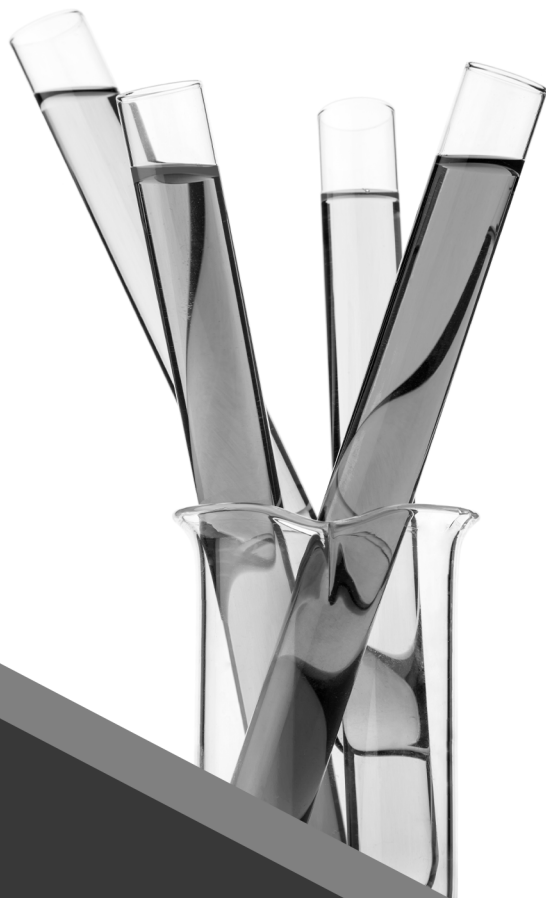




# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

  
Ano 2020



# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

Atena  
Editora  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

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

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

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

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

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

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

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

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

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

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

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

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## O conhecimento científico na química 2

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

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-563-1

DOI 10.22533/at.ed.631202011

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

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

### Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

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

Jorge Hamilton Sena Dias

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

### **CAPÍTULO 2..... 9**

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

Priscila Ketlen Negreiros Sousa

Dorian Lesca de Oliveira

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

### **CAPÍTULO 3..... 17**

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

Maiara dos S. Faria

Glaucio Testa

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

### **CAPÍTULO 4..... 35**

O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Olívia Maria Bastos Costa

Gislene Santos Silva

Marcelo Alves Lima Júnior

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

### **CAPÍTULO 5..... 49**

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

Ana Deuza da Silva Soares

Cliciane Magalhaes da Silva

Jamilla de Nazaré de Oliveira Almeida

Daniela Duarte de Sousa

Raimme Paola do Nascimento Pinto

Carlos Arthur Araújo Assunção

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

### **CAPÍTULO 6..... 60**

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

Herbert Gonzaga Sousa

Patrícia e Silva Alves

Aline Aparecida Carvalho França

Maciel Lima Barbosa

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

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

**CAPÍTULO 7..... 72**

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

Alcione de Nazaré Dias Silva  
Débora da Cruz Arruda

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

**CAPÍTULO 8..... 80**

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

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

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

**CAPÍTULO 9..... 94**

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

Francisco das Chagas Marques da Silva  
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

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

**CAPÍTULO 10..... 105**

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

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

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

**CAPÍTULO 11..... 126**

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

Lucas Fernandes Domingues

Greice Queli Nardes Cruz

Idel Perpetua de Castro

Isadora Aparecida Archioli

Lorena Cristina Lopes

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

**CAPÍTULO 12..... 135**

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

Michelle Budke Costa

Giselle Back

Melissa Budke Rodrigues

Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

Fernando Reinoldo Scremin

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

**CAPÍTULO 13..... 146**

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

Renata Nascimento Caetano

Felipe Staciaki da Luz

Adrielle Ferreira Bueno

Cinthy Beatriz Fürstenberger

Everson do Prado Banczek

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

**CAPÍTULO 14..... 158**

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

Isabela Cristina Damasceno

Marcela Guariento Vasconcelos

Lívia Piccolo Ramos Rossi

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

**CAPÍTULO 15..... 172**

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

Daiane Einhardt Blank

Gabriela Hörnke Alves

Rogério Antonio Freitag

Silvia de Oliveira Hübner

Marlete Brum Cleff

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

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

Kênia da Silva Freitas

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

**CAPÍTULO 22.....242**

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

Charline Soares dos Santos Rolim

Leonardo do Nascimento Rolim

Régis Tribuzy de Oliveira

Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

Maria das Graças Gomes Saraiva

Roseane Pinto Martins de Oliveira

Cláudia Cândida Silva

Carlos Victor Lamarão

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

**CAPÍTULO 23.....253**

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

Júnior Olair Chagas

Gilmare Antônia da Silva

Fabiana Aparecida Lobo

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

**CAPÍTULO 24.....265**

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

Eduardo Dias Albino

Bruno Ribeiro Santos

Alessandra Stevanato

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

**CAPÍTULO 25.....282**

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

Mayara Costa dos Santos

Ívero Pita de Sá

Marina Santos de Jesus

Julia Carneiro Romero

Fábio Alan Carqueija Amorim

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

**CAPÍTULO 26.....292**

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

Josielle Vieira Fontes

Liliane Nogueira Silva

José Augusto Martins Corrêa



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

**CAPÍTULO 27.....301**

**LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE ESFRIAMENTO DA GLICERINA**

Vinicius Canal de Carvalho

Roberto Vargas de Oliveira

Abiney Lemos Cardoso

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

**CAPÍTULO 28.....306**

**O PLASMA E SUAS CARACTERÍSTICAS**

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

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

**CAPÍTULO 29.....319**

**NANOTUBOS DE CARBONO – UMA VISÃO GERAL**

Leila Cottet

Luís Otávio de Brito Benetoli

Nito Angelo Debacher

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

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

**ÍNDICE REMISSIVO.....334**

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 16/10/2020

### Leila Cottet

Universidade Federal de Santa Catarina –  
UFSC - Departamento de Química.  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/7434501249236233>

