

Atena  
Editora  
Ano 2021



# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)



# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)

**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  
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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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  
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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Miraniide 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. 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  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia 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  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª 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  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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



## A geração de novos conhecimentos na química 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Eleonora Celli Carioca Arenare

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

G354 A geração de novos conhecimentos na química 2 /  
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta  
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-170-8

DOI 10.22533/at.ed.708212206

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca  
(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

## 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

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)**

Natasha Alves Rocha  
Valdiléia Teixeira Uchôa  
Camila Alves Rocha  
Maria Karina da Silva  
Maciel Lima Barbosa  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Penina Sousa Mourão  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Camila da Silva Ibiapina  
Aline Estefany Brandão Lima  
Marta Silva de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.7082122061**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO**

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva  
Lhaira Souza Barreto  
Mirian Sanae Tokumoto  
Fernando Cotting  
Franco Dani Rico Amado  
Vera Rosa Capelossi

**DOI 10.22533/at.ed.7082122062**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA**

Izabella Fernanda Ferreira Domingues  
Camila Santos Dourado  
Jez Willian Batista Braga  
Ana Cristi Basile Dias

**DOI 10.22533/at.ed.7082122063**

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER**

Syme Regina Souza Queiroz  
José Maria Braga Pinto  
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa  
Nilton Cesar Almeida Queiroz  
Emerson Rodrigues Bastos Junior  
Vera Lúcia Dias da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7082122064**

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
<b>AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO</b>	
Diene de Barros Ferreira	
Felipe Staciaki da Luz	
Gideã Taques Tractz	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Letícia Fernanda Gonçalves Larsson	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Everson do Prado Banczek	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7082122065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
<b>CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM Sr(OH)<sub>2</sub>-SrCO<sub>3</sub>@CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	
Pelry da Silva Costa	
Jussara Morais da Silva	
Itaciara Erliny Maria da Silva Melo	
Carla Verônica Rodarte de Moura	
Edmilson Miranda de Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7082122066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>69</b>
<b>DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY</b>	
Jonatas Schadeck Carvalho	
Sueli Pércio Quináia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7082122067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>81</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA</b>	
Taís Port Hartz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7082122068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>85</b>
<b>DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA</b>	
Francisco Raimundo da Silva	
Weverton Campos Nozela	
Diógenes dos Santos Dias	
Clóvis Augusto Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7082122069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>96</b>
<b>DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA</b>	
Nayra Micaeli dos Santos Sousa	

Patrícia e Silva Alves  
Paulo Sousa Lima Junior  
Joaquim Soares da Costa Junior  
Christian Rilza Silva de Melo  
Nerilson Marques Lima  
Antônia Maria das Graças Lopes Citó  
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.70821220610**

**CAPÍTULO 11..... 104**

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)**

Sandra Kelle Souza Macêdo  
Emanuela Chiara Valença Pereira  
Isabela Araújo e Amariz  
David Fernandes Lima  
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida  
Larissa Araújo Rolim  
Xirley Pereira Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.70821220611**

**CAPÍTULO 12..... 130**

**ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$**

Caio Carvalho dos Santos  
Wesley Renato Viali  
Eloiza da Silva Nunes Viali  
Miguel Jafelicci Júnior  
Rodrigo Fernando Costa Marques

**DOI 10.22533/at.ed.70821220612**

**CAPÍTULO 13..... 142**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA**

Suyanne Teske Pires  
Rodrigo Geremias

**DOI 10.22533/at.ed.70821220613**

**CAPÍTULO 14..... 150**

**FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS**

Renata Paula Herrera Brandelero  
Evandro Martim Brandelero  
Guilherme Landim Santos

**DOI 10.22533/at.ed.70821220614**

**CAPÍTULO 15..... 161**

**FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS**

Mariana de Rezende Bonesio  
Francisco Guilherme Esteves Nogueira  
Daiana Teixeira Mancini  
Teodorico de Castro Ramalho

**DOI 10.22533/at.ed.70821220615**

**CAPÍTULO 16..... 163**

**RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER  $Ag_3PO_4$ /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDS LIGHT**

Luis Fernando Guimarães Noletto  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Marta Silva de Oliveira  
Maria Karina da Silva  
Camila da Silva Ibiapina  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
João Ferreira da Cruz Filho  
Lara Kelly Ribeiro da Silva  
Aline Estefany Brandão Lima  
Maria Joseíta dos Santos Costa  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.70821220616**

**CAPÍTULO 17..... 183**

**LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS**

Edson Ferreira da Silva  
Milena Bandeira de Melo  
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes  
Sonia Salgueiro Machado  
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

**DOI 10.22533/at.ed.70821220617**

**CAPÍTULO 18..... 195**

**NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE**

Caio Carvalho dos Santos  
Wesley Renato Viali  
Eloiza da Silva Nunes Viali  
Miguel Jafelicci Júnior  
Rodrigo Fernando Costa Marques

**DOI 10.22533/at.ed.70821220618**

**CAPÍTULO 19.....207**

**NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ( $\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$ ) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL**

