

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**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

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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 com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da 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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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> Dra. 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  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
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 Albornoz – 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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

## Trabalhos nas áreas de fronteira da química

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química / Organizador  
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-824-3

DOI 10.22533/at.ed.243212202

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva  
(Organizador). 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



Ano 2021

## 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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos, promovem a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: melhoria na qualidade e expectativa de vida da sociedade. Esta coleção apresenta trabalhos que proporcionam: (i) melhorar e aperfeiçoar a relação ensino aprendizagem em diferentes níveis de ensino, possibilitando o aprofundamento da compreensão da relação homem e meio-ambiente, por meio do desenvolvimento de uma consciência que coloque o homem como parte integrante do meio; (ii) desenvolvimento de novos materiais com potencialidades de melhorar ou inovar suas aplicações nos diferentes seguimentos da sociedade, despertando a mudança da visão extrativista e fortalecendo a que seja capaz de reduzir impactos ao meio ambiente; (iii) uso da biotecnologia tanto no setor de saúde quanto no de alimentos que buscam aprimorar ou desenvolver novas aplicações; (iv) aplicação e potencialidades do uso de biomassa de resíduos e rejeitos gerados por atividades agroindustriais, possibilitando a incorporação destes como matéria-prima para aplicações em diferentes produtos, diminuindo o impacto gerado na extração de matérias-primas do ambiente que contribui para a preservação de recursos naturais para as gerações vindouras e (v) estudo de novas substâncias potencialmente capazes de melhorar ou desenvolver processos clínicos, tanto do ponto de vista de resolução de imagens em exames quanto de processos terapêuticos, possibilitando maior acessibilidade e disponibilidade a sociedade.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que levem a despertar uma maior consciência da relação do homem e do meio ambiente, a Atena Editora lança o volume I do E-book “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**ABORDANDO A IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM E DA COMPOSTAGEM NA PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE (CTSA)**

Estefano Poletto da Silva

Joanez Aires

**DOI 10.22533/at.ed.2432122021**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE, AMBIENTE (CTSA) NO ENSINO DE QUÍMICA DO ENSINO SUPERIOR: OFICINAS DE PRODUÇÃO DE SABÃO EM COMUNIDADES PERIFÉRICAS DA CIDADE DE MARABÁ – PARÁ**

Aline Maria Viana de Souza

Elieuda dos Reis Santos

Joana D'arc Alexandre Barbosa

Jefferson Dias Vieira

Millena Lima Almeida

Marcos Francisco Ozorio dos Santos

Tatiani da Luz Silva

**DOI 10.22533/at.ed.2432122022**

### **CAPÍTULO 3..... 30**

**O USO DA QUÍMICA DOS PERFUMES NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA EXPERIMENTAL**

Gabriel de Paula Bueno

Olga Maria Schimidt Ritter

Taís Viviane Hanauer

Victor Leonardo Rodrigues Pinheiro

Bruna Sthephany Grassi Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.2432122023**

### **CAPÍTULO 4..... 41**

**OFICINA PEDAGÓGICA COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM DE ASTRONOMIA**

Marcelo Monteiro Marques

Juliana Pereira da Costa

Rayanne Cristina da Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.2432122024**

### **CAPÍTULO 5..... 52**

**A NANOTECNOLOGIA NA LUTA CONTRA O CÂNCER: UMA REVISÃO**

Angélica de Brito Sousa

Jéssica Randel da Silva Alves

Darlisson Slag Neri Silva

Juracir Francisco de Brito

Nelson Nunes da Silva Lopes Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.2432122025**

**CAPÍTULO 6..... 64**

**CELULOSE BACTERIANA PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA**

Ricardo Barbosa de Sousa  
Amanda Maria Claro  
Hernane da Silva Barud  
Sidney José Lima Ribeiro  
Edson Cavalcanti da Silva Filho

**DOI 10.22533/at.ed.2432122026**

**CAPÍTULO 7..... 88**

**ENSAIOS PARA PRODUÇÃO DE UM SORVETE PROBIÓTICO A PARTIR DO USO DE EXTRATO DE *Theobroma grandiflorum* (CUPUAÇU) E CEPAS COMERCIAIS DE *Lactobacillus acidophilus***

Elaine Isabel Melo Alves Coelho  
Lívia Maria Pinto Rodrigues  
Edailson de Alcântara Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.2432122027**

**CAPÍTULO 8..... 99**

**NANOPARTÍCULAS DE COBRE BIODISPONIBILIZADAS PELO FUNGO ENDOFÍTICO *Phaeoacremonium* SP. ISOLADO DAS AMÊNDOAS DE *Bertholletia excelsa* DUCKE**

Edmilson dos S. Moraes  
Fabrício H. Holanda  
Beatriz L. Ferreira  
Iracirema S. Sena  
Adilson L. Lima  
Victor H. de Souza Marinho  
Irlon Maciel Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.2432122028**

**CAPÍTULO 9..... 112**

**SÍNTESE HIDROTÉRMICA DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA**

Pedro Rafael da Cruz Almeida  
Michael Douglas Santos Monteiro  
Jonatas de Oliveira Souza Silva  
José Carlos dos Santos Junior  
José Fernando de Macedo  
Anderson Alex Conceição Alves  
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna  
Eliana Midori Sussuchi  
Lucas dos Santos Lima