### Luís Otávio de Brito Benetoli

Universidade Federal de Santa Catarina –  
UFSC - Departamento de Química.  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/0122388956231008>

### Nito Angelo Debacher

Universidade Federal de Santa Catarina –  
UFSC - Departamento de Química.  
Florianópolis – Santa Catarina  
<http://lattes.cnpq.br/6587836674089838>

**RESUMO:** Este capítulo apresenta uma breve descrição do plasma, o quarto estado da matéria e suas principais características físico-químicas. Classificamos o plasma com base na sua origem e nas principais reações de ionização envolvidas em sua formação e nas diferentes possibilidades de aplicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Plasma, plasma frio, plasma termico, química do plasma.

### PLASMA AND ITS CHARACTERISTICS

**ABSTRACT:** This chapter presents a brief description of the plasma, the fourth state of matter and its main physical and chemical characteristics. We classify plasma based on its origin and the main ionization reactions involved in its formation and the different application possibilities.

**KEYWORDS:** Plasma, non-thermal plasma, thermal plasma, plasma chemistry.

## 1 | INTRODUÇÃO

Técnicas químicas que utilizam plasma são excelentes ferramentas para a aceleração de processos químicos, apresentam sistemas compactos, podem produzir em larga escala e favorecem a redução do consumo energético, além de visarem um desenvolvimento sustentável e ambiental, considerando o conceito de química verde.

Sistemas de plasma térmico são amplamente utilizados na indústria metalúrgica em solda e corte, e mais recentemente no tratamento de resíduos domésticos, degradação de poluentes e produção de nanoestruturas. Um exemplo é a degradação de gases de efeito estufa, como o metano com alta eficiência e representa um ganho ambiental que compensa o custo energético do sistema. A degradação de metano também fornece produtos com alto valor agregado como o negro de carbono e o gás hidrogênio favorecendo sua aplicação industrial.

Os sistemas de plasma frio têm um custo energético menor em relação ao plasma térmico e possuem aplicações diversas, desde a área da saúde, em modificação de superfícies, degradação de poluentes, esterilização, entre várias outras. O plasma frio utilizado para tratamentos de materiais tem se destacado principalmente na área de tratamento de superfícies e tem sido aplicado no desenvolvimento de novas soluções para as áreas tecnológicas, industriais e científicas (NÓBREGA, ROHANI, FULCHERI, 2019), (SIKARWAR, et al, 2020).

Este capítulo apresenta uma breve descrição do plasma, o quarto estado da matéria e suas principais características físicas e químicas. Classificamos o plasma com base na sua origem e nas principais reações de ionização envolvidas em sua formação e nas diferentes possibilidades de aplicação.

## 2 | O QUE É PLASMA?

O plasma é um gás ionizado, formado por uma mistura de íons, elétrons, espécies neutras, fótons e espécies excitadas geradas por ionização através de descargas elétricas entre dois eletrodos (KALIA, et al, 2013), (JIANG, et al, 2014). A principal diferença entre um gás e o plasma é o fato do plasma ser condutor de eletricidade devido à presença de cargas elétricas livres (elétrons e íons) entre seus constituintes, o que faz o plasma ser eletricamente condutor e responder fortemente a campos eletromagnéticos (FRIDMAN, 2008), (TENDERO, et al, 2006).

O plasma pode ser gerado por fenômenos naturais como em descargas elétricas produzidas por tempestades ou nas ionizações produzidas pelo sol, chamadas de ventos solares, ou ainda gerado artificialmente através de fontes de energia específicas. (FELIPINI, 2005). Exemplos de plasmas naturais são: aurora boreal, centro do sol, corona solar, ionosfera terrestre, vento solar, entre outros. Os plasmas produzidos em laboratório são subdivididos em: plasma físico, utilizado em fusão termonuclear, e plasmas térmico e frio, que serão descritos neste trabalho (FELIPINI, 2005).

Para produzir uma descarga de plasma em laboratório é possível montar um sistema básico em que dois eletrodos são colocados em um reator de vidro contendo diversos gases ou vácuo, então uma fonte de alimentação é ligada aos eletrodos e uma tensão é aplicada entre eles. Uma voltagem mínima é aplicada e ocorre uma aceleração de partículas carregadas que dão origem ao plasma (descarga de plasma) (FRIDMAN, 2008).

As diferenças básicas entre o plasma térmico e o frio são a temperatura, e seus graus de liberdade. A temperatura é determinada pelas energias médias das espécies presentes (neutras ou carregadas) e seus graus de liberdade possíveis são rotação, translação, vibração e outros relacionados à excitação eletrônica (FRIDMAN, 2008). Os elétrons e partículas pesadas têm diferentes valores de temperatura devido ao efeito Joule e a processos colisionais. Estas diferenças normalmente são proporcionais à relação  $E/P$ , entre o campo elétrico ( $E$ ) e a pressão ( $P$ ). (FRIDMAN, 2008), (EMMERT, et al, 2013).