Isabela Marcondelli Iani  
Rafael Aparecido Ciola Amoresi  
Alexandre Zirpoli Simões  
Glenda Biasotto  
Maria Aparecida Zaghete  
Elson Longo  
Leinig Antonio Perazolli

**DOI 10.22533/at.ed.70821220619**

**CAPÍTULO 20.....220**

**PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF  $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$  METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION**

Aline Geice Silva de Oliveira  
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos  
Peter George Weidler  
Wander Luiz Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.70821220620**

**CAPÍTULO 21.....231**

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA**

Lais Angelice de Camargo  
Monica Cristina Ferro Martins  
José Manoel Marconcini  
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**DOI 10.22533/at.ed.70821220621**

**CAPÍTULO 22.....237**

**PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA**

João Otávio Donizette Malafatti  
Thamara Machado de Oliveira Ruellas  
Letícia Ferreira Lacerda Schildt  
Marcelo Ávila Domingues  
Bruna Santostaso Marinho  
Mariana Rodrigues Meirelles  
Elaine Cristina Paris

**DOI 10.22533/at.ed.70821220622**

**CAPÍTULO 23.....250**

**QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRÁFICAS**

Anna Maria Deobald  
Maísa Silveira  
Aline Machado Zancanaro

**DOI 10.22533/at.ed.70821220623**



**CAPÍTULO 24.....263**

**REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO**

Carlos Taryk Bessa da Silva  
Juliana Moreira Barreto  
Paula Marcelly Alves Machado  
Elizabeth Roditi Lachter

**DOI 10.22533/at.ed.70821220624**

**CAPÍTULO 25.....274**

**SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2**

Micael Davi Lima de Oliveira  
Kelson Mota Teixeira de Oliveira  
Jonathas Nunes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.70821220625**

**CAPÍTULO 26.....296**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO**

Thais Castro Silva  
Alessandra Stevanato  
Adriana Pereira Duarte  
Cláudio Rodrigo Nogueira  
Janksyn Bertozzi  
Valéria da Silva Cavania  
Cristiana da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.70821220626**

**CAPÍTULO 27.....309**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de  $Fe_3O_4/SiO_2$  E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO**

Vanessa Cezar Ribas  
Jacqueline Arguello da Silva  
Thágor Moreira Klein  
Larissa Leffa Fernandes  
Vladimir Lavayen

**DOI 10.22533/at.ed.70821220627**

**CAPÍTULO 28.....320**

**TUNGSTATO DE MAGNÉSIO ( $MgWO_4$ ): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE**

Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Francisco Henrique Pereira Lopes  
Marta Silva de Oliveira  
Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Maria Karina da Silva  
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos  
Maria Joséfa dos Santos Costa  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Yáscara Lopes de Oliveira  
Laécio Santos Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.70821220628**

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>334</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>335</b>

# CAPÍTULO 18

## NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE

Data de aceite: 01/06/2021

(UNESP), Araraquara –SP, Brasil.  
ORCID 0000-0003-0195-3885

### Caio Carvalho dos Santos

Laboratório de Materiais Magnéticos e Coloides, Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) Araraquara –SP, Brasil.  
ORCID 0000-0002-2948-1480

### Wesley Renato Viali

Instituto Federal de Educação Goiano  
Ciência e tecnologia  
ORCID 0000-0001-5128-3280

### Eloiza da Silva Nunes Viali

Instituto Federal de Educação Goiano  
Ciência e tecnologia  
ORCID 0000-0001-7959-5972

### Miguel Jafelicci Júnior

Laboratório de Materiais Magnéticos e Coloides, Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) Araraquara –SP, Brasil.  
ORCID 0000-0003-2574-9926

### Rodrigo Fernando Costa Marques

Laboratório de Materiais Magnéticos e Coloides, Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Araraquara –SP, Brasil.  
Centro de Monitoramento e Pesquisa da Qualidade de Combustíveis, Biocombustíveis, Petróleo e Derivados, CEMPEQC, Instituto de Química Universidade Estadual de São Paulo

**RESUMO:** Os avanços recentes nas áreas de ciências e de nanotecnologia tem possibilitado um salto em diversos setores industriais impulsionando, a busca por novos materiais com propriedades físicas e químicas eficientes, para suprir os novos desafios. Nos setores industriais e tecnológicos esses avanços têm permitido a compactação e integração de sistemas, buscando o aumento de desempenho e miniaturização dos mesmos. O desenvolvimento de sistemas e dispositivos menores integrados e mais eficientes em contrapartida acaba gerando altos fluxos de calor em pequenas áreas, que impactam de maneira negativa na performance e tempo de vida dos dispositivos. Um grande desafio nesses setores é promover maneiras eficientes de refrigeração de dispositivos miniaturizados. A alternativa viável tem sido a busca por modos de aumentar a condutividade térmica ( $k$ ) de sistemas trocadores de calor, através do emprego de nanofluidos. A dispersão coloidal formada em um nanofluido tem mostrado ser capaz de promover um grande aumento na capacidade de refrigeração dos sistemas trocadores de calor. Um grande desafio relacionado ao uso de nanofluidos se dá em relação a estabilidade coloidal destes sistemas que necessitam permanecer estáveis por longos períodos em condições drásticas de variação de temperatura. Para isso deve-se impedir as tendências naturais de aglomeração e agregação dos nanomateriais dispersos no coloide. Neste trabalho serão abordados os

resultados referentes a produção de nanofluidos aquosos a base de nanopartículas de sulfeto de cobre. Os nanofluidos relatados apresentam uma maior condutividade térmica comparado com o fluido base, além de sua baixa toxicidade quando comparado a fluidos orgânicos. Aqui relatamos a obtenção de dois nanofluidos com diferentes agentes de superfície que permitiram a obtenção de nanofluidos com excelente condutividade térmica, além disso um dos revestimentos (ácido tioglicólico) permitiu a obtenção de um nanofluido com alta estabilidade química e coloidal na qual o nanofluido apresentou estabilidade por mais de 900 dias.

