



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

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

Atena
Editora
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 BENTONÍTICAS 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

INFLUÊNCIA DO SnCl_2 NA COPOLIMERIZAÇÃO DE NORBORNENO E ÁCIDO 5-NORBORNENO-2-CARBOXÍLICO VIA ROMCP CATALISADO POR $\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}$

Sâmia Dantas Braga

Universidade Federal do Piauí
Teresina, Piauí

Aline Aparecida Carvalho França

Universidade Federal do Piauí
Teresina, Piauí

Vanessa Borges Vieira

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

Talita Teixeira da Silva

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

Aline Estefany Brandão Lima

Universidade Federal do Piauí
Teresina, Piauí

Ravane Costa e Silva

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

Luís Fernando Guimarães Nolêto

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

Nouga Cardoso Batista

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí
Teresina, Piauí

Benedito dos Santos Lima Neto

Universidade de São Paulo, Instituto de Química
de São Carlos
São Carlos, São Paulo

José Luiz Silva Sá

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

Geraldo Eduardo da Luz Júnior

Universidade Estadual do Piauí
Teresina, Piauí

RESUMO: Materiais poliméricos foram sintetizados por copolimerização via metátese por abertura do anel (ROMCP), a partir do monômero norborneno (NBE) com o ácido 5-norborneno-2-carboxílico (NBE-(COOH)). ROMCP foi realizada em diferentes proporções de comonômeros, em sistema inerte purgado com N_2 (g), com catalisador de Grubbs de primeira geração $[\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}]$ (G1), utilizando SnCl_2 como co-catalisador. Houve formação de copolímeros em todas as proporções, 1:1, 1:2, 2:1 e 2:2 mol de NBE:NBE-(COOH), à 50 °C, com adição de SnCl_2 na razão 1:4 de Ru: SnCl_2 , no tempo reacional de 24h. Os copolímeros obtidos foram analisados por TG/DTG. As análises apresentaram apenas um processo de degradação térmica, na faixa de 220 à 248 °C, referente à degradação do grupo pendente e cadeia principal do copolímero. Os rendimentos foram baixos, mostrando um maior valor, quando a quantidade de NBE foi o dobro da quantidade de NBE-(COOH), cerca de 27%. A razão entre os comonômeros e seu grupo

pendente, é importante para direcionar a aplicação nesta classe de monômeros em ROMCP. Além disso, a adição de halogeneto de Sn (II) pode ter um efeito positivo nas reações de ROMCP, favorecendo a formação do copolímero.

PALAVRAS-CHAVE: norborneno, metátese, ROMCP, copolímeros, TG/DTG.

INFLUENCE OF SnCl_2 ON COPOLYMERIZATION OF NORBORNENE AND 5-NORBORNENE-2-CARBOXYLIC ACID VIA ROMCP CATALYSED $\text{RuCl}_2(\text{PCY}_3)_2\text{CHR}$

ABSTRACT: Polymeric materials were synthesized by ring-opening metathesis (ROMCP) copolymerization, from norbornene monomer (NBE) with 5-norbornene-2-carboxylic acid (NBE-(COOH)). ROMCP was performed in different proportions of comonomers, under inert system purged with N_2 (g), with a first-generation Grubbs (G1) catalyst, using SnCl_2 as co-catalyst. Copolymers were formed in all ratios, 1:1, 1:2, 2:1 and 2:2 mol of NBE:NBE-(COOH) at 50 °C, with addition of SnCl_2 in 1:4 ratio of Ru: SnCl_2 in the reaction time of 24 h. The obtained copolymers were analyzed by TG/DTG. The analyzes presented only a thermal degradation process, in the range of 220 to 248 °C, related to degradation of the pendant group and main chain of the copolymer. Yields were low, showing a higher value when the amount of NBE was twice the amount of NBE-(COOH), about 27%. The ratio between the comonomers and their pendant group is important to direct the application in this class of monomers in ROMCP. In addition, Sn (II) halide may have a positive effect on ROMCP reactions, favoring formation of the copolymer.

KEYWORDS: norbornene, metathesis, ROMCP, copolymers, TG/DTG.