A relação E/P pode ser usada para diferenciar plasma frio de plasma térmico. Para isso, consideramos o conceito de equilíbrio termodinâmico local (ETL), ou seja, se os valores da relação E/P forem pequenos e as temperaturas dos elétrons e das partículas são aproximadas, temos o que é chamado de equilíbrio termodinâmico local – ETL (FRIDMAN, 2008). Quando o plasma está em ETL, temos o plasma térmico. Quando as espécies quimicamente ativas não estão em ETL, normalmente com a temperatura dos elétrons com valores maiores que das partículas pesadas, o plasma é denominado como plasma frio e sua temperatura é basicamente determinada pela temperatura dos elétrons. Consequentemente, este tipo de plasma não é tão sensível a processos térmicos e de temperaturas dos gases (FRIDMAN, 2008), (BOULOS, 2011), (EMMERT, et al, 2013).

O plasma também pode ser caracterizado por seu grau de ionização. Quando o gás está completamente ionizado temos o plasma térmico, e quando apenas uma fração do gás está ionizada e a concentração dos elétrons é muito pequena para aquecer o gás temos o plasma frio (RADACSI, et al, 2013).

Outra característica que pode ser utilizada para diferenciar o plasma térmico do frio é o tipo de descarga elétrica, os principais tipos são: descarga de arco, descarga corona, descarga por radiofrequência ou micro-ondas, descarga de barreira dielétrica, entre outras. O tipo de descarga muda as propriedades físico-químicas e, consequentemente, as aplicações de cada plasma (STARIKOVSKIY, ALEKSANDROV, 2013), (SALLEM, et al, 2020), (SIKARWAR, et al, 2020).

A tabela 1 mostra características básicas que diferenciam o plasma térmico do plasma frio.

	<b>Plasma térmico</b>	<b>Plasma frio</b>
<b>ETL</b>	ETL	Não ETL
<b>Temperatura do elétron</b>	$T_{\text{elétron}} = T_{\text{partículas pesadas}}$	$T_{\text{elétron}} \gg T_{\text{partículas pesadas}}$
<b>Ionização</b>	Parcialmente ionizado	Fração do gás ionizado
<b>Pressão</b>	Pressão elevada (mínimo 1 atm)	Pressão atmosférica ou baixa
<b>Densidade</b>	Alta densidade de elétrons	Baixa densidade de elétrons
<b>Corrente</b>	Elevadas (maior que 1 A)	Baixas
<b>Tensão</b>	Dezenas de volts	Altas
<b>Aplicações</b>	Síntese de nanoestruturas, degradação de gases, decomposição térmica, tratamento de resíduos, reações de síntese, entre outras.	Ativação e tratamento de superfícies, tratamento de resíduos, deposição de filmes, entre outras.

Tabela 1. Diferenças entre plasma térmico e frio.

FONTE: (FRIDMAN, 2008), (BÁRDOS, BARÁNKOVÁ, 2010), (JIANG, et al, 2014).

A aplicação de plasma em processos tecnológicos apresenta vantagens em relação a processos químicos tradicionais, pois a temperatura de seus componentes e a densidade de energia é muito superior, além das vantagens em relação a maior concentração de espécies quimicamente ativas e de maior energia (KALIA, et al, 2013), (JIANG, et al, 2014), (SALLEM, et al, 2020). Sendo assim, a utilização de plasma intensifica processos químicos tradicionais e aumenta a eficiência destes, além de favorecer reações que em processos tradicionais poderiam não ocorrer (FRIDMAN, 2008), (KALIA, et al, 2013), (JIANG, et al, 2014), (SIKARWAR, et al, 2020).

Para exemplificar as aplicações de plasma, uma revisão básica de estudos experimentais e teóricos é dada a seguir: síntese de nanoestruturas, (KIM, et al, 2012); (SHARIAT, et al, 2013); (SARAVANAN, et al, 2013); degradação de gases; (XU, et al, 2013); (TANG, et al, 2013); decomposição térmica, (ZHAO, et al, 2013); (GANDHI, et al, 2013), (SALLEM, et al, 2020); ativação e tratamento de superfícies; (KALIA, et al, 2013); (LIU, et al, 2013); tratamento de resíduos; (DURMES, et al, 2013); (JIANG, et al, 2014), deposição de filmes; (MERCHE, VANDENCASTEELE, RENIERS, 2012); tratamentos na área médica; (SCHLEGEL, et al, 2013); (WOEDTKE, et al, 2013), catalisadores (DEBEK, et al, 2019).

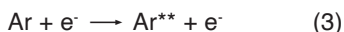
## 2.1 Produção do plasma e suas reações químicas

Durante a aplicação de uma descarga elétrica em meio gasoso, alguns processos básicos ocorrem no gás utilizado para gerar o plasma. Estes processos são ionização e recombinação, excitação e relaxação (STARIKOVSKIY, ALEKSANDROV, 2013).

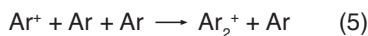
O grau de ionização é a medida da proporção de átomos que perderam ou ganharam elétrons, e no plasma esse fator é desencadeado por colisões que podem ser elásticas ou inelásticas (mecânica Newtoniana) e que ocorrem em reações em cadeia (TENDERO, 2006) (ISTADI, 2006). Em colisões elásticas há um leve aumento da energia cinética das espécies neutras, mas a energia interna não é modificada. Em colisões inelásticas as espécies neutras recebem uma quantidade alta de energia eletrônica, o suficiente para alterar sua estrutura eletrônica formando espécies excitadas ou íons (TENDERO, 2006). Quando uma espécie excitada se liga novamente a um átomo, formando um átomo neutro, ocorre a emissão de um fóton. As espécies metaestáveis colidem com as outras espécies e moléculas, rompendo e formando ligações químicas, o que produz um processo de reação em cadeia (ISTADI, 2006).

