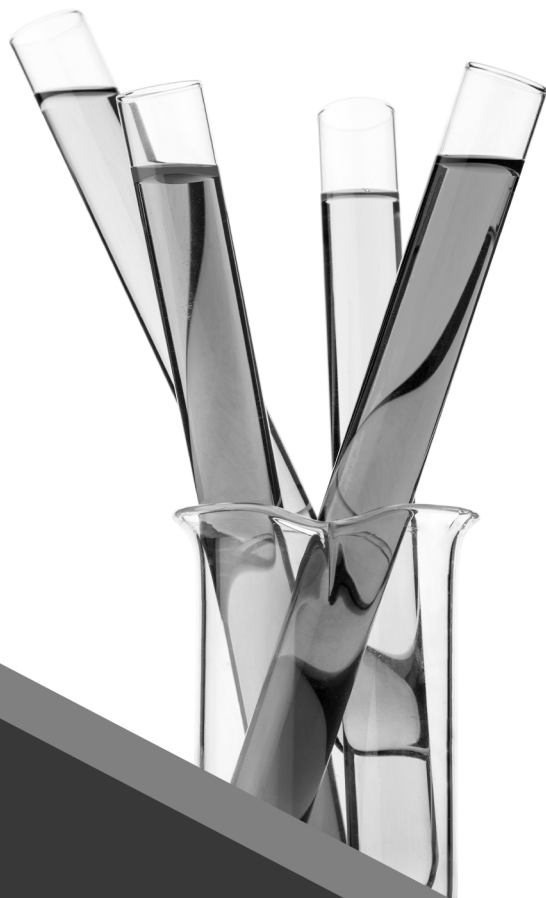




# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

  
Ano 2020



# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## O conhecimento científico na química 2

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 O conhecimento científico na química 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-563-1

DOI 10.22533/at.ed.631202011

1. Química. 2. Conhecimento científico. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

### Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

## APRESENTAÇÃO

O livro “O conhecimento científico na Química 2” apresenta artigos na área de ensino de química, tecnologia química, química verde, química ambiental e processos químicos.

O e-book contém 29 capítulos, que abordam temas sobre desenvolvimento e aplicação de jogos didáticos, aprendizagem significativa; análise de livros didáticos; história da química; reaproveitamento de resíduos agroindustriais; desenvolvimento de novos materiais de interesse ambiental; adsorventes sustentáveis; fotocatalise, tratamento de água e efluentes; síntese de líquidos iônicos; hidrólise enzimática e quantificação de enzimas; estudos de toxicidade; análise química de óleos essenciais; aplicação de extratos de frutos da região amazônica na atividade enzimática; desenvolvimento de eletrodo; desenvolvimento de compósitos a partir de resíduos; produção de fertilizantes de liberação controlada; tecnologias e técnicas para aplicação de plasma em química; síntese e aplicação de nanotubos de carbono.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico no Brasil e suas relações esta ciência. Nos tempos atuais é perceptível a importância da pesquisa acadêmica no Brasil para o desenvolvimento de novas tecnologias, fármacos e vacinas que auxiliem no combate às doenças e na qualidade de vida. Dessa forma, mais uma vez a Atena Editora reúne o conhecimento científico em forma de ebook, destacando os principais campos de atuação da química no país.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de química, tecnologia química, química ambiental e ensino de química.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “O conhecimento científico na Química 2”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE: UMA ABORDAGEM QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

Jorge Hamilton Sena Dias

**DOI 10.22533/at.ed.6312020111**

### **CAPÍTULO 2..... 9**

QUÍMICA AMBIENTAL, USO DE IMAGENS E DIALÓGICA DE PAULO FREIRE NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Priscila Ketlen Negreiros Sousa

Dorian Lesca de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.6312020112**

### **CAPÍTULO 3..... 17**

ANÁLISE E ESTUDO DA APLICAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO DE QUÍMICA INTITULADO “ UNO ELEMENTAR PERIÓDICO ” PARA O ENSINO MÉDIO DO INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS PARANAÍ

Maiara dos S. Faria

Glaucio Testa

**DOI 10.22533/at.ed.6312020113**

### **CAPÍTULO 4..... 35**

O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Olívia Maria Bastos Costa

Gislene Santos Silva

Marcelo Alves Lima Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.6312020114**

### **CAPÍTULO 5..... 49**

A HISTÓRIA DA QUÍMICA COMO ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA PARA O APRENDIZADO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Ana Deuza da Silva Soares

Cliciane Magalhaes da Silva

Jamilla de Nazaré de Oliveira Almeida

Daniela Duarte de Sousa

Raimme Paola do Nascimento Pinto

Carlos Arthur Araújo Assunção

**DOI 10.22533/at.ed.6312020115**

### **CAPÍTULO 6..... 60**

APLICAÇÃO DE JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA ORGÂNICA

Herbert Gonzaga Sousa

Patrícia e Silva Alves

Aline Aparecida Carvalho França

Maciel Lima Barbosa

Gilmânia Francisca Sousa Carvalho  
Renata da Silva Carneiro  
Dihêgo Henrique Lima Damacena  
Beneilde Cabral Moraes  
Valdiléia Teixeira Uchôa  
Katiane Cruz Magalhães Xavier  
Rita de Cássia Pereira Santos Carvalho  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.6312020116**

**CAPÍTULO 7..... 72**

**O SÉCULO XX E UMA NOVA DIMENSÃO DAS ATIVIDADES CIENTÍFICAS NO BRASIL  
POUCO INSERIDAS NOS CONTEXTO DIDÁTICO DOS LIVROS**

Alcione de Nazaré Dias Silva  
Débora da Cruz Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.6312020117**

**CAPÍTULO 8..... 80**

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA PARA PRODUÇÃO DE  
NOVOS MATERIAIS: O CONHECIMENTO QUÍMICO À SERVIÇO DO DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