1 | INTRODUÇÃO

A catálise tem fundamental importância na indústria química, sendo mais que 85% de todos os produtos obtidos através da utilização de algum tipo de processo catalítico. A catálise pode ser dividida em catálise homogênea ou heterogênea. Na catálise homogênea, o catalisador está presente na mesma fase que os reagentes, e tem como características a utilização de condições mais brandas de temperatura e pressão, alta seletividade e otimização do catalisador, neste último caso, a troca de ligantes do catalisador pode alterar sua reatividade, seletividade e estabilidade (SANTOS, 2017).

A metátese de olefinas é um exemplo de catálise homogênea vastamente aplicada para obtenção de polímeros e novas moléculas orgânicas. Esta reação ocorre entre duas olefinas, com presença de um catalisador, na qual ocorre a quebra da ligação dupla dando origem a fragmentos alquilidênicos que se recombinam formando novas olefinas. (BUFFON, 2009; CHAUVIN, 2006; GRUBBS, 2004).

A metátese de olefinas permite a formação de ligações carbono-carbono de

maneira seletiva e sob condições suaves, tendo como uma de suas vantagens, possibilitar uma rota para obtenção de moléculas insaturadas (dificilmente obtidas por outro método), sendo assim uma reação muito utilizada em sínteses orgânicas, na química medicinal e na química de polímeros. Dentre as reações de metátese, destaca-se a reação de polimerização via metátese por abertura do anel (ROMP) que tem como característica principal a retenção da instauração ao longo da cadeia polimérica, permitindo a obtenção de polímeros com peso molecular controlado, conferindo ao material propriedades mecânicas e eletrônicas inovadoras (CHEN et al., 2018; GRUBBS, 2004; HOVEYDA et al., 2007; LEITGEB et al., 2010; SUTTHASUPA et al., 2010).

A ROMP (Polimerização via Metátese por Abertura do Anel) é uma técnica importante para a obtenção de polímeros não saturados, com peso molecular controlado, conferindo ao material, propriedades mecânicas e eletrônicas inovadoras. Nesta reação, caso seja adicionado um novo monômero diferente do inicial, ocorrerá a formação de copolímeros (Figura 1), reação de ROMCP, ou seja, uma cadeia polimérica com meros diferentes (BIELAWSKI et. al., 2007; CARVALHO et. al., 2012; CHAVES et. al., 2014; CHEN et al., 2018; FERRAZ et. al., 2016; GRUBBS, 2004; HOVEYDA et al., 2007; LEITGEB et al., 2010; MIFTAKAHOV et. al., 2014; SÁ et. al., 2013; RAPTOPOULOS et. al., 2017; SUTTHASUPA et al., 2010; YANG et. al., 2010).

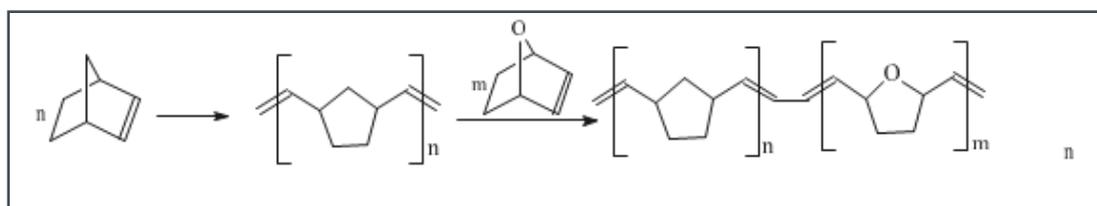


Figura 1. Formação de copolímero a partir da polimerização do norborneno, seguido da polimerização do 7-oxa-norborneno.

Nesse trabalho propôs-se estudar a influência dos grupos pendentés presentes na cadeia do copolímero formado a partir de norborneno (NBE) com seu derivado norborneno-2-carboxílico (NBE-COOH), em diferentes proporções, na presença de catalisador de Grubbs de primeira geração $[\text{RuCl}_2(\text{PCy}_3)_2\text{CHR}]$ (G1). Utilizou-se SnCl_2 como aditivo para avaliar a influência na formação e estabilidade térmica do copolímero em reações de ROMCP.