O grau de ionização do gás utilizado pode variar muito, e mesmo um gás com pequenas frações ionizadas (ordem de  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  para gases parcialmente ionizados) poderá apresentar características de plasma, ou seja, resposta a campos magnéticos e alta condutividade elétrica (BOGAERTS, et al, 2002). Diversos gases podem ser utilizados para a obtenção do plasma e, de acordo com cada gás e seus processos de ionização, é possível fazer uma previsão de quais serão as espécies presentes no meio reacional durante a descarga elétrica (FRIDMAN, 2008).

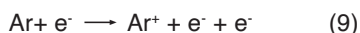
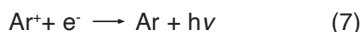
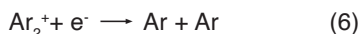
Um dos gases mais utilizados em sistemas de plasma é o Argônio, pois é um gás inerte e monoatômico, apresentando um menor custo energético para sua ionização (BEUTE, CHANG, KANEDA, 1993). As reações básicas de ionização do Argônio são mostradas a seguir: Ar\* (argônio excitado), Ar\*\* (argônio metaestável), Ar<sup>+</sup> (íon atômico) e Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> (íon molecular). As espécies Ar<sup>+</sup> são obtidas através de dois processos, sendo a ionização térmica (Equações 1 e 2) seguida pela ionização por impacto de elétrons (Equações 3 e 4) via intermediários excitados (Ar\*) ou metaestáveis (Ar\*\*) (BEUTE, CHANG, KANEDA, 1993).



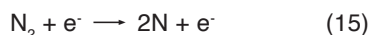
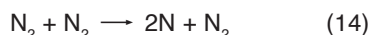
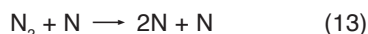
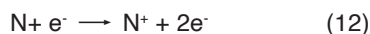
As espécies Ar<sub>2</sub><sup>+</sup> são obtidas através de processos de conversão com três corpos de reação (Equação 5). (BEUTE, CHANG, KANEDA, 1993).



Outras reações possíveis são: recombinação dissociativa (Equação 6), recombinação radioativa (Equação 7), recombinação com três corpos de reação (Equação 8), ionização por impacto de elétrons (Equação 9) e colisões metaestáveis (Equações 10 e 11) (BEUTE, CHANG, KANEDA, 1993).



Outro gás utilizado para a produção de plasma é o Nitrogênio. As reações básicas no meio reacional são mostradas a seguir (ANDRE, 1997), (LAUX, et al, 2012):



Onde a equação 12 representa a ionização por impacto de elétrons, as equações 13 e 14 são as moléculas atômicas neutras e as moléculas por impacto, e a equação 15 representa o impacto de elétrons e a reação de dissociação (ANDRE, 1997), (LAUX, et al, 2012).

Assim, de modo geral, a energia adicionada ao sistema a partir da descarga elétrica é responsável pela geração de espécies quimicamente ativas que são responsáveis pelas principais modificações que ocorrem durante o tratamento por plasma. A partir das equações básicas, podemos olhar mais detalhadamente cada meio reacional e cada sistema utilizado neste trabalho.

### 3 | PLASMA TÉRMICO

O plasma térmico é gerado por descargas elétricas em meio gasoso e as reações que ocorrem no meio reacional são as mesmas que ocorrem em sistemas reacionais tradicionais. Porém, estas reações são muito intensificadas por causa das elevadas temperaturas e do grande número de espécies altamente energéticas presentes no meio (CHAUBEY, et al, 2013), (AHMED, et al, 2009), (SALLEM, et al, 2020), (SIKARWAR, et al, 2020).

Nos últimos anos, essa tecnologia tem sido estudada porque apresenta vantagens como o auxílio no controle ambiental, flexibilidade no controle de parâmetros como a temperatura, potência e, principalmente, a produção de materiais estáveis ambientalmente que podem ser utilizados como materiais com valor agregado (AHMED, et al, 2009). Outras vantagens são o baixo tempo de resposta, alta eficiência de conversão e a possibilidade de utilizar diferentes gases de partida, como por exemplo, o dióxido de metano e o metano (CHAUBEY, et al, 2013).

Assim, processos por plasma térmico são viáveis economicamente e apresentam aplicações tecnológicas e industriais em diversas áreas, como por exemplo, metalomecânica, cerâmica, química, aeroespacial, eletrônica e de transporte (XU, et al, 2013). Uma aplicação do plasma térmico que será abordada neste trabalho será a degradação de metano por plasma térmico para a geração de hidrogênio e negro de carbono.

#### 3.1 Reforma de gases por plasma térmico

Um dos problemas recentes enfrentados pela humanidade é a poluição do meio ambiente, gerada principalmente pela atividade antropogênica e industrial (CHAUBEY, et al, 2013). A queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural) e a grande produção de resíduos são umas das principais causas do aumento do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ) na atmosfera terrestre, sendo estes os principais gases precursores do efeito estufa (FARRELL, CULLING, LEIFER, 2013), (SALLEM, et al, 2020).