**PALAVRAS - CHAVE:** Nanofluidos, condutividade térmica, Fluidos complexos e sulfeto de cobre.

## COPPER SULFIDE NANOFLUIDS

**ABSTRACT:** Recent advances in science and nanotechnology have enabled a leap in several industrial sectors, boosting the search for new materials with efficient physical and chemical properties to meet the new challenges. In the industrial and technological sectors, these advances have allowed the compaction and integration of systems to increase their performance and miniaturization. The development of smaller integrated and more efficient systems and devices, on the other hand, ends up generating high heat flows in small areas, which negatively impacts the performance and lifetime of the devices. A significant challenge in these sectors is to promote efficient ways of cooling miniaturized devices. The viable alternative has been the search for ways to increase the thermal conductivity ( $k$ ) of heat exchanger systems through nanofluids. The colloidal dispersion formed in a nanofluid has been shown to be able to promote a significant increase in the cooling capacity of the heat exchanger systems. A significant challenge related to nanofluids' use is related to these systems' colloidal stability, which needs to remain stable for long periods under extreme temperature variation conditions. For this, natural tendencies of agglomeration and aggregation of nanomaterials dispersed in the colloid must be prevented. In this work, the results regarding the production of aqueous nanofluids based on copper sulfide nanoparticles will be discussed. The reported nanofluids have a higher thermal conductivity compared to the base fluid, in addition to their low toxicity when compared to organic fluids. Here we report obtaining two nanofluids with different surface agents that allowed the obtaining of nanofluids with excellent thermal conductivity. One of the coatings (thioglycolic acid) allowed the obtaining of a nanofluid with high chemical and colloidal stability in which the nanofluid showed stability for more than 900 days.

**KEYWORDS:** Nanofluids, thermal conductivity, complex fluids and copper sulfide.

## INTRODUÇÃO

Os avanços nos setores industriais combinados com a tendência atual de miniaturização de dispositivos e sistemas têm sido limitados pela crescente demanda por sistemas de refrigeração eficientes (ABBAS et al., 2020; AZMI et al., 2017; MAHMUD et al., 2018). O uso de fluidos refrigerantes, nesse contexto, se destaca por proporcionar uma maior troca de calor do que o método tradicional de resfriamento por convecção forçada de

ar (BHATTAD; SARKAR; GHOSH, 2018; SARBU; SEBARCHIEVICI, 2013). No entanto, do ponto de vista comercial, o uso de fluidos refrigerantes atualmente está restrito aos fluidos clássicos, o que limita a eficiência da troca de calor devido à baixa condutividade térmica desses fluidos (ASADI et al., 2019; BHATTAD; SARKAR; GHOSH, 2018; KASAEIAN et al., 2018; NAIR; TAILOR; PAREKH, 2016)(AWAIS et al., 2021; SHARAF; TAYLOR; ABU-NADA, 2020).

Já no começo da década de 90, há quase 30 anos atrás questões relacionadas a obtenção de fluidos refrigerantes mais eficientes levou em 1993 o pesquisador Choi a introduzir uma nova classe de materiais com propriedades térmicas aprimoradas para superar a limitação dos fluidos clássicos, e ele nomeou esta nova classe de nanofluidos (NF) (KONG; SUN; BAO, 2017). Esta nova classe de materiais compósitos foi definida por dispersões coloidais estáveis de nanomateriais com um tamanho médio de inferior a 100 nm em fluidos refrigerantes tradicionais (DAS et al., 2007; DAS; CHOI, 2009; GHADIMI; SAIDUR; METSELAAR, 2011). A Figura 1 apresenta os NF a base de sulfeto de cobre sintetizados nesse trabalho com seus respectivos revestimentos de ácido tioglicólico (TGA) e ácido mercaptopropiônico (MPA) responsáveis por melhorar a estabilidade coloidal dos nanomateriais no meio aquoso.