Igor Andrade Rodrigues  
Adilson de Santana Santos  
Vanessa da Silva Reis  
Márcio Souza Santos  
Alexilda Oliveira de Souza  
Marluce Oliveira da Guarda Souza

**DOI 10.22533/at.ed.6312020118**

**CAPÍTULO 9..... 94**

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO E ATIVIDADE  
FOTOCATALÍTICA DE  $\alpha$ -Ag<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> PARA O CORANTE RODAMINA B**

Francisco das Chagas Marques da Silva  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.6312020119**

**CAPÍTULO 10..... 105**

**DEGRADAÇÃO DA TETRACICLINA EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO PROCESSOS  
OXIDATIVOS AVANÇADOS E AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INIBIÇÃO SOBRE *Escherichia  
coli***

Ismael Laurindo Costa Junior  
Marcia Antônia Bartolomeu Agustini  
Felipe Augusto Barbieri  
Letícia Maria Effting  
Cesar Augusto Kappes  
Kevin Augusto Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.63120201110**

**CAPÍTULO 11..... 126**

**PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO**

Lucas Fernandes Domingues  
Greice Queli Nardes Cruz  
Idel Perpetua de Castro  
Isadora Aparecida Archioli  
Lorena Cristina Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.63120201111**

**CAPÍTULO 12..... 135**

**PREPARAÇÃO DE NOVOS LÍQUIDOS IÔNICOS ALCANOSULFONATOS DE INTERESSE AMBIENTAL**

Michelle Budke Costa  
Giselle Back  
Melissa Budke Rodrigues  
Paulo Rodrigo Stival Bittencourt  
Fernando Reinoldo Scremin

**DOI 10.22533/at.ed.63120201112**

**CAPÍTULO 13..... 146**

**AMIDO DE BATATA DOCE HIDROLISADO COM ENZIMAS DO MALTE DE CEVADA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL**

Renata Nascimento Caetano  
Felipe Staciaki da Luz  
Adrielle Ferreira Bueno  
Cinthy Beatriz Fürstenberger  
Everson do Prado Banczek

**DOI 10.22533/at.ed.63120201113**

**CAPÍTULO 14..... 158**

**EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE LIPASE DE GRÃOS DE SOJA**

Isabela Cristina Damasceno  
Marcela Guariento Vasconcelos  
Livia Piccolo Ramos Rossi

**DOI 10.22533/at.ed.63120201114**

**CAPÍTULO 15..... 172**

**DETERMINAÇÃO DA CITOTOXIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Origanum vulgare***

Daiane Einhardt Blank  
Gabriela Hörnke Alves  
Rogério Antonio Freitag  
Silvia de Oliveira Hübner  
Marlete Brum Cleff

**DOI 10.22533/at.ed.63120201115**

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>180</b>
<b>AVALIAÇÃO SAZONAL DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INIBIÇÃO DE ACETILCOLINESTERASE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALOYSIA GRATISSIMA</b>	
Adílio Macedo Santos	
Adonias de Oliveira Teixeira	
Vilisaimon da Silva de Jesus	
Luan Souza Santos	
Moacy Selis Santos	
Clayton Queiroz Alves	
Djalma Menezes de Oliveira	
Rosane Moura Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63120201116</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>192</b>
<b>OBTENÇÃO E ANÁLISE QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ESPÉCIES MEDICINAIS UTILIZADAS NA REGIÃO DE MARABÁ</b>	
Aristides Anderson Pereira Reis	
Sebastião da Cruz Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63120201117</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>198</b>
<b>INFLUÊNCIA DOS EXTRATOS BRUTOS DE AÇÁI E PITANGA SOBRE A ATIVIDADE DE GLUTATIONA S-TRANSFERASE ESPECÍFICA CEREBRAL DE RATO</b>	
Tais da Silva Rosa	
Felipe Boz Santos	
Cristiane Martins Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63120201118</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>203</b>
<b>SELETIVIDADE E SENSIBILIDADE EM ELETRODOS COMPÓSITOS MODIFICADOS USANDO POLÍMEROS COM IMPRESSÃO MOLECULAR: O CASO DO DICLOFENACO</b>	
Priscila Cervini	
Abigail Vasconcelos Pereira	
Éder Tadeu Gomes Cavalheiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63120201119</b>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>216</b>
<b>PRODUÇÃO DE COMPÓSITO TRICOMPONENTE A PARTIR DA CASCA DE AMENDOIM E RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS</b>	
Giovanna Coelho Bosso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.63120201120</b>	
<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>231</b>
<b>CELULOSE NANOFRIBRILADA FUNCIONALIZADA COM GRUPOS DICIANOVINIL: REDUÇÃO ELETROQUÍMICA DE CO<sub>2</sub></b>	
Robson Valentim Pereira	
Thais Eugênio Gallina	
Aparecido Junior de Menezes	

Kênia da Silva Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.63120201121**

**CAPÍTULO 22.....242**

**DETERMINAÇÃO BIOQUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E MINERAL DE POLPA E CASCA DO FRUTO DE *Endopleura uchi***

Charline Soares dos Santos Rolim

Leonardo do Nascimento Rolim

Régis Tribuzy de Oliveira

Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

Maria das Graças Gomes Saraiva

Roseane Pinto Martins de Oliveira

Cláudia Cândida Silva

Carlos Victor Lamarão

**DOI 10.22533/at.ed.63120201122**

**CAPÍTULO 23.....253**

**DESENVOLVIMENTO DE FERTILIZANTE ALTERNATIVO CONSTITUÍDO DE MICROPARTÍCULAS POLIMÉRICAS CARREADORAS DE NPK**

Júnior Olair Chagas

Gilmare Antônia da Silva

Fabiana Aparecida Lobo

**DOI 10.22533/at.ed.63120201123**

**CAPÍTULO 24.....265**

**SÍNTESE DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO CONTENDO COBRE(II) COM LIGANTES DICARBOXILATOS: ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES VAPOCRÔMICAS**

