutura das hidrotalcitas em uma única etapa na síntese por coprecipitação, tanto pelo efeito do raio iônico, quanto pelo efeito do estado de oxidação do Ce^{4+} (Mi *et al.*, 2018; Suárez-Quezada *et al.*, 2016).

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização por adsorção de N_2 e a composição dos catalisadores sintetizados. Observa-se que as amostras com Cério tiveram menores área S_{BET} .

Amostra	Razão molar	S _{BET} (m ² g ⁻¹)	Sítios básicos (mmol g ⁻¹)	H ₂ /Co
CoAl	2:1	96	0.65	1,33
CoMgAl	2:1:1	82	0.52	1,31
CoCeAl	3:0,2:0,8	73	0.82	1,11
CoMgCeAl	3:1:0,2:0,8	67	0.92	1,22

Tabela 1. Propriedades elementares, texturais, básicas e redox dos catalisadores.

O efeito da dopagem com Ce nos catalisadores contendo Co nas propriedades redox das amostras foi investigado por TPR-H₂. Os perfis são apresentados na Figura 2.

A redução do Cobalto ocorre em dois picos de redução. A redução de Co²⁺ em espinélios de diferentes composições, graus de cristalização e granulometria ocorre em temperaturas mais elevadas.

A redução de Co₃O₄ ocorre em temperaturas mais baixas, em torno de 400 °C, em duas etapas de redução, correspondentes a Co₃O₄ → CoO → Co. De acordo com Konsolakis *et al.*, (2017), o Cério pode apresentar dois picos principais a 550 e 750 °C que podem ser atribuídos à redução de espécies de oxigênio (Xu *et al.*, 2015; Mi *et al.*, 2018)

As razões de H₂/Co obtidas na quantificação do consumo dos perfis de H₂ são coerentes com a presença de Co(II) e Co(III), sugerindo a formação de espinélios (Tabela 1).

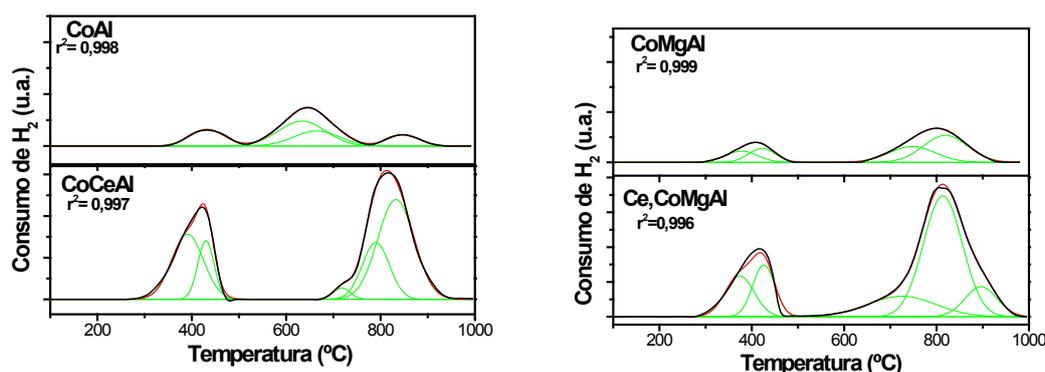


Figure 2. Perfil de consumo de H₂ para os catalisadores.

As propriedades básicas dos catalisadores de óxidos mistos foram investigadas por dessorção termoprogramada de CO₂ e os perfis são mostrados na Figura 3.