2 | METODOLOGIA

2.1 Procedimento para ROMCP de norborneno e ácido 5-norborneno-2-carboxílico

Em um balão de fundo redondo adicionou-se 1 mL de CHCl_3 sob atmosfera

de N_2 , o sistema foi purgado durante 5 min. Em seguida, foi adicionado 1 mg de G1 ao balão, sob agitação, para dissolução do mesmo, juntamente ao $SnCl_2$ (0,92 mg), na razão 1:4 de Ru: $SnCl_2$. Paralelo a esse sistema, preparou-se a mistura dos comonômeros (NBE:NBE-COOH) nas proporções descritas na Figura 2, a qual foi posteriormente colocada no sistema previamente preparado. A reação aconteceu em banho de óleo termostaticado à 50 °C e o tempo reacional foi de 24h. Após o tempo reacional, foi acrescentado ao balão 3 mL de MeOH para cessar a reação.

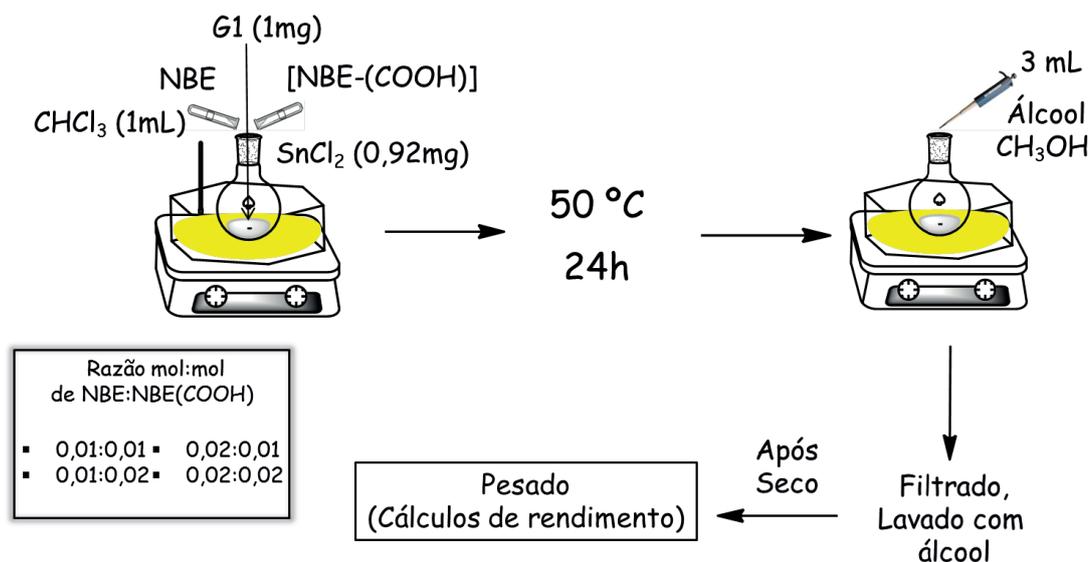


Figura 2. Reação de copolimerização.

2.2 Análise Termogravimétrica

As análises termogravimétricas TG/DTG dos copolímeros isolados foram realizadas com uma rampa de aquecimento de 25 a 400 °C, a 10 °C. min⁻¹ sob atmosfera de N_2 . As curvas foram obtidas em um analisador termogravimétrico modelo TGA-50 (Shimadzu) e plotadas com porcentagem de massa (%) vs temperatura (°C).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimentos dos copolímeros de NBE-co-NBE-(COOH)

Um maior rendimento de copolímero foi obtido na proporção 2:1 de NBE:NBE-COOH, no tempo de 24 h, à 50 °C, na presença de $SnCl_2$, sendo este de 27% (Tabela 1, entrada 3). Nessas condições com aditivo, em todas as proporções foram obtidos copolímeros, onde uma maior quantidade de NBE influencia o processo de copolimerização. De acordo com a literatura, a adição de um halogeneto de Sn(II) pode ter influência eletrônica e estérica, favorecendo o processo de copolimerização (MEYER et. al., 2006)

Entrada	Razão mol:mol (NBE:NBE-COOH)	Razão volume (NBE:NBE-COOH) ^a	Mon:Ru ^b	Rendimentos (%)
				24h à 50°C (SnCl ₂)
1	0,01 : 0,01	0,5 : 1,20	16460,9	3 %
2	0,01 : 0,02	0,5 : 2,40	24691,3	<1%
3	0,02 : 0,01	1,0 : 1,20	24691,3	27%
4	0,02 : 0,02	1,0 : 2,40	32921,8	2%

Tabela 1. Proporções em mol de NBE:NBE-(COOH) e rendimentos dos copolímeros obtidos.