Pesquisas estão sendo realizadas, focadas principalmente em encontrar uma tecnologia que possibilite a reforma desses gases de uma maneira efetiva e não agressiva

ao meio ambiente (REDDY, KIM, SONG, 2013). Entre a variedade de métodos, a tecnologia de plasma térmico tornou-se popular industrialmente, devido à sua elevada eficiência e por ser considerada um processo ambientalmente limpo (GUO, KIM, 2008). Existem inúmeros exemplos de aplicações da tecnologia de plasma para a degradação de compostos, abaixo são expostos alguns exemplos da literatura.

Cubas e colaboradores estudaram a eficiência de degradação de tetracloreto de carbono por plasma térmico e caracterizaram os produtos formados. Os resultados mostraram que os principais produtos da degradação do  $\text{CCl}_4$  por plasma foram o carbono sólido e o gás cloro, e que o aumento da eficiência de degradação ocorre com o aumento da potência aplicada à tocha de plasma (CUBAS, et al, 2005).

Yan Xu e colaboradores estudaram a reforma de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  por plasma térmico com a presença de catalisadores para a produção de nanoestruturas. Os resultados mostraram porcentagens de degradação de 62% para o dióxido de carbono e 77% para o metano. Os resultados apresentados estão muito próximos às exigências industriais em relação à reforma a vapor (XU, et al, 2013).

Ahmed e colaboradores publicaram uma revisão sobre a decomposição de hidrocarbonetos para a produção de hidrogênio e carbono, e avaliaram as tecnologias para a decomposição, descarbonização, desidrogenação e pirólise de hidrocarbonetos pelos métodos de plasma e catálise. Os resultados mostraram que métodos por plasma são uma alternativa mais atraente que a catálise, pois não utilizam catalisadores e aceleram reações químicas, além de apresentarem bons resultados de degradação (AHMED, et al, 2009).

No caso específico da pirólise do metano por plasma térmico que foi estudado neste trabalho, entre os produtos formados destacam-se o hidrogênio, que pode ser utilizado como combustível, e o negro de carbono, utilizado como material de reforço e estabilidade térmica em plásticos, cimento, pneus, borrachas, entre outros (XU, et al, 2013), (YAN, et al, 2012).

## 4 | PLASMA FRIO

O plasma frio é uma tecnologia emergente que tem demonstrado capacidade de acelerar reações químicas, apresentando eficiência energética e podendo ser utilizado em ambas as fases, aquosa, gasosa e sólida. Assim, pode ser eficaz em uma ampla gama de aplicações tecnológicas (STARIKOVSKIY, et al, 2013), (JIANG, et al, 2014).

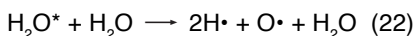
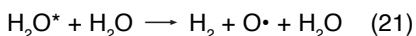
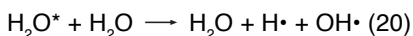
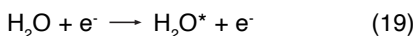
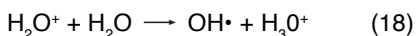
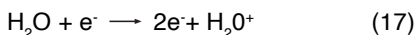
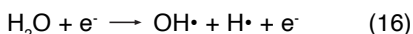
O tratamento por plasma frio envolve basicamente a introdução de energia química ou elétrica em uma zona de reação, para gerar espécies altamente reativas. Os processos presentes nesta zona de reação são chamados de processos oxidativos avançados e geram espécies oxidantes (STARIKOVSKIY, ALEKSANDROV, 2013), (JIANG, et al, 2014), (SALLEM, et al, 2020).



## 4.1 A química do plasma frio

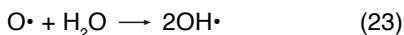
Durante tratamentos por plasma frio podem ocorrer algumas colisões na interface gás-líquido, onde elétrons energéticos podem colidir com moléculas básicas presentes no meio ( $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ , entre outros), produzindo elétrons secundários, fótons, íons e radicais (BENETOLI, et al, 2012), (JIANG, et al, 2014). Também são geradas espécies fortemente oxidantes como:  $OH\cdot$ ,  $O\cdot$ ,  $O_3\cdot$ , que podem se diluir na fase líquida e iniciar reações químicas e fenômenos físicos, tais como a formação de espécies moleculares, radicais e a geração de luz ultravioleta (UV) (JIANG, et al, 2014), (WANG, ZHOU, JIN, 2012).

Algumas reações descrevem as principais espécies presentes no meio reacional aquoso, são elas:

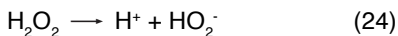


Onde as equações 16,17,18 e 19 são, respectivamente, dissociação, ionização, excitação vibracional/rotacional. As equações 20 a 22 mostram o relaxamento do estado energético de moléculas de água depois do estado de excitação, que também formam alguns radicais ativos (JIANG, et al, 2014), (WANG, ZHOU, JIN, 2012).

Na presença de  $O_2$  no meio reacional ocorre a formação da espécie  $OH\cdot$ , mostrada pela equação química 23:

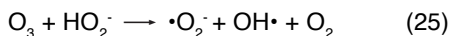


Outra espécie que pode ser formada é o ozônio ( $O_3$ ), equação 24, que é uma molécula instável e decompõe-se instantaneamente através de um mecanismo de cadeia cíclica (JIANG, et al, 2014), (JIANG, et al, 2012).



Em caso de tratamento de compostos orgânicos o  $O_3$  presente no meio pode atuar fortemente na oxidação destes compostos e inclusive favorecer a adição de ligações múltiplas carbono-carbono (JIANG, et al, 2014), (JIANG, et al, 2012).