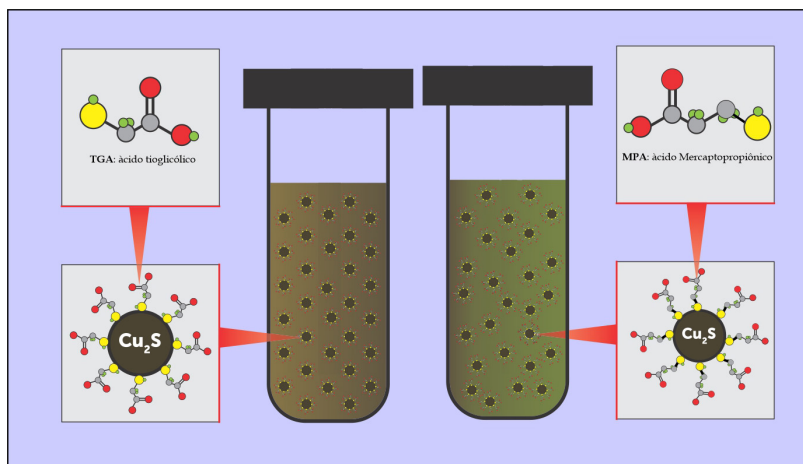


Figura 1. Fluidos de sulfeto de cobre revestidos com ácido tioglicólico (TGA) e ácido mercaptopropiônico (MPA).

Esses compósitos apresentam alta eficiência térmica e propriedades de troca de calor superiores aos fluidos tradicionais e, por isso, são promissores para a resolução do limite de refrigeração atual, que é permitir a troca de calor em altas temperaturas e em pequenas áreas.

Os principais tipos de nanofluidos estudados na literatura são materiais metálicos,

como ouro(BEICKER et al., 2018; LI et al., 2019; NEOGY; NATH; RAYCHAUDHURI, 2017), prata(FRAGELLI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019; OZSOY; CORUMLU, 2018), cobre(HEYHAT; IRANNEZHAD, 2018; TRINH et al., 2016; ZHANG et al., 2019), materiais não metálicos, como titânia(DAS et al., 2018; LOGESH et al., 2018), alumina(KIRUBA et al., 2018) e óxido de cobre(KARAMI et al., 2016), entre outros(SANTOS et al., 2020a); derivados de carbono, como nanotubos de carbono(SOLEIMANI et al., 2018) e grafeno(CHEN et al., 2019), materiais cerâmicos e, recentemente, sulfetos metálicos(FANG; ZHANG; ZHOU, 2018; SANTOS et al., 2017, 2020b). Além disso, diferentes fluidos têm sido estudados na literatura, sendo os fluidos mais comuns a água, o etilenoglicol e vários tipos de óleos, contudo a comparação das propriedades dos nanofluidos causadas apenas pela variação do tipo de fluido escolhido, não são de fácil interpretação devido à complexidade do sistemas.

Nanopartículas de sulfeto de cobre(I) ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) apresentam baixa toxicidade, capacidades fotovoltaicas e pequena dureza, permitindo sua aplicação em diferentes áreas como biomédica, eletrônica, células solares e tribologia.

Além disso o método one-pot, escolhido para obtenção desses nanomateriais, para a síntese de sulfeto de cobre(I) é uma abordagem eficiente e ecologicamente correta, pois promove a funcionalização das NP durante a síntese, levando a materiais estáveis em meio aquoso, que permite seu uso como NF para aplicações em trocadores de calor.

Esta pesquisa se concentra na síntese em um único recipiente de NF aquosos à base de sulfeto de cobre(I). Os NF foram obtidos pelo método de redução química em meio orgânico seguido de dispersão em meio aquoso para atingir as propriedades desejadas do NF preparado. Este método forneceu sulfureto de cobre(I) de forma eficiente com alto rendimento e propriedades físicas adequadas, sem a necessidade de outras etapas para modificar a superfície para garantir sua dispersibilidade em água.

Neste estudo os NF obtidos apresentaram alto ganho em condutividade térmica, em baixa fração volumétrica, O NF revestido com ácido tioglicólico apresenta ainda alta estabilidade coloidal em função dos ciclos de aquecimento e resfriamento e acima de 900 dias no estado estacionário diferentemente do revestido com ácido mercaptopropiônico.

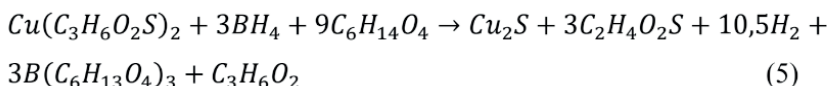
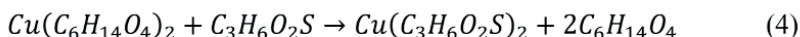
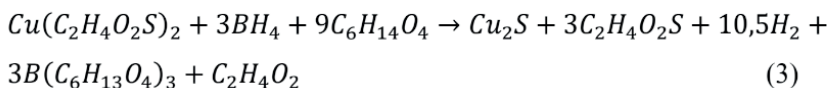
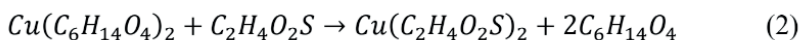
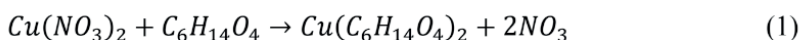
## MATERIAIS E MÉTODOS

Os solventes e reagentes químicos utilizados neste trabalho apresentaram grau analítico e foram utilizados sem qualquer purificação. Para as sínteses, argônio (Ar) foi usado como gás de purga.

A síntese de nanopartículas de sulfeto de cobre revestidas por ácido tioglicólico (TGA) ou ácido mercaptopropiônico (MPA) foram realizadas pelo método de redução química em emu ma única etapa como o reportado em trabalhos anteriores (SANTOS et al., 2017, 2020b).