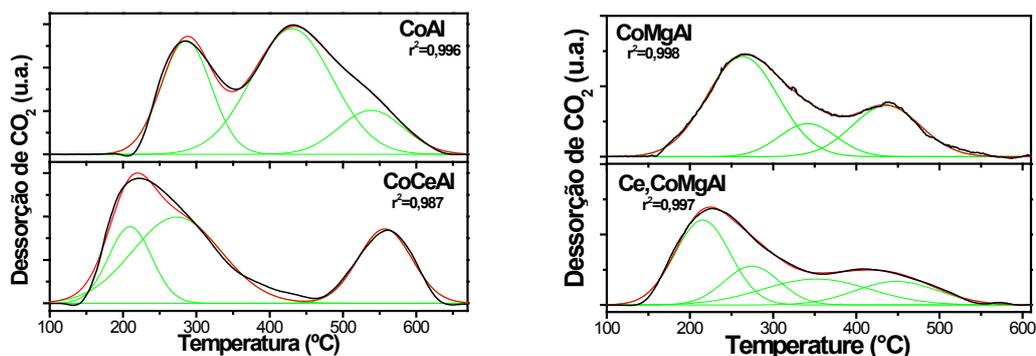
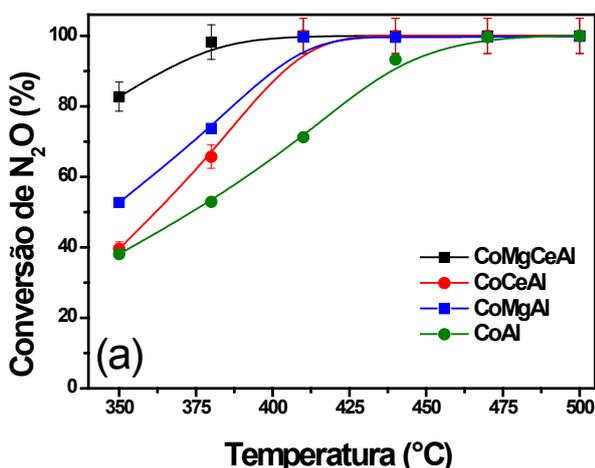


Figure 3. Perfil de dessorção de CO₂ para os catalisadores.

Os perfis de TPD-CO₂ de todos catalisadores apresentaram duas bandas largas, sugerindo a sobreposição de diferentes picos de dessorção de CO₂, evidenciados após a deconvolução. Verificam-se bandas de dessorção de CO₂ com picos máximos de temperatura na faixa de 200-300°C, atribuídos aos sítios de fraca basicidade, e picos máximos de temperatura na faixa de 400 – 550 °C, que são atribuídos aos sítios básicos fortes. A presença de Mg nos catalisadores resultou no alargamento dos picos referentes aos sítios básicos de força moderada e forte. Os picos com máximos em 350°C são atribuídos aos sítios básicos moderados. Os catalisadores dopados com Cério apresentaram um aumento da basicidade total, como mostrado na Tabela 1.

3.2 Teste catalítico

Todos os catalisadores apresentaram atividade catalítica na decomposição do N₂O, tendo o catalisador CoMgCeAl alcançado ~100 % de conversão estável na faixa de 380 - 500 °C (Figura 5a). Os catalisadores CoMgAl e CoCeAl atingiram 100 % de conversão a 410 °C, enquanto o catalisador CoAl, sem Mg e Ce, atingiu o máximo de conversão apenas na temperatura acima de 450 C.



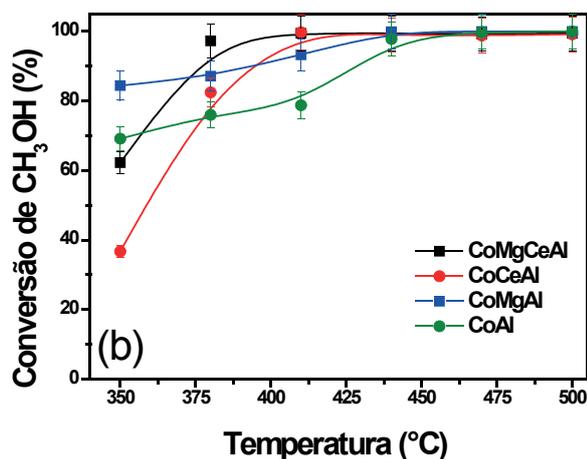
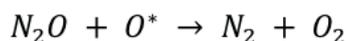
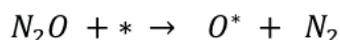


Figura 5. Conversão de (a) N_2O e (b) CH_3OH sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar $CH_2OH/N_2O= 3:1$).

Yu e Wang (2018), investigaram as energias de ativação aparente e as taxas de reação de decomposição de N_2O sobre Co_3O_4 e descobriram que a contribuição da rota Eley-Rideal para a taxa total de reação é aumentada com a temperatura de reação ($>450\text{ }^\circ\text{C}$), devido ao aumento dos sítios de reação pela recombinação de oxigênio interfacial para a recuperação do sítio ativo do óxido:



Na conversão do CH_3OH ocorre um perfil semelhante, com $\sim 100\%$ a partir de $380\text{ }^\circ\text{C}$ para $CoMgCeAl$, seguido de $CoMgAl$ e $CoCeAl$ que apresentaram $\sim 100\%$ a $410\text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 5b).