**DOI 10.22533/at.ed.2432122029**

**CAPÍTULO 10..... 123**

**INFLUÊNCIA DOS HIDRÓXIDOS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO NA ATIVAÇÃO**

## MECANOQUÍMICA DO SISTEMA MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>

Constança Amaro de Azevedo

Francisco Manoel dos Santos Garrido

Jairo Moura de Melo

Marta Eloísa Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.24321220210**

## **CAPÍTULO 11..... 131**

### IMPLICAÇÕES E APLICAÇÕES DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Marluce Oliveira da Guarda Souza

Carine Pereira da Silva

Fernanda Sales Silva

**DOI 10.22533/at.ed.24321220211**

## **CAPÍTULO 12..... 143**

### ICE TEMPLATE ADAPTADA: A PRODUÇÃO DE POROS ATRAVÉS DO CONGELAMENTO

Natália Reigota César

Jeniffer Silveira Gonçalves

Aparecido Junior de Menezes

Walter Ruggeri Waldman

**DOI 10.22533/at.ed.24321220212**

## **CAPÍTULO 13..... 157**

### CARACTERIZAÇÃO DO INSUMO FARMACÊUTICO ATIVO SULFATO DE ATAZANAVIR

Emiliana Moraes de Carvalho

Erika Martins de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.24321220213**

## **CAPÍTULO 14..... 169**

### UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA PARA O CASO DA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO, DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS, EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM BATELADA

Rony Peterson da Rocha

Claudilaine Caldas de Oliveira

Eugênia Leandro Almeida

Mauro A.S.S. Ravagnani

Cid Marcos G. Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.24321220214**

## **CAPÍTULO 15..... 184**

### EFEITO DE PROTEÍNAS ZINC-FINGER EM DOENÇAS HUMANAS: UM FOCO NA CO-CHAPERONA HSP40 E DOENÇAS NEURODEGENERATIVAS

Jemmyson Romário de Jesus

**DOI 10.22533/at.ed.24321220215**

## **CAPÍTULO 16..... 196**

### NAFTOIMIDAZÓIS COMO POTENCIAIS COMPONENTES TERANÓSTICOS FLUORESCENTES: SÍNTESE E AVALIAÇÃO

Victória Laysna dos Anjos Santos

Helinando Pequeno de Oliveira

Arlan de Assis Gonsalves

Cleônia Roberta Melo Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.24321220216**

**SOBRE O ORGANIZADOR.....209**

**ÍNDICE REMISSIVO.....210**

## SÍNTESE HIDROTHERMAL DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO A PARTIR DE GLICOSE E UREIA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

### **Pedro Rafael da Cruz Almeida**

Universidade Federal de Sergipe  
Departamento de Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/2947906108380906>

### **Michael Douglas Santos Monteiro**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão - Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/8097104264702877>

### **Jonatas de Oliveira Souza Silva**

Universidade Federal de Sergipe  
Departamento de Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/1361657720395265>

### **José Carlos dos Santos Junior**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/3580411959645679>

### **José Fernando de Macedo**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/3720990598641830>

### **Anderson Alex Conceição Alves**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão - Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/3685247328156156>

### **Mércia Vieira da Silva Sant'Anna**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/7763110962253466>

### **Eliana Midori Sussuchi**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/8137586721918798>

### **Lucas dos Santos Lima**

Universidade Federal de Sergipe  
Programa de Pós-Graduação em Química  
São Cristóvão – Sergipe  
<http://lattes.cnpq.br/1131629410192288>

**RESUMO:** Os nanomateriais têm recebido grande atenção científica nos últimos anos, devido à ampla aplicação em diferentes áreas como engenharia, física, química, dentre outras. No presente trabalho foram sintetizadas nanopartículas de carbono (CD) utilizando glicose e ureia como precursores, na proporção de 1:2 (m/m). A síntese foi realizada aplicando o método hidrotermal, utilizando uma estufa a 180 °C durante 8 horas. O produto de síntese foi caracterizado empregando as técnicas de Espectroscopia de absorção (UV-Vis) e emissão na região do UV-Visível, Espectroscopia Vibracional com Transformada de Fourier na região do Infravermelho (FTIR). As análises por UV-VIS apresentaram três máximos de absorção, sendo duas transições eletrônicas de natureza  $\pi\text{-}\pi^*$  e uma de natureza  $n\text{-}\pi^*$ , as quais

são características dos *carbon dots*. As bandas obtidas por FTIR são características dos precursores, como as vibrações de estiramento C=O e N-H, presentes na ureia e a vibração O-H presente na glicose. Além disso, a presença de um estiramento C=C, atribuído à formação de carbonos aromáticos. Os resultados obtidos por essas caracterizações indicam a formação de um material que possui grupamentos pertencentes a ambos os precursores, e características de um nanomaterial da classe dos *carbon dots*, demonstrando facilidade e baixo custo no processo de obtenção quando comparado com alguns trabalhos da literatura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Síntese, *carbon dots*, glicose.

## HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF CARBON NANOPARTICLES FROM GLUCOSE AND UREA

**ABSTRACT:** Nanomaterials have received great scientific attention in recent years. This is due to the wide application of these nanostructures in different areas, such as engineering, physics, chemistry, materials sciences, and molecular biology. In the present work, carbon nanoparticles (CD) were synthesized using glucose and urea in the ratio 1:2 (w/w) as precursor structures. The hydrothermal synthesis method was utilized, using an oven at 180 °C for 8 hours. The synthesis product was characterized using the techniques of Absorption Spectroscopy (UV-Vis) and emission in the UV-Visible region, Fourier-Transform Infrared spectroscopy (FTIR). The UV-VIS analysis showed three absorption maximums, two of which are electronic transitions of nature  $\pi\text{-}\pi^*$  and one of nature  $n\text{-}\pi^*$ , which is characteristic of carbon dots. The bands obtained by FTIR are characteristic of the precursors, such as the stretching vibrations C=O and N-H, present in urea and the O-H vibration present in glucose. In addition, the presence of a C=C stretch, attributed to the formation of aromatic carbon. The results obtained by these characterizations indicate the formation of a material that has groups belonging to both precursors and characteristics of a nanomaterial in the class of carbon dots, demonstrating facility and low cost in the process of obtaining when compared with some works in the literature.

**KEYWORDS:** Synthesis, carbon dots, glucose.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os *carbon dots* (CD) são nanopartículas de carbono que apresentam dimensões com diâmetro abaixo de 10 nm, obtidos pela primeira vez durante a purificação de nanotubos de carbono de parede única por eletroforese preparativa em 2004 [1]. Em geral, os CD consistem em uma estrutura de carbono amorfa com domínios cristalinos com, principalmente, hibridização  $sp^2$  e com diferentes grupos funcionais em sua superfície. Os grupos funcionais mais comuns na superfície são os ácidos carboxílicos, os álcoois e o grupo amina. Esses grupos facilitam a solubilidade dos CD em soluções aquosas [23].

Nas últimas duas décadas, os CD têm atraído muita atenção devido às suas propriedades, tais como, alta luminescência, fácil obtenção, baixo custo e boa estabilidade química. Além disso, possuem baixa toxicidade e boa biocompatibilidade quando comparados aos tradicionais *quantum dots* de semicondutores [35].

As propriedades dos CD permitem aplicações em diversas áreas como em bioimagem, devido a sua fluorescência natural, alta resistência à fotodegradação, baixa toxicidade e alta solubilidade em água e outros solventes [6]. Na área de iluminação do estado sólido sendo utilizados como LED, em virtude de sua estável emissão de luz, o baixo custo e por não agredir o ambiente [7]. Na catálise devido à sua propriedade de rápida transferência de elétrons [8]. Como biosensores e sensores eletroquímicos, pela facilidade na transferência eletrônica o que junto aos grupos funcionais presentes nas nanopartículas promovem melhora nas respostas analíticas, devido o aumento das interações entre o sensor e o analito, permitindo o uso de técnicas voltamétricas para essa aplicação [9-10].

As rotas sintéticas dos CD podem ser divididas em dois grupos principais: *Top-down* e *Bottom-up*. O tipo *Top-down* envolve a clivagem ou quebra de materiais de carbono volumosos, como carboidratos, fuligem de carbono, fibras de carbono, carvão ativado, etc., por meio de abordagens químicas, eletroquímicas ou físicas. Todo o mecanismo de formação depende da quebra da ligação entre os átomos de carbono [5,11].

O tipo *Bottom-up* envolve a pirólise ou carbonização e condensação de pequenas moléculas orgânicas. Geralmente, as moléculas orgânicas passam por quatro estágios na formação de CD: condensação, polimerização, carbonização e passivação. Na etapa de condensação, os pequenos precursores de moléculas orgânicas podem formar intermediários de compostos de cadeia por uma reação de condensação ou uma reação radicalar. Na polimerização, os intermediários são agregados, semelhantes aos polímeros, por interações covalentes, não covalentes ou outras interações. Na carbonização, os polímeros carbonizam para formar o núcleo de carbono, especialmente a altas temperaturas. Por fim na passivação, os precursores residuais, são incorporados como agentes passivadores de superfície dos CD para melhorar a eficiência da luminescência, dentre outras propriedades [5,11]. Os esquemas de rotas sintéticas são apresentados na Figura 1.

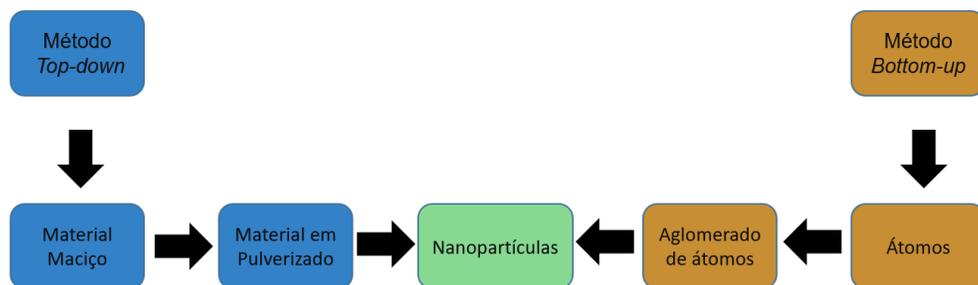


Figura 1: Processos sintéticos de CD.

Fonte: adaptado de [4].

No método de síntese *Top-down*, as técnicas que mais se destacam são arco-elétrico, ablação por laser, oxidação eletroquímica e tratamento ultrassônico. No entanto, essa abordagem traz consigo inconvenientes como a exigência de materiais caros, condições adversas de reação e longo tempo de reação. Já no *Bottom-up*, existem as técnicas que utilizam microondas, decomposição térmica, carbonização, pirólise, tratamento solvotérmico e o tratamento hidrotérmico.