Na reação de copolimerização de NBE com NBE-(COOH), é provável que através da desprotonação do hidrogênio do grupo carboxilato ocorra a formação favorável de uma espécie do tipo {NBE-COO-Ru=carbeno}, anulando o processo catalítico. Como está demonstrado na Figura 3.

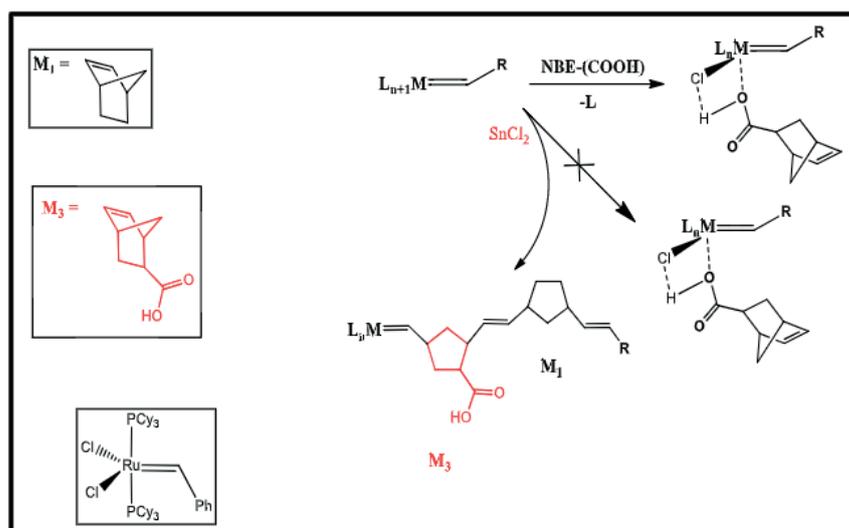


Figura 3. Reação de copolimerização de NBE-co-NBE-(COOH).

3.2 Análises termogravimétricas dos copolímeros (NBE-co-NBE-(COOH))

Na Figura 4 (J, K, L e M) estão representados os processos de degradação térmica referente aos copolímeros formados nas proporções 1:1, 1:2, 2:1 e 2:2 mol de NBE:NBE-(COOH), à 50 °C, com adição de SnCl₂ na razão 1:4 de Ru:SnCl₂, no tempo reacional de 24 h.