A presença de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) no meio favorece a formação de  $\text{OH}\cdot$ , de acordo com a equação 25 (JIANG, et al, 2014), (JIANG, et al, 2012):



Os radicais hidrogênio ( $\text{H}\cdot$ ) formados diretamente pela colisão de elétrons com moléculas de água ou pela hidratação com elétrons ácidos desempenham um papel importante no tratamento por plasma frio. Estas espécies são redutores fortes e têm afinidade eletrônica com outras espécies, o que favorece dois tipos de reações: a adição de hidrogênio em ligações insaturadas e em compostos saturados (JIANG, et al, 2014), (LUKES, LOCKE, BRISSET, 2012).

A produção de espécies redutoras ou oxidantes durante o tratamento por plasma frio é dependente da quantidade de energia adicionada ao sistema e da atmosfera que induz a descarga elétrica ( $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{AR}$ ); outras variáveis que influenciam no processo são o pH, condutividade e temperatura da fase aquosa (BENETOLI, et al, 2011), (YASMIN, LUO, DANIEL, 2006), (NÓBREGA, ROHANI, FULCHERI, 2019).

Radicais hidroxila são espécies importantes em tratamentos por plasma, especialmente quando o tratamento é realizado em compostos orgânicos presentes no meio reacional (meio líquido), o que gera três mecanismos básicos de reação, que são a abstração de hidrogênio, a adição eletrofílica à ligação insaturada e a transferência de elétrons (JIANG, et al, 2014). Em hidrocarbonetos saturados alifáticos, a abstração de hidrogênio é o principal mecanismo; já em hidrocarbonetos aromáticos, os grupos hidroxilas podem ser inseridos pela abstração de hidrogênio a um C- $\gamma$  ou a ligações insaturadas C-C (JIANG, et al, 2014).

Outros dois fatores que podem interferir no tratamento por plasma são a emissão de luz UV e as ondas de choque. A emissão de luz UV ocorre como resultado do relaxamento de espécies excitadas presentes no meio, que foram formadas por colisão entre elétrons e moléculas neutras (JOSHI, THAGARD, 2013), (JIANG, et al, 2014). Estas emissões podem favorecer a dissociação de peróxido de hidrogênio e ozônio, favorecendo a formação de radicais hidroxila, que podem por sua vez intensificar o tratamento químico de uma amostra presente no meio e diminuir o gasto energético (JIANG, et al, 2014). As ondas de choque que são obtidas a partir da aplicação de uma descarga elétrica diretamente no meio líquido podem induzir a pirólise e reações químicas em massa de líquidos indiretos, através da cavitação eletro-hidráulica. Por exemplo, podem ser produzidos mais radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio via dissociação de água ou por ondas de choque (SUNKA, 2008), (JIANG, et al, 2014).

Reações químicas e fatores energéticos envolvidos no tratamento por plasma frio dependem diretamente de fatores como a quantidade de energia depositada no sistema, geometria do reator, tipo da descarga, entre outros (STARIKOVSKIY, ALEKSANDROV, 2013).

Exemplos de aplicações científicas e técnicas por plasma frio são: tratamento de compostos orgânicos, tratamento de alimentos, degradação de compostos, reaproveitamento de resíduos, tratamento de água, entre outros (NÓBREGA, ROHANI, FULCHERI, 2019), (PUTINIK, et al, 2019), (SALLEM, et al, 2020), (SIKARWAR, et al, 2020), (ZEGHIOUD, et al, 2020).

## 5 I CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta uma descrição básica a respeito do plasma, suas características físico-químicas e reações de ionização envolvidas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Capes e do CNPq. Gostaríamos também de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

## REFERÊNCIAS

AHMED, S.; AITANI, A.; RAHMAN, F.; AL-DAWOOD, ALI.; AL-MUHAISH, F. Decomposition of hydrocarbons to hydrogen and carbon. **Applied Catalysis A: General**, v.359, p.1-24, 2009.

ANDRE, P. Numerical Method and Composition at and out of Chemical Equilibrium in a Multi-temperature Plasma. Application to a Pure Nitrogen Plasma. **Contributions to Plasma Physics**.v.37, p.23-40, 1997.

BENETOLI, L.O. de B.; “Desenvolvimento e aplicação de reator de plasma frio na degradação do corante azul de metileno em meio aquoso”. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2011.

BENETOLI, L. O. de.; CADORIN, B. M.; BALDISSARELLI, V. Z.; GEREMIAS, R.; SOUZA, I. G.; DEBACHER, N. A. Pyrite-enhanced methylene blue degradation in non-thermal plasma water treatment reactor. **Journal of Hazardous Materials**, v.237-238, p.55-62, 2012.

BEUTE, T.G; CHANG, J.S; KANEDA, T. Modelling of Argon Thermal Plasma by a Chemical Kinetic Model at the Atmospheric Gas Pressure. **Journal Applied Physics Letters**, v.41, p.21-30, 1993.

BOGAERTES, A.; NEYTS, E.; GIJBELS, R.; MULLEN, J. van der. Gas discharge plasmas and their applications. **Spectrochimica Acta Part B**, v.57, v.609-658, 2002.

BOULOS, M. I.; FAUCHAIS, P.; PFENDER, E. Thermal Plasma. **New York: Plenum press**, v.1, 1994.

CHAUBEY, R.; SAHU, S.; JAMES, O.O.; MAITY, S. A review on development of industrial processes and emerging techniques for production of hydrogen from renewable and sustainable sources. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.23, p. 443-462, 2013.