Todas as técnicas de síntese têm suas vantagens e desvantagens, por exemplo: o método oxidação eletroquímica/química. Nessa abordagem há as vantagens de controle de tamanho da partícula e da nanoestrutura, além de ser estável e ser realizado, normalmente, em um único passo. Entretanto, poucos trabalhos são reportados, em que os precursores são capazes de sintetizar nanopartículas por essa estratégia [6]. Ou então, o método de ablação por laser, o qual é rápido, eficiente e possibilita o ajuste do estado da superfície do CD, mas tem pouco rendimento quântico e pouco controle no tamanho da partícula [7].

No entanto, o método mais utilizado, atualmente, é o de síntese hidrotérmica, devido ao seu baixo custo e baixa toxicidade. Esse processo de síntese, geralmente, consiste na adição dos precursores e de água a um reator hidrotérmico, o qual é selado e aquecido. Esse aquecimento é realizado a uma temperatura maior que a temperatura de ebulição da água devido à pressão interna gerada no reator pelo próprio aquecimento. Muitos precursores são utilizados para realizar a síntese dos CD por rota hidrotérmica como glicose, ácido cítrico, quitosana, proteínas, etc. o que demonstra um dos motivos para a baixa toxicidade e custo do método, além do uso da água como solvente [5-7,12].

Além da busca na literatura, foi realizada uma pesquisa de patentes utilizando as palavras-chave "*synthesis and carbon dots and glucose*" na opção de resumo ou título na plataforma do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), nenhum resultado foi obtido. Pela plataforma Espacenet, utilizando as palavras-chave "*Synthesis and carbon dot and glucose*" 4 patentes foram relacionadas com o trabalho: "*Nitrogen-sulfur double-doped carbon quantum dot, preparation method therefor and application thereof*"; "*Method for simultaneously preparing carbon quantum dots and carbon nanometer balls, and product thereof*"; "*Preparation method of carbon quantum dot/bismuth molybdate nano-sheet composite photocatalytic material*"; "*Fluorescence-enhanced carbon quantum dots and preparation method thereof*". Já pela plataforma *World Intellectual Property Organization* (WIPO), com as palavras-chave "*Synthesis and carbon dot and glucose*" na opção *front page* e na opção *full text*, as 4 patentes supracitadas foram encontradas novamente, demonstrando a inovação possibilidade de realizar uma patente com este trabalho.

Assim, o presente trabalho sintetizou e caracterizou nanopartículas da classe dos *carbon dots* com o objetivo de aplicá-las no desenvolvimento de novas tecnologias.

## 2 | METODOLOGIA

Neste segmento, serão descritos os reagentes e os procedimentos utilizados para a obtenção dos resultados.

### 2.1 Reagentes

Na Tabela 1, são identificados os reagentes utilizados para os processos realizados.

Reagentes	Fórmula Molecular	Fabricante	Grau de pureza (%)
Água ultrapura	H <sub>2</sub> O	Milli-Q	-
Glicose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	Alphatec	99,97%
Ureia	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	Vetec	99,98%
Hidróxido de Sódio	NaOH	IMPEX	99,99%
Brometo de Potássio	KBr	Dinâmica	99,99%
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Dinâmica	99,95%
Acetato de Polivinila (PVA)	(C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>	Neon	99,99%

Tabela 1: Reagentes utilizados durante os procedimentos experimentais.

### 2.2 Síntese dos *Carbon dots*

Para a síntese dos CD, foram utilizados 3,00 g de glicose e 6,00 g de ureia. A mistura foi dissolvida em 30,00 mL de água ultrapura. Em seguida, a solução obtida foi agitada mecanicamente durante 30 minutos. Após esse período, a solução foi transferida para uma autoclave de teflon com capacidade de 85,00 mL. O recipiente foi levado à estufa a 180 °C durante 8 horas. Ao final da síntese, a autoclave foi resfriada à temperatura ambiente. O material obtido foi misturado com 60,00 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1,25 mol.L<sup>-1</sup> e a mistura resultante foi rotaevaporada a 70 °C e 60 rpm. Em seguida, o sólido foi coletado com etanol, formando-se uma suspensão dos CD, e essa suspensão foi transferida para um tubo falcon o qual foi armazenado sob refrigeração e na ausência da luz [13-14].

### 2.3 Caracterização dos *Carbon dots*

Os CD foram caracterizados por Espectroscopia Eletrônica de Absorção na Região do Ultravioleta-Visível, Espectroscopia Vibracional na Região no Infravermelho, Espectroscopia de Emissão na Região do Ultravioleta-Visível.

### *2.3.1 Espectroscopia Vibracional de Absorção na Região do Infravermelho*

As análises foram realizadas por meio de um equipamento Varian 640 – IR com o intuito de verificar a presença dos principais grupos funcionais do CD. Para isso, pastilhas foram preparadas ao macerar e prensar brometo de potássio (KBr) e CD. As análises foram realizadas na região de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ .

### *2.3.2 Espectroscopia Eletrônica de Absorção na Região do UV-Visível*

Através de um espectrofotômetro Varian Cary 100 Scan UV-Visible Spectrophotometer, foram realizadas as análises da suspensão dos CD, na região de 200 a 800 nm, visando à obtenção do comprimento de onda de máxima absorção. Duas cubetas de quartzo com 1 cm de caminho óptico foram preenchidas, uma com etanol para ser realizado o branco e outra com a suspensão de CD.