O rendimento a formaldeído é crescente com o aumento da temperatura, atingindo $\sim 72\%$ para $CoMgCeAl$ e 41% para $CoCeAl$ a $500\text{ }^\circ\text{C}$. Entretanto, os catalisadores sem Cério obtiveram maiores rendimentos a CH_2O , com melhor estabilidade na faixa de temperatura estudada, atingindo 91% e 71% para $CoMgAl$ e $CoAl$, respectivamente (Figura 6).

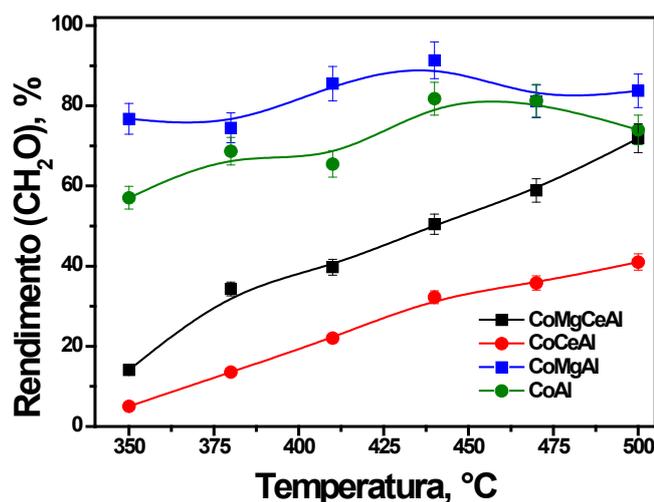
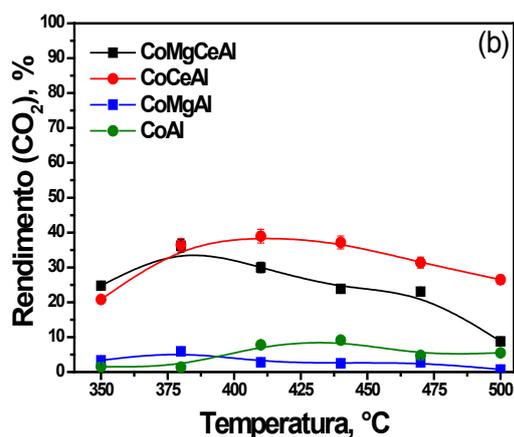
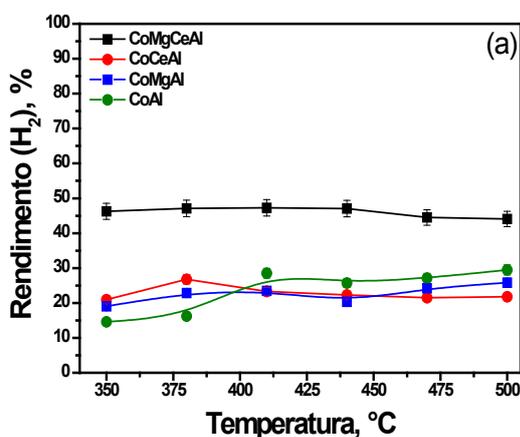


Figura 6. Rendimento a CH_2O sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar $\text{CH}_2\text{OH}/\text{N}_2\text{O}$ = 3:1).

O rendimento médio a H_2 (350 – 500 °C) foi de 46 % e 22 % para CoMgCeAl e CoCeAl, respectivamente. A formação de H_2 por desidrogenação do metanol a formaldeído (Equação 1), está relacionada ao aumento da basicidade dos catalisadores, conforme observado pelo TPD- CO_2 . O rendimento dos demais subprodutos da reação são apresentados na Figura 7a-c, na faixa de temperatura estudada.