Eduardo Dias Albino

Bruno Ribeiro Santos

Alessandra Stevanato

**DOI 10.22533/at.ed.63120201124**

**CAPÍTULO 25.....282**

**NÍVEIS DE COBRE EM AMOSTRAS AMBIENTAIS DA REGIÃO CACAUEIRA NO SUL DA BAHIA POR USO DA MICROEXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO DISPERSIVA**

Mayara Costa dos Santos

Ívero Pita de Sá

Marina Santos de Jesus

Julia Carneiro Romero

Fábio Alan Carqueija Amorim

**DOI 10.22533/at.ed.63120201125**

**CAPÍTULO 26.....292**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES A PARTIR DE ESCÓRIA DE ACIARIA**

Josielle Vieira Fontes

Liliane Nogueira Silva

José Augusto Martins Corrêa



**DOI 10.22533/at.ed.63120201126**

**CAPÍTULO 27.....301**

**LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE ESFRIAMENTO DA GLICERINA**

Vinicius Canal de Carvalho

Roberto Vargas de Oliveira

Abiney Lemos Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.63120201127**

**CAPÍTULO 28.....306**

**O PLASMA E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

**DOI 10.22533/at.ed.63120201128**

**CAPÍTULO 29.....319**

**NANOTUBOS DE CARBONO – UMA VISÃO GERAL**

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

**DOI 10.22533/at.ed.63120201129**

**SOBRE A ORGANIZADORA.....333**

**ÍNDICE REMISSIVO.....334**

## CELULOSE NANOFIBRILADA FUNCIONALIZADA COM GRUPOS DICIANOVINIL: REDUÇÃO ELETROQUÍMICA DE CO<sub>2</sub>

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 04/08/2020

### Robson Valentim Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
Campus Macaé,  
Grupo de Eletroquímica e Polímeros Naturais  
(GEPN), Macaé - Rio de Janeiro.  
<http://lattes.cnpq.br/1675940843759718>

### Thais Eugênio Gallina

Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
Campus Macaé,  
Grupo de Eletroquímica e Polímeros Naturais  
(GEPN), Macaé - Rio de Janeiro.  
<http://lattes.cnpq.br/3567259479160130>

### Aparecido Junior de Menezes

Universidade Federal de São Carlos-Campus  
de Sorocaba  
Centro de Ciências e Tecnologias para a  
Sustentabilidade (CCTS), Sorocaba - São  
Paulo.  
<http://lattes.cnpq.br/0484426340349483>

### Kênia da Silva Freitas

Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
Campus Macaé,  
Grupo de Eletroquímica e Polímeros Naturais  
(GEPN), Macaé - Rio de Janeiro.  
<http://lattes.cnpq.br/6984890774462877>

**RESUMO:** A celulose tem sido considerada uma das fontes renováveis mais ilimitadas de biopolímero da terra. Ela tem atraído atenção devido as suas características físico-químicas

como biocompatibilidade, baixa toxicidade, biodegradabilidade, baixa densidade, alta resistência, estável a solventes orgânicos, além de possuir hidroxilas que permitem a sua modificação química, podendo melhorar a condutividade e a transferência de elétrons na matriz polimérica, que são características importantes para o uso em eletrocatalise. Neste trabalho a celulose nanofibrilada (CNFs) foi funcionalizada com grupos dicianovinílicos por meio de uma substituição nucleofílica vinílica (S<sub>N</sub>V) e utilizada como eletrocatalisador para o estudo da reação de redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>. A introdução de grupos dicianovinil na estrutura da nanocelulose melhorou a atividade eletrocatalítica quando comparada a nanocelulose pura, deslocando o início da reação de redução de CO<sub>2</sub> para valores mais positivos comparada a reação com argônio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanofibrilas de celulose, substituição nucleofílica vinílica, redução eletroquímica de CO<sub>2</sub>.

### NANOFIBRILS CELLULOSE FUNCTIONALIZED WITH DICYANOVINYL GROUPS: ELETROCHEMICAL REDUCTION OF CO<sub>2</sub>

**ABSTRACT:** Cellulose has been considered one of the most unlimited renewable sources of biopolymer on Earth. It has attracted attention due to its physical-chemical characteristics such as biocompatibility, low toxicity, biodegradability, low density, high strength, stable to organic solvents, in addition to having hydroxyls that allow its chemical modification, which can improve conductivity and electron transfer in

the polymeric matrix, which are important characteristics for use in electrocatalysis. In this work, the nanofibrillated cellulose (CNFs) was functionalized with dicyanovinyl groups through a nucleophilic vinylic substitution ( $S_NV$ ) and used as an electrocatalyst for the study of the electrochemical  $CO_2$  reduction reaction. The dicyanovinyl groups introduction in the nanocellulose structure improved the electrocatalytic activity when compared to pure nanocellulose, shifting the onset of the  $CO_2$  reduction reaction to more positive values as compared to the reaction with argon.

**KEYWORDS:** Cellulose nanofiber, nucleophilic vinylic substitution, electrochemical  $CO_2$  reduction.

## 1 | INTRODUÇÃO

A celulose corresponde ao polímero natural mais abundante do planeta, sendo encontrada principalmente na parede celular de vegetais. Entretanto, esta biomolécula também é encontrada em outros seres vivos como bactérias, fungos e até em alguns tipos de mamíferos marinhos (HABIBI; LUCIA; ROJAS, 2010; ALAVI, 2019).