### *2.3.3 Espectroscopia de Fluorescência*

As análises de espectroscopia de fluorescência foram realizadas em um espectrofluorímetro JascoFP – 8600 na região de 200 a 800 nm. Foi utilizada uma cubeta de quartzo com 1 cm de caminho óptico e a suspensão de CD. Com essa análise, foi determinado o comprimento de onda de excitação no qual há uma maior intensidade de emissão.

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste tópico serão discutidos os resultados que foram obtidos através das técnicas de caracterização e pela análise eletroquímica dos CD.

### **3.1 Espectroscopia Vibracional de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)**

A análise pela espectroscopia vibracional indicou a formação de um composto que permanece com os principais grupos funcionais de seus precursores, como pode ser observado na Figura 2.

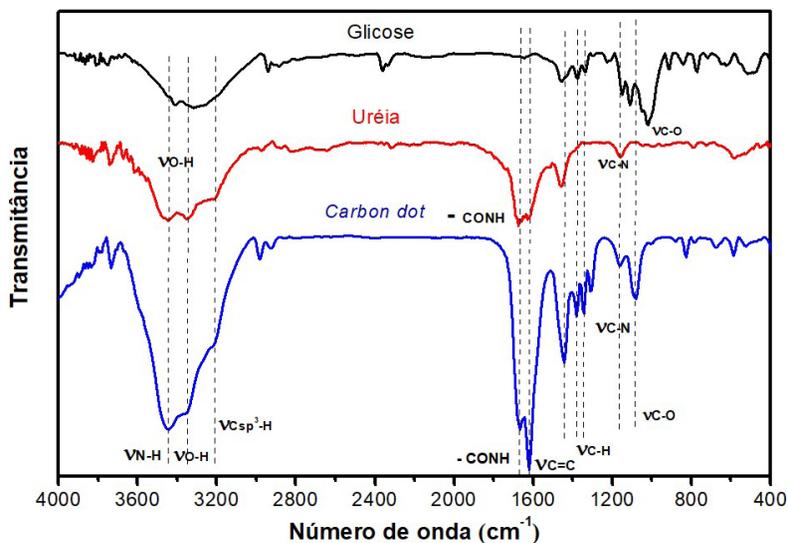


Figura 2: Espectros vibracionais de FTIR do *carbon dot* e seus precursores em KBr.

O espectro de infravermelho referente ao CD apresenta vibrações nas regiões de 3050-3650  $\text{cm}^{-1}$  e 3200-3600  $\text{cm}^{-1}$ , que estão relacionadas aos estiramentos das ligações N-H de amida e O-H de álcool, respectivamente [20,24]. Há também uma banda na região de 2840–3000  $\text{cm}^{-1}$  relacionada ao estiramento da ligação C-H de carbono  $sp^3$  [1315]. Uma vibração estreita e forte pode ser observada em 1666  $\text{cm}^{-1}$ , a qual corresponde ao grupamento CONH, referente à amida [13]. As vibrações em 1620  $\text{cm}^{-1}$  e 1442  $\text{cm}^{-1}$  podem ser atribuídas a vibração de estiramento C=C devido à formação de carbonos aromáticos durante a carbonização no processo de síntese [15-18]. A deformação da ligação C-H também é observada na região de 1380-1340  $\text{cm}^{-1}$ , porém classificada como simétrica e no formato de dubleto, indicando a existência de carbono terciário molécula [1517]. Em 1180  $\text{cm}^{-1}$ , há a presença do estiramento da ligação C-N, a qual é relacionada ao grupamento amida [17]. Há uma vibração em 1080  $\text{cm}^{-1}$ , representando a ligação C-O, que nesta região, caracteriza a presença de álcool primário [3]. As vibrações dessas ligações também aparecem tanto para a glicose, quanto para a ureia, como pode ser observado na Figura 3. Dessa forma, é possível afirmar que o CD sintetizado possui grupamentos aromáticos, hidroxílicos e nitrogenados.

### 3.2 Espectroscopia de Emissão e Absorção na Região do UV-Visível

O CD disperso em etanol, forma uma solução coloidal de cor alaranjada. Ao incidir luz ultravioleta de comprimento de onda 365 nm, a solução emitiu uma coloração azul claro, que foi facilmente perceptível a olho nu (Figura 3), sendo comparável com o que é reportado na literatura [19].

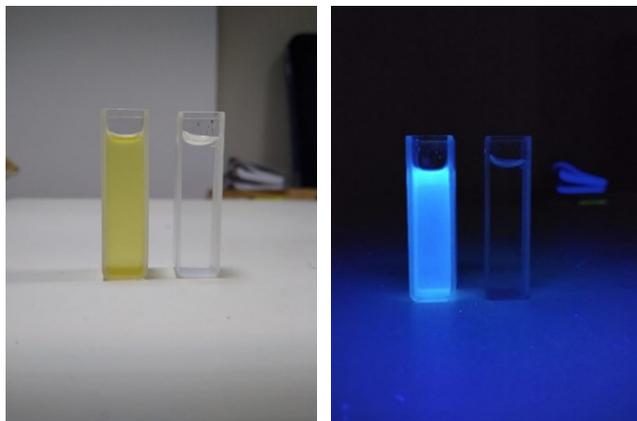


Figura 3: Imagens dos CD em etanol sob luz do dia (esquerda) e imagens de fotoluminescência (direita) sob radiação UV (365 nm).