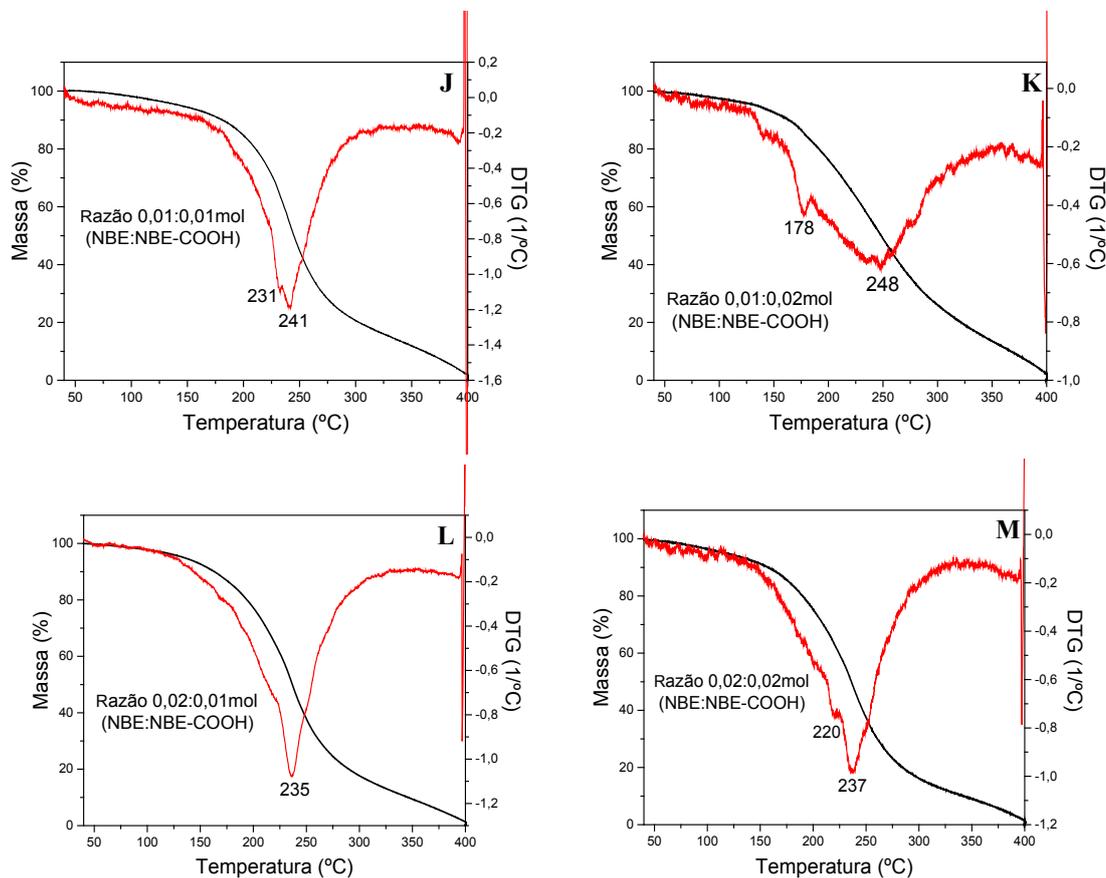


Figura 4. Curvas de TG/DTG na proporção de 1:1 (J), 1:2 (K), 2:1 (L) e 2:2 (M) mol para poli(NBE-co-NBE-COOH) formado à 50 °C, por 24 h, na presença de SnCl₂.

Nas proporções 1:1 e 1:2 (Gráficos J e K), observou-se dois processos de degradação consecutivos nas faixas de 231/241 °C e 178/248 °C respectivamente, apresentando uma perda em massa de 47% e de 50% quando a quantidade em mol de NBE-(COOH) foi maior.

Os copolímeros formados nas proporções 2:1 e 2:2 (Gráficos L e M), obtiveram processos de degradação semelhantes, ocorrendo em torno de 235 °C, apresentando uma perda em massa de 49% e 51%.

No gráfico K (Figura 4) correspondente à proporção 1:2, foi possível observar uma maior estabilidade do material polimérico. Acredita-se que a estabilidade térmica do material polimérico tenha sido influenciada pela maior quantidade de NBE-(COOH).

4 | CONCLUSÃO

Tendo em vista uma possível coordenação do átomo de oxigênio ao centro metálico, utilizou-se o aditivo SnCl₂ para gerar uma vacância, e facilitar a coordenação através da olefina, favorecendo a ROMCP.

Atividade catalítica de complexos como o G1 podem ser altamente influenciadas por ações de moléculas coordenantes, mesmo sendo caracterizadas como pouco

coordenantes. Aqui foi bem observada a atividade quando o comonômero foi NBE-(COOH), interpretando que, a partir da espécie $\{COO\}$ do NBE-(COOH) houve coordenação ao Ru pelo oxigênio.

Acreditamos que as variáveis aqui apresentadas, razão entre os comonômeros e a utilização de um aditivo, de forma que este facilite a formação do material polimérico, são importantes para direcionar a aplicação nesta classe de monômeros em ROMCP.