Este polímero natural é um dos constituintes dos carboidratos, sendo classificado como um homopolissacarídeo formado por unidades glicopirranose ligadas entre si por ligações 1,4- $\beta$ -glicosídicas (Figura 1). Cada uma destas cadeias individuais se aglomera em unidades maiores, chamadas de fibrilas ou microfibrilas que por sua vez se aglomeram e formam as fibras de celulose. Esta organização pode possuir regiões amorfas, onde as fibras tem uma organização não definida ou segmentos de alta organização com fibras dispostas paralelas umas às outras. Entretanto, o mais usual é encontrar trechos cristalinos e amorfos na estrutura polimérica. (HABIBI; LUCIA; ROJAS, 2010).

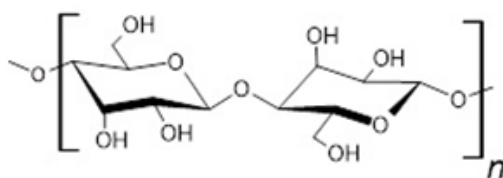


Figura 1. Estrutura do dímero de celulose presente na celulose.

O grau de polimerização (GP) da celulose varia em função da matéria prima usada para sua obtenção e do método usado para sua extração. Por exemplo, a polpa de madeira possui um GP entre 10.000 a 15.000 unidades glicosídicas, enquanto a celulose de origem bacteriana apresenta valores entre 2000 a 6000 (BLANCO *et al.*, 2018).

A obtenção de celulose na escala nanométrica pode ser feita empregando métodos químicos, físicos ou ambos. Dependendo da metodologia usada pode-se ter nanofibras de celulose usualmente obtida por métodos físicos (extrusão, por exemplo), ou nanocristais de

celulose obtidos em geral por métodos químicos (hidrólise, por exemplo). A diferença entre estes dois tipos de nanocelulose é que a primeira pode chegar a um comprimento de até 2  $\mu\text{m}$ , enquanto a última além de ser cristalina apresenta comprimento da ordem de 150 nm (ABITIBOL *et al.*, 2016; THOMPSON *et al.*, 2019).

Além das propriedades físico-químicas da celulose como baixo custo, biodegradável, renovável, baixa toxicidade, estabilidade a solventes orgânicos, a nanocelulose apresenta uma alta relação de área, sendo empregada na área de nanocompósitos (GAN *et al.*, 2020; MONDAL, 2018), hidrogéis e aerogéis (FRANCE; HOARE; CRANSTON, 2017; LONG; WENG; WANG, 2018), biomedicina (PATEL *et al.*, 2019; NGWABEBHOH; YILDIZ, 2019), farmacêutica (AKHLAGHI; BERRY; TAM, 2013), ambiental (LIU *et al.*, 2015), eletroquímica. Nesta última destacam-se o uso em sensores (ZHANG *et al.*, 2018), transistores e células solares (CHENG *et al.*, 2018; HSU, ZHONG, 2019).

Neste trabalho, nanofibrila de celulose foi funcionalizada com grupos dicianovinil para o emprego da mesma na eletroredução de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), sendo que o excesso deste gás causa graves problemas ambientais como o efeito estufa e conseqüentemente o aquecimento global (HU *et al.*, 2012, GOLDEMBERG, 2010).

A redução eletroquímica de  $\text{CO}_2$  é uma alternativa eficiente para diminuir a concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, pois ele pode ser reduzido a combustíveis renováveis (etanol, metano, metanol) visto que há demanda de fontes alternativas de energia (KARAMAD, *et al.* 2015; JHONG *et al.*, 2013).

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Funcionalização da nanocelulose

Em um balão, uma massa correspondente a 0,5g (3,1 mmol) em massa de uma dispersão aquosa de celulose nanofibrilada 3% m/v (Suzano Papel e Celulose) foi colocada sob agitação, sendo adicionado a esta com o auxílio de uma pipeta (gota a gota) uma solução 0,1 M de hidróxido de sódio (Vetec, 97%) até pH 10. A mistura permaneceu sob agitação por 30 minutos. Na sequência 1,14g (9,3 mmol) do reagente etóximetileno-malononitrila (Sigma Aldrich, 98%) foram colocados para reagir em temperatura ambiente (Figura 2), variando o tempo de reação e mantendo a estequiometria de 1:3 molar (nanocelulose / malononitrila). Para a melhor condição experimental avaliou-se ainda o efeito da estequiometria e da temperatura na eficiência da reação.

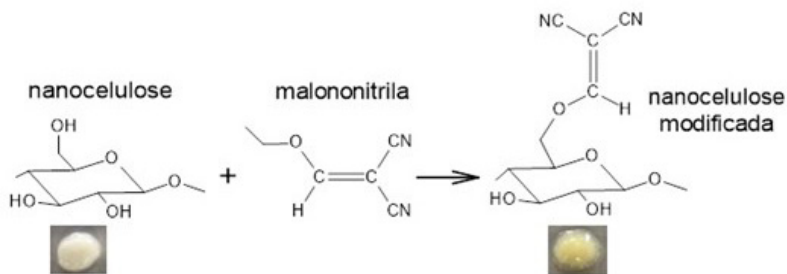


Figura 2. Reação de funcionalização da nanocelulose com o reagente etóximetileno-malononitrila.

Após o tempo de reação programado, o meio reacional foi colocado em um funil de vidro sinterizado nº 4 e lavado com acetona (Vetec, 99,5%), etanol (Vetec, 99,5%), metanol (Vetec, 99,8%), e água destilada até o pH neutro. Em seguida a amostra foi acondicionada em um frasco de vidro âmbar e armazenada em geladeira.

## 2.2 Análise elementar

O percentual de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N) foram determinados na amostra de nanocelulose pura e modificada por análise elementar usando o equipamento da Perkin Elmer, modelo 2400.

## 2.3 Análise Térmica

A análise termogravimétrica (TG) da nanocelulose modificada foi realizada em um aparelho TGDSC Netzsch, modelo STA 409 PC - Luxx, empregando cadinho de alumina, fluxo de nitrogênio ( $50 \text{ mL min}^{-1}$ ) e intervalo de análise de 25 a  $720 \text{ }^\circ\text{C}$ , com uma taxa de aquecimento de  $10^\circ\text{C min}^{-1}$ .