As propriedades ópticas dos CD obtidos também foram estudadas para uma melhor compreensão do material formado. Para isso, foi utilizada a espectroscopia de Absorção (Figura 4) e a espectroscopia de Emissão (Figura 5).

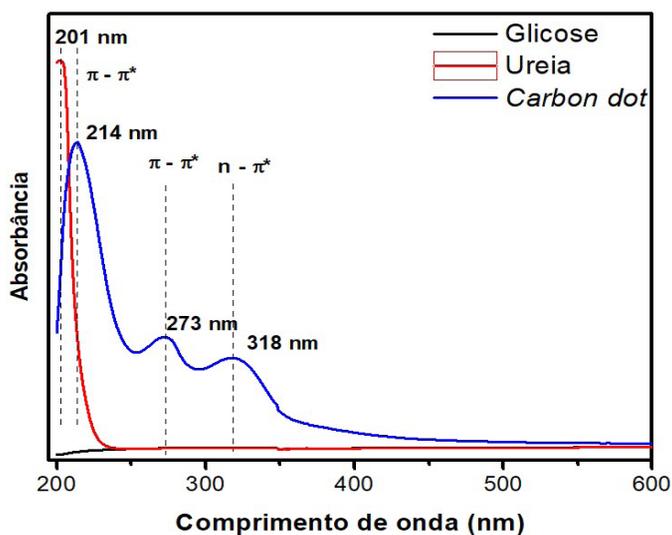


Figura 4: Espectros de absorção do CD em etanol e de seus precursores.

Conforme o espectro de absorção UV-Vis da Figura 4, o produto de síntese apresentou bandas de absorção bem definidas, uma em 214 nm referente às transições  $\pi - \pi^*$  de carbono  $sp^2$ , a qual também aparece no espectro da ureia. Outra transição em 273 nm, a qual é de natureza  $\pi - \pi^*$  intercambiada de transferência de carga e em 318 nm,

originada da transição  $n-\pi^*$  da ligação C=O da partícula de CD [14, 21-23].

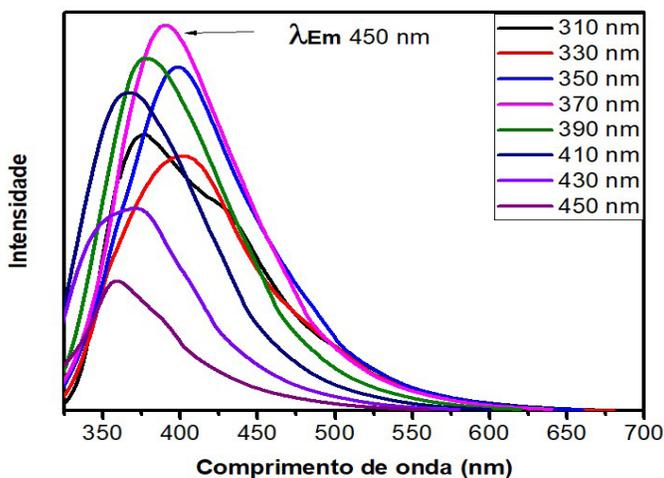


Figura 5: Espectros de emissão dos CD em etanol em diferentes comprimentos de onda de excitação.

De acordo com os espectros obtidos pela espectroscopia de emissão (Figura 5), a suspensão de CD tem seu máximo de emissão em 450 nm, quando utilizado o comprimento de excitação em 370 nm. Quando comparado com a literatura [12,20], é um valor de máximo aproximado com o que é esperado pela cor de emissão. O máximo de emissão varia de 359 nm a 402 nm quando o comprimento de excitação é variado de 310 nm a 450 nm. A posição da banda de emissão da fluorescência depende do comprimento de onda de excitação, devido à distribuição não homogênea dos CD, à composição química da superfície e aos defeitos de estado. Além disso, a dependência da posição da banda de emissão na excitação pode ser devida às características do mecanismo de fluorescência [14,21].

#### 4 | CONCLUSÃO

Os resultados referentes ao levantamento bibliográfico de patentes demonstraram que não há materiais patenteados que apresentem características semelhantes ao produto obtido neste trabalho. As caracterizações realizadas apresentaram um material luminescente, que contém uma banda de absorção característica dos *carbon dots*, com propriedades aromáticas por apresentar a vibração de estiramento C=C e que também mantém características de seus precursores apresentando suas respectivas bandas de vibração. O material foi sintetizado de maneira fácil e de baixo custo, apresenta propriedades de um novo material da classe dos *carbon dots*. Devido os estudos realizados

e as comparações com trabalhos na literatura, esse CD concede diversas possibilidades de aplicações em sistemas reais, o que pode gerar novas tecnologias do âmbito estudado.