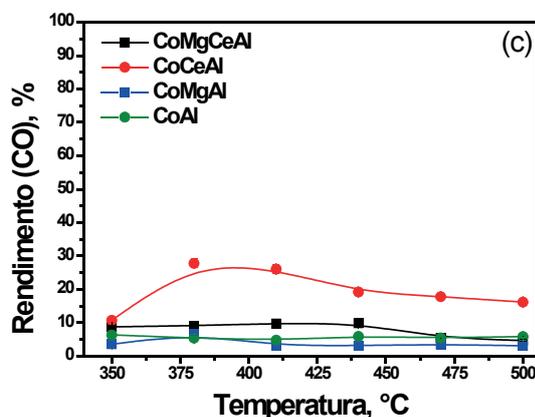
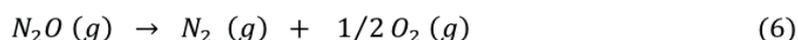
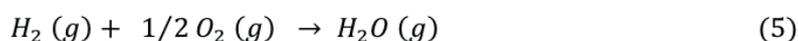
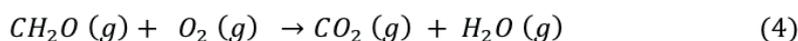
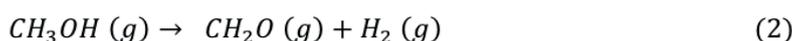


Figura 7. Rendimento em (a) H₂ (b) CO₂ e (c) CO sobre os diferentes catalisadores. (Massa do catalisador = 200 mg; fluxo de gás= 50 mL/min; razão molar CH₂OH/N₂O= 3:1).

Sugere-se que pode haver uma combinação de reações catalisadas por sítios redox e básicos, tais como:



Onde (1,3-6) ocorre preferencialmente em sítios redox e (2) em sítios básicos.

Os resultados apresentados indicam que a introdução de Ce favorece a conversão de N₂O e do metanol na faixa de 350 – 410 °C, em comparação aos catalisadores sem Ce. No entanto, o rendimento de CH₂O é diminuído devido ao aumento da produção de CO₂ e CO.

Assim, com base nos resultados apresentados, a presença de Ce no catalisador CoCeMgAl favorece a oxidação das espécies superficiais a CO e CO₂, contribuindo para o consumo dos oxigênios ativados na superfície (reações 3 e 4) e consequentemente limitando a formação de H₂O (reação 5) e liberando H₂ produzido nos sítios básicos (reação 2).

4 | CONCLUSÃO

Os catalisadores contendo Ce melhoraram a conversão do N₂O em baixas

temperaturas e favoreceu as reações de desidrogenação nos catalisadores contendo Mg, porém diminuiu o rendimento a formaldeído e aumentou os rendimentos a COx, provavelmente porque a oxidação do metanol competiu pelos sítios que geraram os oxigênios ativos da superfície.

Melhores rendimentos a formaldeído durante a conversão de metanol assistida por N₂O foram obtidos com os catalisadores CoMgAl e CoAl, em toda faixa de temperatura estudada (350 - 500 °C). Sugere-se que a reação ocorre em uma combinação de sítios catalíticos redox e básicos.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de doutorado para O.S.S. e ao CNPq Proc. No. 05112/2015-5.

REFERÊNCIAS

DAVIDSON, E. A., KANTER, D. **Inventories and scenarios of nitrous oxide emissions.** Environmental Research Letters, 9 105012, 2014.

FELLAH, M. F. **Direct oxidation of methanol to formaldehyde by N₂O on [Fe]¹⁺ and [FeO]¹⁺ sites in Fe–ZSM-5 zeolite: A density functional theory study.** Journal of Catalysis, v. 282, p. 191–200, 2011.

GENNEQUIN, C., SIFFERT, S., COUSIN, R., ABOUKAÏS, A. **Co–Mg–Al Hydrotalcite Precursors for Catalytic Total Oxidation of Volatile Organic Compounds.** Topics in Catalysis, v.52, p. 482-491, 2009.

KONSOLAKIS, M., CARABINEIRO, S. A. C., MARNELLOS, G. E., ASAD, M. F., SOARES, O. S. G. P., PEREIRA, M. F. R., ÓRFÃO, J. J. M., FIGUEIREDO, L. **Effect of cobalt loading on the solid state properties and ethyl acetate oxidation performance of cobalt-cerium mixed oxides.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 496, p. 141-149, 2017.