## 2.4 Análise eletroquímica

Todos os experimentos eletroquímicos foram realizados em uma célula eletroquímica convencional de três eletrodos. Uma placa de platina foi utilizada como contra eletrodo e o eletrodo de  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  como referência. O eletrodo de trabalho era composto pelo catalisador (nanocelulose pura e modificada) depositado em uma camada ultrafina sob carbono pirolítico (com  $3,0 \text{ mm}$  de diâmetro e  $0,070 \text{ cm}^2$ ) de um eletrodo de disco rotatório (Rotating electrode, RDE). Uma suspensão aquosa de concentração  $1\% \text{ m/v}$  de nanocelulose pura e modificada foi preparada por dispersão em ultrassom em metanol e uma alíquota de  $10 \mu\text{L}$  dessa suspensão foi pipetada e colocada sobre a superfície do substrato de carbono pirolítico e, em seguida, o solvente foi evaporado em um dessecador. Depois disso, uma alíquota de  $10 \mu\text{L}$  de solução de náion foi colocada sobre a camada catalítica, para a fixação da camada de polímero no carbono pirolítico.

O comportamento eletroquímico da nanocelulose pura e modificada foram acompanhados através da técnica de voltametria cíclica e voltametria de varredura linear, cujos potenciais aplicados aos eletrodos durante os experimentos foram controlados por um potenciostato/galvanostato da Autolab. O eletrólito foi saturado com os gases puros argônio (Ar) e CO<sub>2</sub> dependendo do experimento e as curvas de polarização foram obtidas utilizando um RDE em um intervalo de potencial de -2,0 a 1,0 V vs. Ag/AgCl a uma velocidade de varredura de 5 mV s<sup>-1</sup>.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise elementar

A tabela 1 mostra os resultados da análise elementar (CHN) variando o tempo de reação para a funcionalização da nanocelulose com o reagente etóximetileno-malononitrila. Esta reação ocorre por meio de uma substituição nucleofílica vinílica (S<sub>N</sub>V) com a saída de grupo etóxi e inserção do grupo malononitrila na cadeia polimérica (SALON *et al.*, 2005).

Amostra	Tempo (h)	C (%)	H (%)	N (%)
Nanocelulose pura	-	40,55	6,13	0,017
Reação 1	2	40,66	5,69	0,28
Reação 2	4	41,23	6,07	0,81
Reação 3	8	38,86	5,50	0,92
Reação 4	24	39,39	6,13	0,76

Tabela 1. Análise elementar para diferentes tempos de reação entre nanocelulose e etóximetileno-malononitrila na proporção 1:3 molar.

De acordo com a tabela 1, a reação com um tempo de 8h (reação 3) foi a que apresentou um percentual de nitrogênio mais alto e, portanto, uma maior efetividade na funcionalização e incorporação do grupo malononitrila (dicianovinil) na cadeia de nanocelulose. O aumento do tempo reacional para 24h levou a uma diminuição no percentual de nitrogênio, provavelmente devido a degradação do composto. Para a melhor condição experimental (reação 3), investigou-se a influência da estequiometria e da temperatura no rendimento da reação. Neste caso usou-se as mesmas condições da reação 3 e estequiometria 1:2 mantendo a temperatura ambiente e em seguida, estequiometria 1:3 e temperatura de 70 °C. Para ambos os experimentos se observou uma diminuição no percentual de nitrogênio.

Uma maneira mais precisa para avaliar o rendimento da reação é calculando o grau de substituição (GS), que pode ser obtido pela equação 1.

$$GS = \frac{M_{glu} \cdot \%N}{100M_N - M_{mal} \cdot \%N} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, GS é o grau de substituição,  $M_{glu}$  é a massa molar do monômero de glicose (162g/mol),  $M_N$  a massa molar do átomo de nitrogênio,  $M_{mal}$  a massa molar do grupo malononitrila inserido na celulose (77g) e %N o percentual de nitrogênio determinado por análise elementar. Substituindo os valores de  $M_{glu}$ ,  $M_N$  e  $M_{mal}$  tem-se a equação 2 e o valor de GS pode ser calculado usando os valores percentuais de nitrogênio obtidos da análise elementar (Tabela 1).

$$GS = \frac{162 \cdot \%N}{1400 - 77 \cdot \%N} \quad \text{Equação 2}$$

Usando o valor do percentual de nitrogênio na equação 2, como esperado o maior valor de GS é 0,12 para a reação 3. Apesar deste valor não ser tão elevado, ele é próximo de valores encontrados na literatura para reações em que grupos amino são inseridos na cadeia de nanocelulose (FILPPONEN; SADEGHIFAR; ARGYROPOULOS, 2011; AKHLAGHI *et al.*, 2015). Por exemplo, na reação de funcionalização de nanocristais de celulose com propargilamina, o percentual de nitrogênio encontrado foi de 0,79% (FILPPONEN; SADEGHIFAR; ARGYROPOULOS, 2011). Em outro trabalho envolvendo reação de aminação de nanocelulose com o reagente 2-hidróxi-3-cloro-propilamina o percentual de nitrogênio encontrado foi de 0,9% e um grau de substituição de 0,11 (AKHLAGHI *et al.*, 2015).