## REFERÊNCIAS

- [1] XU, X., RAY, R., GU, Y., PLOEHN, H. J., GEARHEART, L., RAKER, K., SCRIVENS, W. A. **Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments.** *Journal of the American Chemical Society*, v. 126, p. 12736–12737, 2004.
- [2] HOLA, K., ZHANG, Y., WANG, Y., GIANNELIS, E. P., ZBORIL, R., ROGACH, A. L. **Carbon dots - Emerging light emitters for bioimaging, cancer therapy and optoelectronics.** *Nano Today*, v. 9, p. 590–603, 2014.
- [3] ZHU, S., ZHANG, J., TANG, S., QIAO, C., WANG, L., WANG, H., LIU, X., LI, B., LI, Y., YU, W., WANG, X., SUN, H., YANG, B. **Surface chemistry routes to modulate the photoluminescence of graphene quantum dots: From fluorescence mechanism to up-conversion bioimaging applications.** *Advanced Functional Materials*, v. 22, p. 4732–4740, 2012.
- [4] ZHU, S., MENG, Q., WANG, L., ZHANG, J., SONG, Y., JIN, H., ZHANG, K., SUN, H., WANG, H., YANG, B. **Highly photoluminescent carbon dots for multicolor patterning, sensors, and bioimaging.** *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 52, p. 3953–3957, 2013.
- [5] EALIAS, A. M., SARAVANAKUMAR, M. P. **A review on the classification, characterisation, synthesis of nanoparticles and their application.** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 263, 2017.
- [6] SHARMA, A., DAS, J. **Small molecules derived carbon dots: Synthesis and applications in sensing, catalysis, imaging, and biomedicine.** *Journal of Nanobiotechnology*, v. 17, p. 1–24, 2019.
- [7] WANG, Y., HU, A. **Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications.** *Journal of Materials Chemistry C*, v. 2, p. 6921–6939, 2014.
- [8] SHEN, L. M., LIU, J. **New development in carbon quantum dots technical applications.** *Talanta*, v. 156–157, p. 245–256, 2016.
- [9] PUMERA, M., SÁNCHEZ, S., ICHINOSE, I., TANG, J. (2007). **Electrochemical nanobiosensors.** *Sensors and Actuators, B: Chemical*, v. 123, p. 1195–1205, 2007.
- [10] LOWINSOHN, D., GAN, P., TSCHULIK, K., FOORD, J. S., COMPTON, R. G. **Nanocarbon Paste Electrodes.** *Electroanalysis*, v. 25, p. 2435–2444, 2013.
- [11] LIU, M. L., CHEN, B. BIN, LI, C. M., HUANG, C. Z. **Carbon dots: Synthesis, formation mechanism, fluorescence origin and sensing applications.** *Green Chemistry*, v. 21, p. 449–471, 2019.
- [12] BAKER, S. N., BAKER, G. A. **Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights.** *Angewandte Chemie - International Edition*, v. 49, p. 6726–6744, 2010.

- [13] ZHU, J., BAI, X., BAI, J., PAN, G., ZHU, Y., ZHAI, Y., SHAO, H., CHEN, X., DONG, B., ZHANG, H., SONG, H. **Emitting color tunable carbon dots by adjusting solvent towards light-emitting devices.** *Nanotechnology*, v. 29, 2018.
- [14] TOMSKAYA, A. E., EGOROVA, M. N., KAPITONOV, A. N., NIKOLAEV, D. V., POPOV, V. I., FEDOROV, A. L., SMAGULOVA, S. A. **Synthesis of Luminescent N-Doped Carbon Dots by Hydrothermal Treatment.** *Physica Status Solidi (B) Basic Research*, v. 255, p. 1–5, 2018.
- [15] JAVED, M., SAQIB, A. N. S., ATA-UR-REHMAN, ALI, B., FAIZAN, M., ANANG, D. A., IQBAL, Z., ABBAS, S. M. **Carbon quantum dots from glucose oxidation as a highly competent anode material for lithium and sodium-ion batteries.** *Electrochimica Acta*, v. 297, p. 250–257, 2019.
- [16] DONG, Y., PANG, H., YANG, H. BIN, GUO, C., SHAO, J., CHI, Y., LI, C. M., YU, T. **Carbon-Based Dots Co-doped with Nitrogen and Sulfur for High Quantum Yield and Excitation-Independent Emission.** *Angewandte Chemie*, v. 125, p. 7954–7958, 2013.
- [17] ZHU, Y., JI, X., PAN, C., SUN, Q., SONG, W., FANG, L., CHEN, Q., BANKS, C. E. **A carbon quantum dot decorated RuO<sub>2</sub> network: Outstanding supercapacitances under ultrafast charge and discharge.** *Energy and Environmental Science*, v. 6, p. 3665–3675, 2013.
- [18] JIAN, X., YANG, H. MIN, LI, J. GANG, ZHANG, E. HUI, CAO, L. LE, LIANG, Z. HAI. **Flexible all-solid-state high-performance supercapacitor based on electrochemically synthesized carbon quantum dots/polypyrrole composite electrode.** *Electrochimica Acta*, v. 228, p. 483–493, 2017.
- [19] ELGRISHI, N., ROUNTREE, K. J., MCCARTHY, B. D., ROUNTREE, E. S., EISENHART, T. T., DEMPSEY, J. L. **A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry.** *Journal of Chemical Education*, v. 95, p. 197–206, 2018.
- [20] FENG, T., ZENG, Q., LU, S., YAN, X., LIU, J., TAO, S., YANG, M., YANG, B. **Color-Tunable Carbon Dots Possessing Solid-State Emission for Full-Color Light-Emitting Diodes Applications.** *ACS Photonics*, v. 5, p. 502–510, 2018.
- [21] ZHU, S., SONG, Y., ZHAO, X., SHAO, J., ZHANG, J., YANG, B. (2015). **The photoluminescence mechanism in carbon dots (graphene quantum dots, carbon nanodots, and polymer dots): current state and future perspective.** *Nano Research*, v. 8, p. 355–381, 2015.
- [22] RECKMEIER, C. J., SCHNEIDER, J., SUSHA, A. S., ROGACH, A. L. (2016). **Luminescent colloidal carbon dots: optical properties and effects of doping** [Invited]. *Optics Express*, v. 24(2), A312, 2016.
- [23] HU, S., TIAN, R., DONG, Y., YANG, J., LIU, J., CHANG, Q. (2013). **Modulation and effects of surface groups on photoluminescence and photocatalytic activity of carbon dots.** *Nanoscale*, v. 5, 11665–11671, 2013.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 130, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142