CUBAS, A.L.V.; CARASECK, E.; DEBACHER, N.A.; SOUZA, I.G. Development of a DC-Plasma torch constructed with graphite electrodes and an integrated nebulization system for decomposition of  $\text{CCl}_4$ . **Journal of Brazilian Chemical Society**, v.16, No.3B, p.531-534, 2005.

DEBEK, R.; AZZOLINA, F.J.; TRAVERT, A.; MAUGÉ, F. A review on plasma-catalytic methanation of carbon dioxide – looking for an efficient catalyst. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.116, p.109427, 2019.

DURMES, J.V.; DEWULF, J.; LEYS, C.; LANGENHOVE, H.V. Combining non-thermal plasma with heterogeneous catalysis in waste gas treatment: A review. **Applied Catalysis B: Environmental**, v.78, p.324-333, 2008.

EMMERT, S.; BREHMER, F.; HANBLE, H.; HELMKE, A.; MERTENS, N.; AHMED, R.; SIMON, D.; WANDKE, D.; MAUS-FRIEDRICHS, W.; DASCHLEIN, G.; SCHON, M. P.; VIOL, W. Atmospheric pressure plasma in dermatology: Ulcus treatment and much more. **Clinical Plasma Medicine**, v.1, p.24-29, 2013.

FARRELL, P.; CULLING, D.; LEIFER, I. Transcontinental methane measurements: Part 1. A mobile surface platform for source investigations. **Atmospheric Environment**, v.74, p.422-431, 2013.

FELIPINI, C.L. Noções sobre plasma térmico e suas principais aplicações. **Revista Integração**, v.41, p.147-151, 2005.

FRIDMAN, A. Cambridge University Press, New York, 2008.

GANDHI, M.S.; MOK, Y.S.; LEE, S.B.; PARK, H. Effect of various parameters for butane decomposition under ambient temperature in a dielectric barrier discharge non-thermal plasma reactor. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v.44, p.786-794, 2013.

GUO, X-F.; KIM, G-J. Ultrafine carbon black produced by pyrolysis of polyethylene using a novel DC-thermal plasma process. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v.69, p.1224-1227, 2008.

ISTADI, N.A.S.A. Co-generation of synthesis gas and C2C hydrocarbons from methane and carbon dioxide in a hybrid catalytic-plasma reactor: **A review**. **Fuel**, v.85, p.577-592, 2006.

JIANG, B.; ZHENG, J.; LIU, Q.; WU, M. Degradation of azo dye using non-thermal plasma advanced oxidation process in a circulatory airtight reactor system. **Chemical Engineering Journal**, v.204-206, p.32-39, 2012.

JIANG, B.; ZHENG, J.; QIU, S.; WU, M.; ZHANG, Q.; YAN, Z.; XUE, Q. Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation. **Chemical Engineering Journal**, v.236, p.348-368, 2014.

JOSHI, R.P.; THAGARD, S.M. Streamer-Like Electrical Discharges in Water: Part II. Environmental Applications. **Plasma Chemistry Plasma Process**, v.33, p.17-49, 2013.

KALIA, S.; THAKUR, K.; CELLI, A.; KIECHEL, M.A.; SCHAUER, C.L. Surface modification of plant fibers using environment friendly methods for their application in polymer composites, textile industry and antimicrobial activities: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.1, p.97-112, 2013.

KIM, D-W.; KIM, T-H.; CHOI, S.; KIM, K-S.; PARK, D-W. Preparation of silica coated iron oxide nanoparticles using non-transferred arc plasma. **Advanced Powder Technology**, v.23, p.701-707, 2012.

LAUX, C.O.; PIERROT, L.; GESSMAN, R.J. State-to-state modeling of a recombining nitrogen plasma experiment. **Chemical Physics**, v.398, p.46-55, 2012.

LIU, Z.; CHEN, P.; ZHANG, X.; YU, Q.; MA, K.; DING, Z. Effects of surface modification by atmospheric oxygen dielectric barrier discharge plasma on PBO fibers and its composites. **Applied Surface Science**, v.283, p.38-45, 2013.

LUKES, P.; LOCKE, B.R.; BRISSET, J.L.; PARVALESCU, V.I.; MAGURAEANU, M. Aqueous-Phase Chemistry of Electrical Discharge Plasma in Water and in Gas-Liquid Environments. **Plasma Chemistry and Catalysis in Gases and Liquids**, p.243-308, 2012.

MERCHE, D.; VANDENCASTEELE, N.; RENIERS, F. Atmospheric plasmas for thin film deposition: A critical review. **Thin Solid Films**, v.520, p.4219-4236, 2012.

NÓBREGA, P.H.A.; ROHANI, V.; FULCHERI, L. Non-thermal plasma treatment of volatile organic compounds: A predictive model based on experimental data analysis. **Chemical Engineering Journal**, v.364, p.37-44, 2019.

PUTINIK, P.; KRESOJA, Z.; BOSILJKOV, T.; et al. Comparing the effects of thermal and non-thermal technologies on pomegranate juice quality: A review. **Food chemistry**, v.279, p.150-161, 2019.

RADACSI, N.; Van der HEIJDEN, A.E.D.M.; STANKIEWICZ, A.I.; ter HORST, J.H. Nanoparticle generation by intensified solution crystallization using cold plasma. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v.71, p.51-58, 2013.