### 3.2 Análise térmica

A análise termogravimétrica da nanocelulose pura e modificada, assim como as derivadas das curvas termogravimétricas (dTG) são apresentadas na Figura 3. O comportamento térmico de ambos os materiais apresentam um único evento de decomposição compreendido na faixa de 305 a 390 °C, sendo que a nanocelulose pura apresenta uma perda de massa mais acentuada ao final do processo (Fig. 3). O pico correspondente ao máximo de perda de massa para a nanocelulose funcionalizada ocorre em uma temperatura cerca de 20 °C mais baixa ( $T_{max} = 349,05$  °C) quando comparado com a nanocelulose ( $T_{max} = 369,34$  °C), como pode ser verificado na Figura 3. Além disso, a temperatura de início do processo de decomposição também ocorre em uma temperatura de cerca de 20 °C mais baixa ( $T_{inicial} = 306,21$  °C) quando comparado com a nanocelulose ( $T_{inicial} = 327,87$  °C).

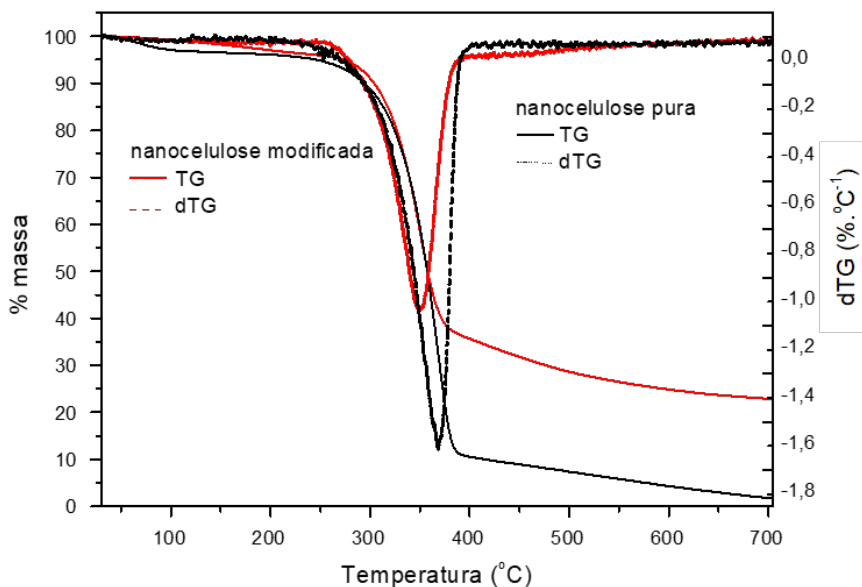


Figura 3. Curvas de TG e DTG para a celulose pura e modificada.

A diminuição na temperatura de decomposição da nanocelulose modificada pode estar ligada a diminuição da cristalinidade do material após a inserção do grupo dicianovinil. Uma menor resistência térmica da celulose foi reportada na literatura com a inserção de grupos carbamato, mostrando uma diminuição na estabilidade térmica do material quando comparado à celulose pura (VO *et al.*, 2010).

### 3.3 Análise eletroquímica

A Figura 4 apresenta os perfis voltamétricos dos eletrocatalisadores de nanocelulose com e sem a modificação de modo em uma velocidade de varredura de 5 mV/s com um potencial aplicado a faixa de -1,5 a 1,5 (vs Ag/AgCl). A inserção de grupos cianos aumentou a condutividade do eletrocatalisador, visualizado pelo aumento da área e de densidade de corrente.

Esse aumento na condutividade tem um efeito positivo quanto à utilização do eletrocatalisador como catodo da reação de redução de CO<sub>2</sub>.



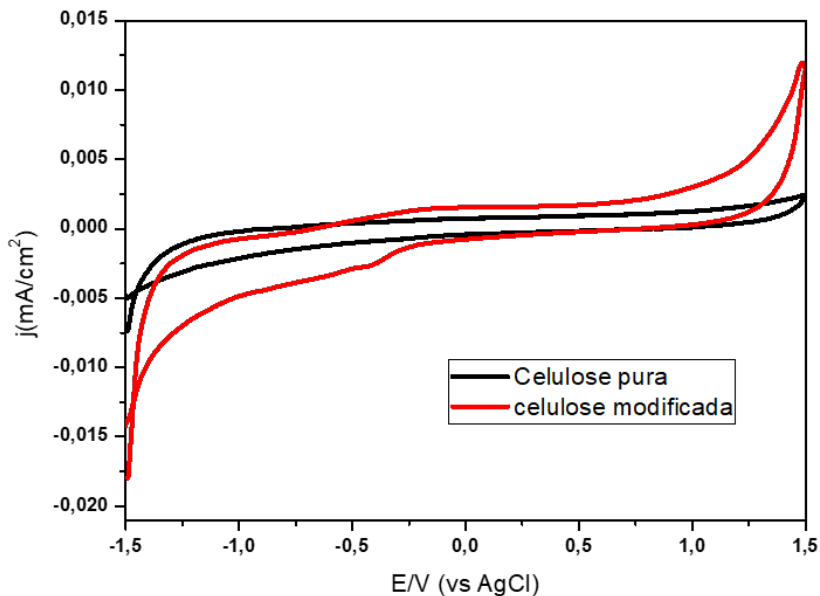


Figura 4. Voltametria cíclica da nanocelulose pura e modificada a uma velocidade de varredura de  $5\text{mV s}^{-1}$ , eletrólito:  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0,5 mol/L saturado com Ar a  $25^\circ\text{C}$  Correntes normalizadas pela área geométrica do eletrodo.

A conversão do dióxido de carbono seja de forma térmica ou eletroquímica, tem uma energia muito alta devido ao fato da molécula de  $\text{CO}_2$  ser muito estável. No caso da redução eletroquímica do  $\text{CO}_2$ , a energia vem da eletricidade. É possível reduzir o  $\text{CO}_2$  completamente através da aplicação de um maior potencial, no entanto, um catalisador adequado reduz significativamente o requisito de energia e também pode aumentar a seletividade dos produtos obtidos.