Brevemente os nanomateriais foram sintetizados por um método de redução química usando borohidreto de sódio (NaBH<sub>4</sub> 96% Fluka) como agente redutor (0,0066 mol), conforme descrito no Esquema 1. O precursor de cobre Nitrato de cobre (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 98% Sigma Aldrich, 0,002 mol) foi solubilizado em um solvente trietilenoglicol (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub> 99% Sigma Aldrich, 20,00mL) usando purga de gás argônio comercial, e depois disso o agente de superfície ácido tioglicólico (HSCH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>H 98% Sigma Aldrich, 0,002 mol) ou o ácido mercaptopropiônico (HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>H 99% Sigma Aldrich, 0,002 mol) foi adicionado. O redutor foi injetado no meio reacional e a mistura foi aquecida a 140 ° C por 120 minutos com agitação magnética. As nanopartículas foram centrifugadas a 8.000 rpm e lavadas com etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O 99,5% Synth) e acetona (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O 99,5% Synth).

Conforme as seguintes reações químicas,



sendo as equações de (1) a (3) representam a obtenção das nanopartículas de sulfeto de cobre(I) revestidas com TGA e as equações (1), (4) e (5) para as nanopartículas revestidas com MPA. O esquema experimental é apresentado na Figura 2.

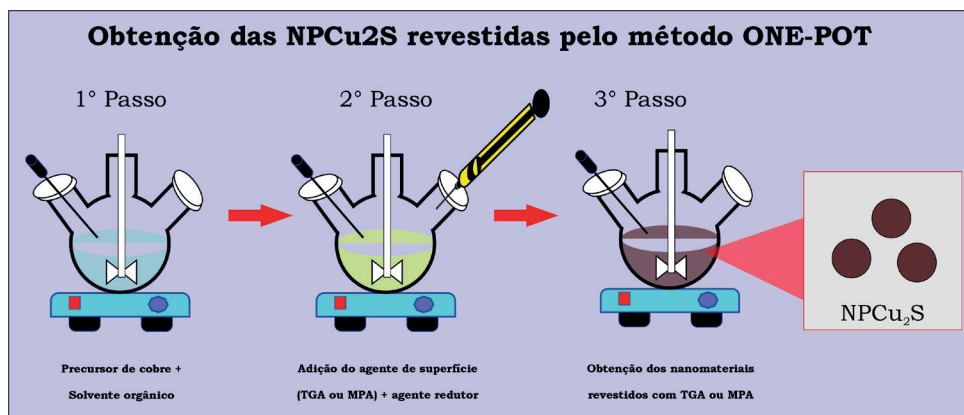


Figura 2. Representação das etapas experimentais para a obtenção das nanopartículas de Cu<sub>2</sub>S revestidas com TGA ou MPA pelo método de one-pot. (Adaptado de (SANTOS et al., 2020b))

### Obtenção dos NF

Os NF foram preparados pelo método de duas etapas. Na qual após a obtenção dos nanomateriais estes foram purificados para serem dispersos no fluido base escolhido (água). Essa metodologia permite a produção em larga escala de nanofluidos com menores custos. As NPCu<sub>(2-x)</sub>S previamente sintetizados foram dispersos em água deionizada até a fração volumétrica desejada usando agitação mecânica com baixas rotações por minuto. Após a dispersão dos nanomateriais o pH de todas as amostras foi ajustado para pH 10.

### Caracterização de NPCu<sub>(2-x)</sub>S

As amostras foram dispersas em isopropanol e suspensas em banho de ultrassom. Duas gotas foram adicionadas sobre o substrato de silício. A morfologia das amostras foi determinada através de um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM 7500F, localizado no Instituto de Química de Araraquara.

### Caracterização de NF

A fração volumétrica dos NF produzidos foram quantificadas por absorção atômica de chama, foi realizada através da análise quantitativa de cobre presente nos NF utilizando um espectrômetro de chamas modelo ContrAA 300 Analytic Jena utilizando como comburente acetileno. Para calibração foi realizado uma curva de calibração utilizando reagente padrão de cloreto de cobre.

A condutividade térmica dos NF produzidos foi caracterizada pelo método do fio quente (LI et al., 2006; SANTOS et al., 2017) com uma sonda Hukseflux modelo TP-08 calibrada com glicerina em todas as temperaturas analisadas. Seguindo o protocolo descrito (SANTOS et al., 2017) anteriormente, no qual foi relatado o método e a incerteza associada à medição, resumidamente, um banho de resfriamento foi utilizado para o equilíbrio da temperatura. As medidas foram feitas em triplicata para cada temperatura na faixa de 283 a 333 K.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Entre os NF que foram obtidos, alguns mostraram baixa estabilidade coloidal após a dispersão em água deionizada e por isso os materiais foram descartados. A Figura 3 apresenta exemplo de dois nanofluidos sintetizados com revestimento de TGA com estabilidade coloidal apreciável e sem estabilidade coloidal.