Água 16, 19, 20, 21, 26, 27, 32, 34, 35, 55, 56, 66, 73, 95, 101, 102, 114, 115, 116, 123, 125, 133, 135, 136, 139, 143, 144, 145, 146, 148, 152, 153, 160, 191, 200

Aminoácidos 184, 185, 187, 188

Análise térmica 126

Aprendizagem 16, 29, 36, 37, 41, 42, 46, 49, 50

Astronomia 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50

### B

Bandas 113, 119, 120, 128, 160, 161, 205

Biocatálise 99, 101

### C

Câncer 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 74, 185, 186

Carbono 67, 82, 112, 113, 114, 118, 119, 140, 162, 203

Células 52, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 67, 73, 74, 76, 94, 103, 106, 133, 185, 186, 191, 192

Celulose 64, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 80, 82, 83, 85, 133, 141

Ciência 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 42, 49, 53, 64, 75, 80, 82, 98, 108, 131, 143, 171, 196

Cobre 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 188

Contexto 13, 23, 28, 89, 90, 131, 134, 157, 158, 159

Corante 131, 136, 137, 138, 139

Cromatografia líquida de alta eficiência 163

### D

Descarte 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 139

Desenvolvimento 3, 9, 12, 14, 16, 17, 28, 31, 41, 42, 43, 48, 52, 53, 58, 59, 60, 64, 65, 70, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 82, 83, 88, 89, 94, 96, 101, 106, 107, 115, 153, 157, 158, 159, 167, 170, 188, 193, 209

Diagnóstico 25, 186, 196, 197, 198

Difração de raios X 127, 128, 160, 164

Difratograma 165, 167

Doenças 4, 31, 52, 56, 60, 88, 89, 100, 157, 184, 185, 188, 193, 197

## **E**

Educação 1, 2, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 16, 23, 28, 39, 43, 46, 47, 49, 50, 64, 96, 209

Educação ambiental 1, 16, 23, 209

Eletroquímicos 114

Espectro de infravermelho 118, 167

Espectroscopia de fluorescência 117

Estabilidade química 113

Estabilidade térmica 67, 157, 159, 164, 167, 190, 191, 193

Estruturas químicas 196

## **F**

Fármacos 52, 54, 55, 56, 58, 60, 66, 71, 74, 75, 77, 160, 164

Fase sólida 144

Fluorescência 114, 117, 120, 196, 199, 202, 206, 207

Fotocatálise heterogênea 131, 134, 136, 138, 139, 209

Fungos 99, 100, 101, 103, 106, 107

## **H**

Hidroxilas 123

Homeostase 184, 185, 186, 188, 193

## **I**

Impacto ambiental 4, 5, 14, 16, 144

Infravermelho com transformada de Fourier 34, 117

Isomorfos 127

## **M**

Medicamentos 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 157, 158, 168

Meio ambiente 3, 10, 13, 15, 17, 19, 22, 24, 26, 27, 131, 134

Metais 100, 106, 107, 134, 188, 193

Metodologia 3, 6, 12, 22, 26, 30, 34, 35, 43, 44, 45, 47, 68, 116, 146, 151, 169, 170, 172, 200, 209

Moagem 123, 124, 125, 126, 127, 128, 132, 133

## **N**

Nanomateriais 52, 53, 54, 55, 59, 60, 112

Nanopartículas 53, 54, 55, 60, 73, 74, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115

Nanotecnologia 52, 53, 59, 60, 149

## **O**

Óxidos metálicos 131, 134, 139, 198

## **P**

Polimórfica 157, 164, 165, 166

Poluentes 66, 107, 134

Poros 55, 76, 139, 143, 144, 145, 153, 155, 188

Potencial zeta 99, 103, 104, 105

Probióticos 88, 89, 90, 94, 98

Proteínas 58, 94, 95, 100, 104, 106, 107, 115, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 193, 194

## **R**

Rejeitos 14, 16

Resíduos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 26, 66, 132, 134, 159, 184, 187, 188, 192, 193, 209

## **S**

Saúde 16, 52, 88, 89, 93, 94, 96, 97, 157, 159, 168, 188, 196

Síntese 34, 38, 66, 82, 99, 100, 101, 103, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 130, 131, 159, 196, 199, 200, 202, 208

Sociedade 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 28, 49, 50

Soluto 145, 152

Solvente 26, 32, 115, 144, 145, 160, 192, 199, 200, 201, 202, 205, 206

Superfície 16, 20, 54, 55, 74, 103, 113, 114, 115, 120, 123, 133, 138, 139, 188

## **T**

Técnicas espectroscópicas 161, 196

Tecnologia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 28, 64, 80, 97, 98, 123, 160

Temperaturas 18, 94, 100, 103, 114, 124, 131, 147, 148, 149, 150, 151

Terapêutica 54, 196, 197, 198

Toxicidade 54, 55, 113, 114, 115, 188

Transições eletrônicas 112

## **Z**

Zinco 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 192, 193, 194

# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 @atenaeditora
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química

- 🌐 [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)