A Figura 5 apresenta os perfis voltamétricos da nanocelulose pura e modificada, em atmosfera de Ar e de  $\text{CO}_2$ . Observa-se que a modificação da celulose com grupos cianos provocou o aumento da densidade de corrente de redução do  $\text{CO}_2$ , o que indica uma maior taxa de conversão do  $\text{CO}_2$  nos produtos, como também um deslocamento do potencial de início da reação (*onset*) de redução de  $\text{CO}_2$  para valores mais positivos quando comparado ao comportamento na nanocelulose pura, possivelmente atribuída aos processos de adsorção/dessorção dos intermediários reacionais na interface polimérica do material, devido à presença do grupamento ciano.

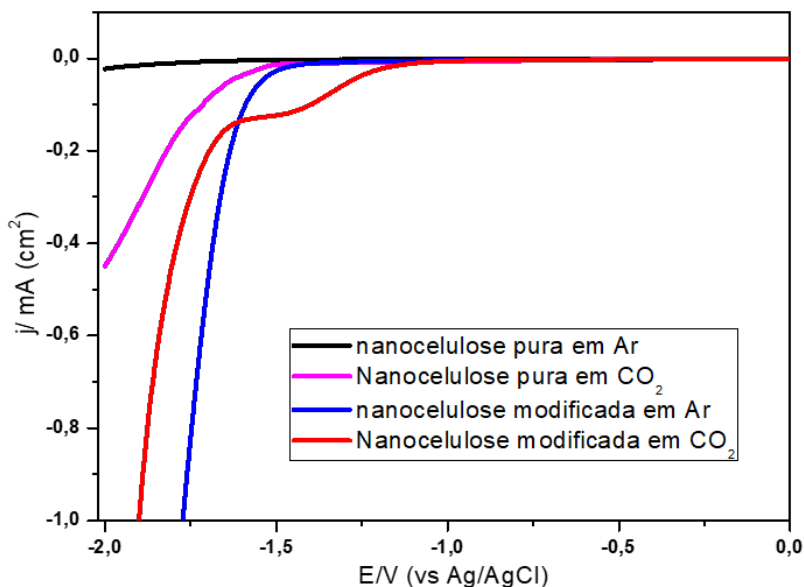


Figura 5. Curvas de polarização para os eletrodos contendo celulose pura e modificada a uma velocidade de varredura de  $5 \text{ mV s}^{-1}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $0,5 \text{ mol/L}$  saturado com Ar e  $\text{CO}_2$  a  $25^\circ\text{C}$ . Correntes normalizadas pela área geométrica do eletrodo.

O emprego de nanocelulose modificada com grupo diciano melhorou a eficiência catalítica do electrocatalisador favorecendo a reação de redução de dióxido de carbono, provavelmente pela disponibilização de sítios ativos na sua estrutura fibrilar, em especial os grupos cianos na superfície.

## 4 | CONCLUSÃO

A inserção de grupos dicianovinil na cadeia polimérica da nanocelulose apresentou significativa atividade electrocatalítica para a redução de  $\text{CO}_2$  quando comparada a nanocelulose pura, deslocando o início da reação para potenciais mais positivos quando comparado a reação com Ar. O  $\text{CO}_2$  mostrou uma afinidade pelo polímero de celulose e é possível que a camada polimérica tenha uma ação inibidora na redução da água.

## REFERÊNCIAS

ABITBOL, T. *et al.* Nanocelulose, a tiny fiber with huge applications, **Curr. Opin. In Biotech.**, v. 39, 76-78, 2016.

ALAVI, M., Modifications of microcrystalline cellulose (MCC), nanofibrillated cellulose (NFC), and nanocrystalline cellulose (NCC) for antimicrobial and wound healing applications, **e-Polymers**, v.19, p. 103-119, 2019.

- AKHLAGHI, S. P., BERRY, R. C., TAM, K. C., Surface modification of cellulose nanocrystal with chitosan oligosaccharide for drug delivery applications, **Cellulose**, v. 20, p. 1747-1764, 2013.
- AKHLAGHI, S. P. *et al.* Synthesis of amine functionalized cellulose nanocrystals: optimization and characterization, **Carbohydr. Res.**, v. 409, p. 48-55, 2015.
- BLANCO, A. *et al.* Nanocellulose for Industrial Use: Cellulose Nanofibers (CNF), Cellulose Nanocrystals (CNC), and Bacterial Cellulose (BC), **Hand. of Nanomater. for Ind. Applic.**, p. 74-126, 2018.
- CHENG, Q. *et al.* Construction of transparent cellulose-based nanocomposite papers and potential application in flexible solar cells, **ACS Sustainable Chem. Eng.**, v. 6, p. 8040-8047, 2018.
- FILPPONEN, I., SADEGHIFAR, H., ARGYROPOULOS, D. S. Photoresponsive cellulose nanocrystals, **Nanomater. Nanotechnol.**, v. 1, p. 34-43, 2011.
- FRANCE, K. J., HOARE, T., CRANSTON, E. D., Review of hydrogels and aerogels containing nanocellulose, **Chem. Mater.**, v. 29, p. 4609-4631, 2017.
- GAN, P. G. *et al.* Thermal properties of nanocellulose-reinforced composites: A review, **J. Appl. Polym. Sci.**, 137, p. 48544-48558, 2020.
- GOLDEMBERG, J. **Energia e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Blucher, v. 4, 2010.
- HABIBI, Y.; LUCIA, L. A.; ROJAS, O. J. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. **Chem. Rev.**, v. 110, n. 6, p. 3479–3500, 2010.
- HU, J. P., *et al.* Sensitivity analysis of greenhouse effect with the concentration changes of greenhouse gases. **J. of Eng. Thermophysics**, v. 33, p. 1380-1382, 2012.
- HSU, H. H.; ZHONG, W., Membranes for Free-Standing Supercapacitors Nanocellulose-Based Conductive: A Review. **Membranes**, v. 9, p. 1-21, 2019.
- JHONG, H. M.; MA S.; KENIS P. Electrochemical conversion of CO<sub>2</sub> to useful chemicals: current status, remaining challenges, and future opportunities. **Curr. Op. in Chem. Eng.**, v. 2, 2013.
- KARAMAD, M. *et al.* Mechanistic Pathway in the Electrochemical Reduction of CO<sub>2</sub> on RuO<sub>2</sub>. **ACS Catalysis**, v. 5, p. 4075-4081, 2015.
- LIU, L. *et al.* Adsorption removal of dyes from single and binary solutions using a cellulose-based bioadsorbent. **ACS Sustainable Chem. Eng.**, v. 3, p. 432-442, 2015.
- LONG, L. Y., WENG, Y. X., WANG, Y.Z. Cellulose aerogels: Synthesis, applications and prospects. **Polymers**, v. 10, p. 1-28, 2018.
- MONDAL, S. Review on Nanocellulose Polymer Nanocomposites. **Polymer-Plastics Techn. and Eng.**, v. 57, p. 1377-1391, 2018.