Figura 3. Fotografia de nanofluidos aquosos de  $\text{Cu}_{(2-x)}\text{S}$  revestidos com TGA que apresentaram estabilidade coloidal (superior a 24 horas) a esquerda e baixa estabilidade coloidal (inferior a 1 hora) a direita.

A Figura 4 mostra as fotomicrografias de SEM dos nanomateriais sintetizados em diferentes solventes para entender a influência destes na morfologia dos nanomateriais obtidos.

A mudança do solvente acarretou na mudança da morfologia dos nanomateriais, foram observados aglomerados, constituídos por partículas menores, a heterogeneidade de dos agregados pode ser atribuída à alta energia de agregação superficial das nanopartículas (ZHANG et al., 2009), com base nas micrografias da amostra e na estabilidade inicial dos fluidos e se estabeleceu como melhor solvente para síntese o Trietilenoglicol devido à formação de fluidos mais estáveis e que a fração ideal de agente de superfície e cobre é de 1:1 em mol.

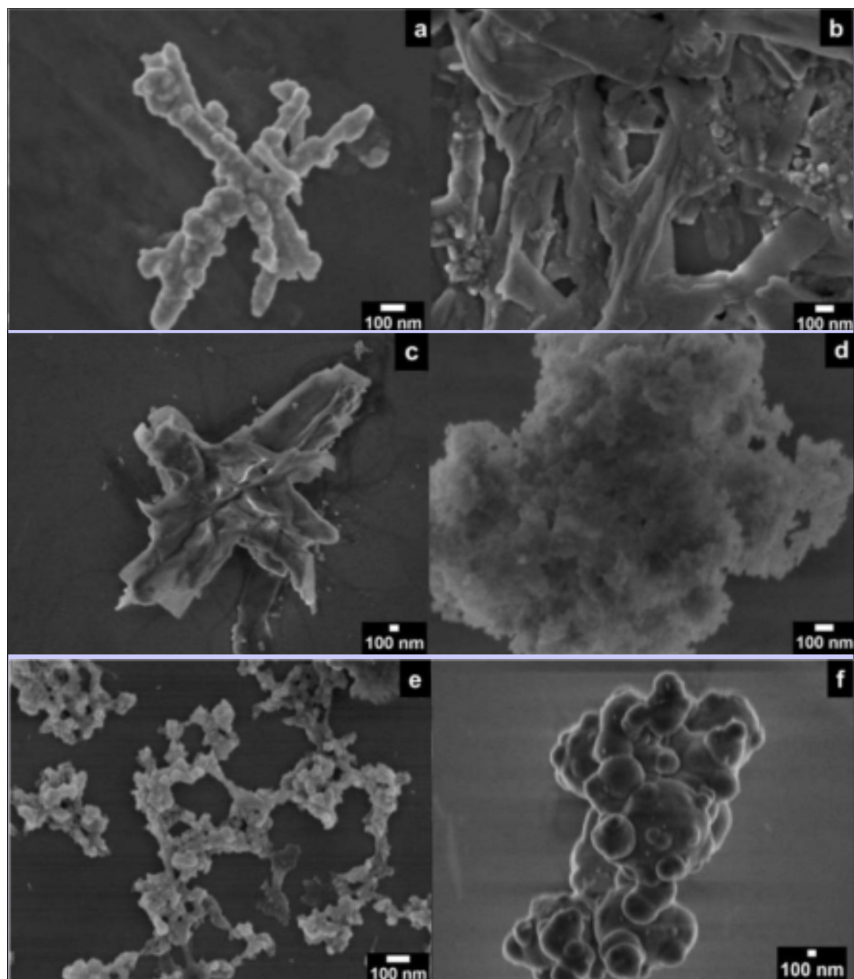


Figura 3. Micrografias (SEM) das amostras; a) Etilenoglicol (EG) b) Dietilenoglicol (DEG) c) Tetraetilenoglicol (TTEG) d) Trietilenoglicol (TEG) e) TEG com menor quantidade de TGA (1:1) f) Água.

Observou-se que em água as nanopartículas formaram grandes aglomerados constituídos de esferas menores, contudo a estabilidade do nanofluido sintetizado em água foi a pior e por esse motivo não foi mais realizadas sínteses no solvente aquoso, já as nanopartículas sintetizadas nos solventes glicólicos se mostram mais estáveis, quanto a morfologia destas observa-se que o solvente de menor massa molar (EG) levou a formação de aglomerados de esferas e placas, com o aumento da massa molar (DEG e TTEG) o mecanismo da reação leva a formação de nanoplacas e nanoagulhas. O TEG levou a formação de aglomerados que lembram as “nanoflores” quando sintetizado com excesso de TGA e aglomerados esféricos quando na fração molar ideal (1:1) (LI; LIU; LIU, 2011).