MI, J., CAO, Y., ZHANG, J., MA, Y., CHEN, C., LI, D., LIN, X., JIANG, L. **Effect of Ce modification on the structural and catalytic property of Co-Mo/Mg(Al)O catalyst for water-gas shift reaction.** Applied Catalysis A: General, v. 553, p. 36-42, 2018.

MI, J., LAN, Z., CHEN, J., CAO, Y., JIANG, L. **MgAl-LDO mixed oxide derived from layered double hydroxide: A potential support for CoMo sulfur-resistant water-gas shift catalyst.** Catalysis Communications, v. 78, p. 44-47, 2016.

PÉREZ-RAMÍREZ, J., GAL-LLAMAS, A. **N₂O-mediated propane oxidative dehydrogenation over steam-activated iron zeolites.** Journal of Catalysis, v. 223, p. 382–388, 2004.

SANTOS, O. S., MASCARENHAS, A. J. S., ANDRADE, H. M. C. **N₂O-assisted methanol selective oxidation to formaldehyde on cobalt oxide catalysts derived from layered double hydroxides.** Catalysis Communications, v. 113, p. 32-35, 2018.

STELMACHOWSKI, P., MANIAK, G., KACZMARCZYK, J., ZASADA, F., PISKORZ, W., KOTARBA, A., SOJKA, Z. **Mg and Al substituted cobalt spinels as catalysts for low temperature deN₂O— Evidence for octahedral cobalt active sites.** Applied Catalysis B: Environmental, v. 146, p. 105-111, 2014.

SUÁREZ-QUEZADA, M., ROMERO-ORTIZ, G., SUÁREZ, V., MORALES-MENDOZA, G., LARTUNDO-ROJAS, L. NAVARRO-CERÓN, E., TZOMPANTZI, F., ROBLES, S. GÓMEZ, R., MANTILLA, A. **Photodegradation of phenol using reconstructed Ce doped Zn/Al layered double hydroxides as photocatalysts.** *Catalysis Today*, v. 271, p. 213–219, 2016.

XU, L., ZHANG, J., WANG, F., YUAN, K., WANG, L., WU, K., XU, G., CHEN, W. **One-step synthesis of ordered mesoporous CoAl_2O_4 spinel-based metal oxides for CO_2 reforming of CH_4 .** *RSC Advances*, v. 5, p. 48256-48268, 2015.

YU, H., WANG, X., **Apparent activation energies and reaction rates of N_2O decomposition via different routes over Co_3O_4 .** *Catalysis Communications*, v. 106, p. 40-43, 2018.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura 30, 38, 42, 43, 44, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 77, 106, 110, 112, 141, 280, 281, 286, 287, 289, 333, 408

Agricultura de precisão 56, 289

Astrobiologia 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Atividade fotocatalítica 301

B

Bagaço de cana 64, 230, 233

C

Campo magnético estático 77, 83

Catalisador ácido sólido 157, 159

Celulose 65, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Compostos fenólicos 36, 385, 386, 387, 393, 394

Copolímeros 339, 340, 341, 342, 343, 344

Cromatografia 96, 97, 100, 105, 233, 234, 387, 399

D

Desenvolvimento tecnológico 373

E

Educação 1, 11, 25, 28, 30, 35, 37, 39, 41, 49, 50, 51, 52, 106, 107, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 137, 148, 149, 152, 153, 154, 155, 156, 168, 169, 177, 178, 179, 245, 246, 260, 261, 262, 263, 268, 290, 291, 325, 327, 328, 329, 337, 338, 356, 357, 358, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 380, 381, 382, 383, 384

Eletroforese 96, 97, 102

Energia solar 347, 348, 349, 350, 354, 355

Ensino de matemática 51, 114

Estratégias regionais de inovação 20, 21

G

Geotecnologias 52, 53, 56, 57

H

Hidrólise 96, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

I

Íons metálicos 62, 64, 65, 69, 400

M

Metátese 339, 340, 341, 346

Minigeração 347, 349, 350, 354, 355

N

Nanopartículas 186

Norborneno 339, 340, 341

O

Oxidação seletiva de metanol 397, 399

P

Planejamento territorial 52, 53, 55

Planetário 116, 117, 118, 119, 122, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Poliméricas 157, 159, 161, 163, 183, 188

R

Resina polimérica 157, 159, 160, 163, 164

S

Saber popular 1, 3, 4

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-621-8