REFERÊNCIAS

- BIELAWSKI, C. W.; GRUBBS, R. H. **Living ring-opening metathesis polymerization**. Progress Polymer Science, v. 32, p. 1–29, 2007.
- BUFFON, R.; **Catálise por Compostos de Coordenação**. Chemkeys, v. 1, p. 1-42, 2009.
- CARVALHO Jr, V. P.; FERRAZ, C. P.; LIMA-NETO, B. S. **Tailored norbornene-based copolymer with systematic variation of norbornadiene as a crosslinker obtained via ROMP with alternative amine Ru catalyts**. European Polymer Journal, v. 48, p. 341-349, 2012.
- CHAVES, H. K.; FERRAZ, C. P.; CARVALHO Jr., V. P.; LIMA-NETO, B. S. **Tuning the activity of alternative Ru-based initiators for ring-opening metathesis polymerization of norbornene and norbornadiene by the substituent in 4-CH₂R-piperidine**. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, v. 385, p. 46-53, 2014.
- CHAUVIN, Y. **Olefin metathesis: the early days (Nobel lecture)**. Angewandte Chemie International Edition, v. 45, p. 3740-3747, 2006.
- CHEN, Y.; ABDELLATIF, M. M.; NOMURA, K. **Olefin metathesis polymerization: Some recent developments in the precise polymerizations for synthesis of advanced materials (by ROMP, ADMET)**. Tetrahedron, v. 74, p. 619-643, 2018.
- FERRAZ, C. P.; FONSECA, L. R.; TOMAZETTI, V.; SILVA, F. C. S.; LIMA-NETO, B. S.; CARVALHO Jr, V. P. **Copolymers from norbornene and norbornadiene with organized morphologies and high T_g values obtained via ROMP with highly reactive [RuCl₃(PCy₃)₂] complex**. New Journal of Chemistry, v. 40, p. 9424-9431, 2016.
- GRUBBS, R. H. **Olefin Metathesis**. Tetrahedron, v. 60, p. 7117-7140, 2004.
- HOVEYDA, A. H.; ZHUGRALIN, A. R. **The remarkable metal-catalysed olefin metathesis reaction**. Nature, v. 450, p. 243-251, 2007.
- LEITGEB, A.; WAPPEL, J.; SLUGOVIC, C. **The ROMP toolbox upgraded**. Polymer, v. 51, p. 2927-2946, 2010.
- MEYER, W. H.; McCONNELL, A. E.; FORMAN, G. S.; DWYER, C. L.; KIRK, M. M.; NGIDI, E. L.; BLIGNAUT, A.; SAKU, D.; SLAWIN, A. M. Z. **Tin and iron halogenides as additives in ruthenium-catalyzed olefin metathesis**. Inorganica Chimica Acta, v. 359, p. 2910-2917, 2006.
- MIFTAKHOV, M. S.; MIKHEEV, V. V.; TOROSYAN, S. A.; BIGLOVA, Y. N.; GIMALOVA, F. A.; MENSHOV, V. M.; MUSTAFIN, A. G. **Fullerene containing norbornenes: synthesis and ring-opening metathesis polymerization**. Tetrahedron, v. 70, p. 8040-8046, 2014.

RAPTOPOULOS, G.; KYRIAKOU, K.; MALI, G.; SCARPELLINI, A.; ANYFANTIS, G. C.; MAVROMOUSTAKOS, T.; PITSIKALIS, M.; PARASKEVOPOULOU, P. **Copolymerization of Norbornene and Norbornadiene Using a *cis*-Selective Bimetallic W-Based Catalytic System.** *Polymers*, v. 9, p. 141, 2017.

SÁ, J. L. S.; NASCIMENTO, E. S. P.; FONSECA, L. R.; LIMA-NETO, B. S. **Ring opening metathesis copolymerization of norbornene with norbornadiene from solutions with different mole fractions of the comonomers catalyzed by Ru-amine complexes.** *Journal of Applied Polymer Science*, v. 127, p. 3578-3585, 2013.

SANTOS, A. G. **Produtos da química fina através da metátese de propenilbenzenos de origem vegetal empregando catalisadores rutênio-alquilideno.** 2017. 183 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SUTTHASUPA, S.; SHIOTSUKI, M.; SANDA, F. **Recent advances in ring-opening metathesis polymerization, and application to synthesis of functional materials.** *Polymer Journal*, v. 42, p. 905-915, 2010.

YANG, D.; HUANG, W.; YU, J.; JIANG, J.; ZHANG, L.; XIE, M. **A novel shape memory polynorbornene functionalized with poly(*ε*-caprolactone) side chain and cyano group through ring-opening metathesis polymerization.** *Polymer*, v. 51, p. 5100-5106, 2010.

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