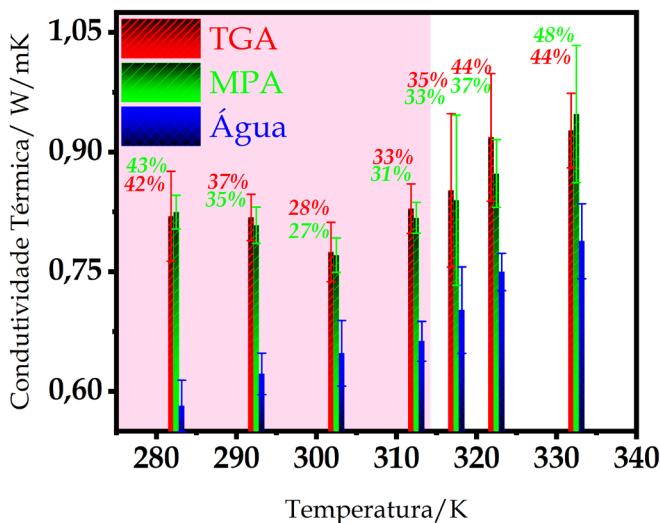


Figura 4. Histogramas da condutividade térmica em função da temperatura para os nanofluidos TGA ( $\phi = 0,06\%$ ) e MPA ( $\phi = 0,05\%$ ), e a água usada como fluido base, as porcentagens indicam os ganhos aumentos médios em relação ao observado para a água, destaque para a região rosa (283 e 313 K) na qual os valores de desvio padrão das amostras são menores o que pode indicar uma menor contribuição de influências de convecção térmica durante as medidas. (Adaptado de SANTOS et al., 2020a e SANTOS et al., 2020b)

Os histogramas mostram que a adição das nanopartículas ao fluido base gera um grande aumento da condutividade térmica, o que possibilita o nanofluido formado um alto desempenho na troca de calor (ABBAS et al., 2020)(FRAGELLI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019). Com o aumento da temperatura as medidas começam a sofrer flutuações possivelmente devido a outras trocas térmicas tais como convecção térmica, acima de 313 K, contudo observa-se que para todas as amostras em toda a faixa de temperatura analisado o ganho térmico foi superior a 25% o que demonstra o grande potencial do uso desses compósitos como trocadores de calor.

Por fim cabe destacar que embora a grande semelhança entre os NF obtidos funcionalizados com TGA e MPA, foi observado que apenas os fluidos funcionalizados com TGA apresentaram estabilidade coloidal apreciável (900 dias em estado estacionário), enquanto que os NF obtidos com MPA desestabilizavam alguns dias após o prepare.

## CONCLUSÕES

Nesse estudo foram propostos dois novos NF aquosos sintetizados pelo método de dois passos utilizando nanopartículas de sulfeto de cobre ( $\text{Cu}_{(2-x)}\text{S}$ ) revestidos com moléculas de TGA ou MPA previamente obtidas pelo método de redução química one-pot. Os dois NF apresentaram ganhos semelhantes na condutividade térmica, contudo apenas

o NF revestido com TGA apresentou estabilidade coloidal apreciável em função do tempo. O NF revestido com TGA mostrou-se promissor para uso comercial, visto que apresentou um aumento médio de 38% na condutividade térmica em uma fração volumétrica baixa ( $\phi = 0,06\%$ ). Além disso este NF apresenta excelente estabilidade coloidal em função do tempo, mesmo após 900 dias.

## RECONHECIMENTO

Gostaríamos de agradecer a todas as agências de fomento que possibilitaram o desenvolvimento do presente trabalho Capes, CNPq, Finep e Fapesp.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, F. et al. Nanofluid: Potential evaluation in automotive radiator. **Journal of Molecular Liquids**, v. 297, p. 112014, 2020.

ASADI, A. et al. Recent advances in preparation methods and thermophysical properties of oil-based nanofluids A state-of-the-art review. **Powder Technology**, v. 352, p. 209–226, 2019.

AWAIS, M. et al. Heat transfer and pressure drop performance of Nanofluid: A state-of- the-art review. **International Journal of Thermofluids**, v. 9, p. 100065, 2021.

AZMI, W. H. et al. Potential of nanorefrigerant and nanolubricant on energy saving in refrigeration system – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, n. December 2015, p. 415–428, 2017.

BEICKER, C. L. L. et al. Solar Energy Materials and Solar Cells Experimental study of photothermal conversion using gold / water and MWCNT / water nano fl uids. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 188, n. May, p. 51–65, 2018.

BHATTAD, A.; SARKAR, J.; GHOSH, P. Improving the performance of refrigeration systems by using nanofluids: A comprehensive review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. July, p. 3656–3669, 2018.

CHEN, P. et al. International Journal of Thermal Sciences Evaporation behavior of PEGylated graphene oxide nano fl uid droplets on heated substrate. **International Journal of Thermal Sciences**, v. 135, n. May 2018, p. 445–458, 2019.

DAS, P. K. et al. Stability and thermophysical measurements of TiO<sub>2</sub> (anatase) nanofluids with different surfactants. **Journal of Molecular Liquids**, v. 254, p. 98–107, 2018.

DAS, S. K. et al. **NANOFLUIDS Science**. [s.l.] Wiley 2007, 2007.

DAS, S. K.; CHOI, S. U. S. A Review of Heat Transfer in Nanofluids SARIT. **ADVANCES IN HEAT TRANSFER VOL. 41**, v. 41, 2009.

FANG, J.; ZHANG, P.; ZHOU, G. Hydrothermal synthesis of highly stable copper sulfide nanorods for efficient photo-thermal conversion. **Materials Letters**, v. 217, p. 71–74, 2018.