REDDY, P.V.L.; KIM, K-H.; SONG, H. Emerging green chemical technologies for the conversion of CH<sub>4</sub> to value added products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.24, p.578-585, 2013.

SALEEM, F.; HARRIS, J.; ZHANG, K.; HARVEY, A. Non-thermal plasma as a promising route for the removal of tar from the product gas of biomass gasification – A critical review. **Chemical Engineering Journal**, v. 382, p.122761, 2020.

SARAVANAN, P.; HSU, J-H.; SIVAPRAHASAM, D.; KAMAT, S.V. Structural and magnetic properties of  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanostructured compacts processed by spark plasma sintering. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 346, p.175-177, 2013.

SCHLEGEL, J.; KORITZER, J.; BOXHAMMER, V. Plasma in Cancer Treatment, **Clinical Plasma Medicine**, v.1, p.2-7, 2013.

SHARIAT, M.; HOSSEINI, S.I.; SHOKRI, B.; NEYTS, E.C. Plasma enhanced growth of single walled carbon nanotubes at low temperature: A reactive molecular dynamic simulation. **Carbon**, v.65, p.269-276, 2013.

SIKARWAR, V.S.; HRABOVSKY, M.; OOST, G.V.; POHORELY, M.; JEREMIAS, M. Progress in waste utilization via thermal plasma. **Progress in Energy and Combustion Science**, v.81, p.100873, 2020.

STARIKOVSKIY, A.; ALEKSANDROV, N. Plasma-assisted ignition and combustion. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 39, p.61-110, 2013.

SUNKA, P.; BABICKY, V.; CLUPEK, M.; LUKES, P.; SIMEK, M.; LOCKE, B.R. Potential applications of pulse electrical discharges in water. **IEEE Transactions on Plasma Science**, v.36, p.1146-1147, 2008.

TANG, L.; HUANG, H.; HAO, H.; ZHAO, K. Development of plasma pyrolysis/gasification systems for energy efficient and environmentally sound waste disposal. **Journal of Electrostatics**, v.71, p.839-847, 2013.

TENDERO, C.; TIXIER, C.; TRISTANT, P.; DESMAISON, J.; LEPRINCE, P. Atmospheric pressure plasmas: A review. **Spectrochimica Acta Part B**, v.61, p.2-30, 2006.

WANG, X.; ZHOU, M.; JIN, X. Application of glow discharge plasma for wastewater treatment. **Electrochimica Acta**, v.83, p.501-512, 2012.

WOEDTKE, Th.V.; REUTER, S.; MASUR, K.; WELTMAN, K-D. Plasma for medicine. **Physics Reports**, v.530, p.291-320, 2013.

XU, Y.; WEI, Q.; LONG, H.; ZHANG, X.; SHANG, S.; DAI, X.; YIN, Y. CO<sub>2</sub> reforming of CH<sub>4</sub> by synergies of binode thermal plasma and catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.38, p.1384-1390, 2013.

YAN, B.; CHENG, Y.; JIN, Y.; GUO, C.Y. Analysis of particle heating and devolatilization rapid coal pyrolysis in thermal plasma reactor. **Fuel Processing Technology**, v.100, p. 1-10, 2012.

YASMIN, A.; LUO, J. J.; DANIEL, I. M. Processing of Expanded Graphite Reinforced Polymer Nanocomposites. **Composites Science and Technology**, v.66, p.1182-1189, 2006.

ZHAO, L.; WANG, Y.; LI, X.; WANG, A.; SONG, C.; HU, Y. Hydrogen production via decomposition of hydrogen sulfide by synergy of non-thermal plasma and semiconductor catalysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.38, p.14415-14423, 2013.

ZEGHIOUD, H.; NGUYEN-TRI, P.; KHEZAMI, L.; AMRANE, A.; ASSADI, A.A. Review on discharge plasma for water treatment: mechanism, reactor geometries, active species and combined processes. **Engineering**, v.38, p.101664, 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetilcolinesterase 180, 181, 182, 184, 190

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

Alcanosulfonatos 135

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

Alpinia 192, 193, 194, 195

Amilase 146, 148, 152, 157

Aniba canelilla 192, 193, 194, 196, 197

Aprendizagem Contextualizada 1

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

### C

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

Casca de Laranja 126, 129, 134

Compósito Tricomponente 216, 218, 220, 227

### D

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

Determinação Bioquímica 242

### E

Eletrodos Compósitos 203, 204, 205, 209, 210

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

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

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

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

Extrato de Açaí 198

Extrato de Pitanga 198

### F

Fármacos Residuais 105, 106

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

Ferramenta de Ensino 17, 18, 21, 32

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

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

## **G**

Glutathione S-Transferase 198

## **H**

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

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

## **J**

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

## **L**

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

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

Líquidos Iônicos 135, 136, 137, 144, 145

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

## **M**

Microextração Líquido-Líquido Dispersiva 282, 286, 287

Micropoluentes 106, 108, 113

Modelagem Matemática 257, 301, 302

## **N**

Nanofibrilas de Celulose 231

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

Níveis de Cobre 282

## **O**

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

## **P**

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

Polímeros com Impressão Molecular 203, 207



## **Q**

Química Ambiental 9, 10, 16

Química do Chocolate 1, 5, 6

Química do Plasma 306, 313

## **R**

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

Resíduos da Agroindústria 80, 83

Rodamina B 94, 100

## **S**

Sensores Vapocrômicos 265





Sistema de Liberação Controlada 253, 255

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

## **T**





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

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

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

# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2

  
Ano 2020

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

# O CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA QUÍMICA 2