NGWABEBHOH F.A., YILDIZ, U. Nature-derived fibrous nanomaterial toward biomedicine and environmental remediation: Today's state and future prospects. **J. Appl. Polym. Sci.**, v. 136, p. 47878, 2019.

PATEL, D.K., DUTTAB, S. D., LIM, K. T. Nanocellulose-based polymer hybrids and their emerging applications in biomedical engineering and water purification. **RSC. Adv.** v 9, p. 19143-19162, 2019.

SALON, J. *et al.* Nucleophilic vinylic substitution (SNV) of activated alkoxyethylene derivatives with 6-aminoquinoxaline. **Eur. J. Org. Chem.**, p. 4870-4878, 2005.

THOMPSON, L. *et al.* Cellulose nanocrystals: Production, functionalization and advanced applications. **Rev. Adv. Mater. Sci.**, v. 58, p. 1-16, 2019.

VO, L.T. *et al.* Functionalisation of cellulosic substrates by a facile solventless method of introducing carbamate groups. **Carbohydr. Polym.**, v. 82, p. 1191-1197, 2010.

ZHANG, Y. *et al.* Electrochemical chiral sensor based on cellulose nanocrystals and multiwall carbon nanotubes for discrimination of tryptophan enantiomers. **Cellulose**, v. 25, p. 3861-3871, 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetilcolinesterase 180, 181, 182, 184, 190

Adsorção 80, 82, 83, 84, 86, 87, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 128, 206, 238, 286

Alcanosulfonatos 135

Aloysia gratissima 180, 181, 182, 184, 185, 189, 190, 191

Alpinia 192, 193, 194, 195

Amilase 146, 148, 152, 157

Aniba canelilla 192, 193, 194, 196, 197

Aprendizagem Contextualizada 1

Aprendizagem Significativa 3, 6, 7, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 48

### C

Carvão Ativado 83, 86, 126, 128, 129, 132, 133, 134

Casca de Laranja 126, 129, 134

Compósito Tricomponente 216, 218, 220, 227

### D

Degradação 80, 84, 94, 95, 100, 101, 105, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 152, 167, 235, 255, 257, 260, 306, 307, 308, 309, 311, 312, 315, 324, 325, 327, 329

Determinação Bioquímica 242

### E

Eletrodos Compósitos 203, 204, 205, 209, 210

Endopleura uchi 242, 243, 244, 249, 250, 251, 252

Ensino de Química 1, 4, 6, 7, 33, 42, 47, 49, 51, 55, 56, 59, 62, 69, 70

Escória de Aciaria 292, 293, 294, 296, 297, 299

Extração 136, 148, 158, 160, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182, 184, 185, 193, 194, 206, 207, 208, 209, 214, 232, 282, 287, 290

Extrato de Açai 198

Extrato de Pitanga 198

### F

Fármacos Residuais 105, 106

Fermentação Alcoólica 146, 148, 149, 150, 152, 156, 157

Ferramenta de Ensino 17, 18, 21, 32

Fertilizantes 253, 254, 255, 263, 290, 291

Fotocatálise 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120

## **G**

Glutathione S-Transferase 198

## **H**

Hidrólise Enzimática 146, 147, 148, 152, 156, 157

Hidróxidos Duplos Lamelares 292, 293, 294, 299, 300

## **J**

Jogo Didático 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 32, 60, 61, 63, 64, 68, 69, 70, 71

## **L**

Ligação Química 26, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48

Lipase 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 170, 171

Líquidos Iônicos 135, 136, 137, 144, 145

Livro Didático 6, 8, 35, 36, 38, 42, 43, 45, 46, 48, 54, 58, 77, 78

## **M**

Microextração Líquido-Líquido Dispersiva 282, 286, 287

Micropoluentes 106, 108, 113

Modelagem Matemática 257, 301, 302

## **N**

Nanofibrilas de Celulose 231

Nanotubos de Carbono 204, 319, 320, 323, 327, 329

Níveis de Cobre 282

## **O**

Óleo Essencial 134, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 188, 189, 190, 192, 193

## **P**

Plasma 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 322, 324, 325, 327, 328, 329, 330, 331

Polímeros com Impressão Molecular 203, 207

## **Q**

Química Ambiental 9, 10, 16

Química do Chocolate 1, 5, 6

Química do Plasma 306, 313

## **R**

Redução Eletroquímica de CO<sub>2</sub> 231, 233

Resíduos da Agroindústria 80, 83

Rodamina B 94, 100

## **S**

Sensores Vapocrômicos 265





Sistema de Liberação Controlada 253, 255

Sustentabilidade 82, 169, 216, 220, 231, 254

## **T**

Teobromina 1, 2, 3, 4, 5, 6





Tratamento de Água 126, 128, 129, 133, 134, 315

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

  
Ano 2020



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)   
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)   
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)   
[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2