FRAGELLI, R. L. et al. Refrigeration capacity of silver nanofluids under electrohydrodynamic effect oriented to heat removal in machining process. **Experimental Thermal and Fluid Science**, v. 96, p. 11–19, 2018.

GHADIMI, A.; SAIDUR, R.; METSELAAR, H. S. C. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 54, n. 17–18, p. 4051–4068, ago. 2011.

HEYHAT, M. M.; IRANNEZHAD, A. Experimental investigation on the competition between enhancement of electrical and thermal conductivities in water-based nanofluids. **Journal of Molecular Liquids**, v. 268, p. 169–175, 2018.

KARAMI, M. et al. Thermo-optical properties of copper oxide nanofluids for direct absorption of solar radiation. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 144, p. 136–142, 2016.

KASAEIAN, A. et al. Applications of eco-friendly refrigerants and nanorefrigerants : A review. v. 96, n. December 2016, p. 91–99, 2018.

KIRUBA, R. et al. Stability and rheological properties of hybrid  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluids with cationic polyelectrolyte additives. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 555, p. 63–71, 2018.

KONG, L.; SUN, J.; BAO, Y. Preparation, characterization and tribological mechanism of nanofluid. **RSC Advances Open**, v. 7, p. 12599–12609, 2017.

LI, D. et al. Stability properties of water-based gold and silver nanofluids stabilized by cationic gemini surfactants. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 97, p. 458–465, 2019.

LI, G.; LIU, M.; LIU, H. Controlled synthesis of porous flowerlike Cu<sub>2</sub>S microspheres with nanosheet-assembly. **CrystEngComm**, v. 13, n. 17, p. 5337–5341, 2011.

LI, M. et al. Elastin Blends for Tissue Engineering Scaffolds. **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, v. 79, n. 4, p. 963–73, 2006.

LOGESH, K. et al. Impact of water-based TiO<sub>2</sub> nanofluid on heat transfer under transition flow. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 9, p. 20544–20548, 2018.

MAHMUD, K. et al. Computational tools for design , analysis , and management of residential energy systems. **Applied Energy**, v. 221, n. February, p. 535–556, 2018.

NAIR, V.; TAILOR, P. R.; PAREKH, A. D. Nanorefrigerants : - A comprehensive review on its past , present and future . **International Journal of Refrigeration**, 2016.

NEOGY, R. K.; NATH, R.; RAYCHAUDHURI, A. K. Thermal transport enhancement in gold nanofluid containing network like structure. **Materials Chemistry and Physics**, v. 186, p. 478–483, 2017.

- OLIVEIRA, L. R. DE et al. Experimental study on the thermal conductivity and viscosity of ethylene glycol-based nanofluid containing diamond-silver hybrid material. **Diamond & Related Materials**, v. 96, p. 216–230, 2019.
- OZSOY, A.; CORUMLU, V. Thermal performance of a thermosyphon heat pipe evacuated tube solar collector using silver-water nanofluid for commercial applications. **Renewable Energy**, v. 122, p. 26–34, 2018.
- SANTOS, C. C. DOS et al. Aqueous Nanofluids Based on Copper MPA : Synthesis and Characterization. **Materials Research**, v. 20, p. 104–110, 2017.
- SANTOS, C. C. DOS et al. Colloidal stability study of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - based nanofluids in water and ethylene glycol. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, n. 0123456789, 2020a.
- SANTOS, C. C. DOS et al. Aqueous Nanofluids based on Thioglycolic acid-coated copper sulfide nanoparticles for heat-exchange applications. **Journal of Molecular Liquids**, v. 313, p. 113391, 2020b.
- SARBU, I.; SEBARCHIEVICI, C. Review of solar refrigeration and cooling systems. **Energy & Buildings**, v. 67, p. 286–297, 2013.
- SHARAF, O. Z.; TAYLOR, R. A.; ABU-NADA, E. On the colloidal and chemical stability of solar nanofluids: From nanoscale interactions to recent advances. **Physics Reports**, v. 867, p. 1–84, 2020.
- SOLEIMANI, H. et al. Impact of carbon nanotubes based nanofluid on oil recovery efficiency using core flooding. **Results in Physics**, v. 9, p. 39–48, 2018.
- TRINH, P. VAN et al. Enhanced thermal conductivity of nano fluid-based ethylene glycol containing Cu nanoparticles decorated on a Gr – MWCNT hybrid material †. **RSC Advances**, v. 7, p. 318–326, 2016.
- ZHANG, H. X. et al. Facile fabrication of ultrafine copper nanoparticles in organic solvent. **Nanoscale Research Letters**, v. 4, n. 7, p. 705–708, 2009.
- ZHANG, L. et al. Thermal enhancement and shape stabilization of a phase-change energy-storage material via copper nanowire aerogel. 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

### B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

### C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

### D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

### E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

### F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

## **I**

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

## **L**

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

## **M**

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

## **N**

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

## **P**

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

## **Q**

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

## **R**

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

## **S**

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329

## **T**

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

## **V**

Voltametria 69, 309



 [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)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)

 [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)

# A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare  
(Organizadora)