

The background features a blue-to-white gradient with faint molecular structures at the top. In the foreground, several test tubes are arranged in a row, and a pipette is shown dripping a drop of liquid into one of them.

O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022



O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## O papel fundamental da química entre as ciências naturais

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-950-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.506222202>

1. Química. 2. Ciências naturais. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O e-book: “O papel fundamental da química entre as ciências naturais” apresenta vinte e sete capítulos de livros que foram organizados em quatro temáticas: *i)* química e sociedade: em busca da ressignificação e contextualização do processo de ensino-aprendizagem; *ii)* química orgânica e de produtos naturais; *iii)* síntese, caracterização e avaliação de materiais nanoestruturados e *iv)* química e remediação ambiental.

O primeiro tema é constituído por doze capítulos que procuraram avaliar o processo de ressignificação e contextualização do ensino de química a partir: *i)* da percepção dos estudantes em relação ao consumo de água; *ii)* o ensino de química por meio de projetos; *iii)* a visão do aluno em relação ao processo de aprendizagem; *iv)* utilização de recursos tecnológicos e midiáticos como ferramentas facilitadoras no processo de aprendizagem; e *v)* utilização de materiais alternativos para a experimentação no ensino de química.

O segundo tema possui seis capítulos que procuraram avaliar o desempenho de novas substâncias químicas com inúmeras propriedades biológicas, entre as quais: a redução do número de larvas do mosquito *Aedes Aegypti*, bem como propriedades anti-inflamatória, antimicrobiana entre outras de interesse biológica. O terceiro tema é constituído por três capítulos que investigaram a síntese de nanopartículas de polianilina para composição de tintas utilizadas na impressão e do mineral hidroxiapatita. Por fim, o último tema é composto por seis capítulos que investigaram a remediação ambiental que se utilizou de resíduos de biomassa para remoção de metais pesados, a síntese de nanopartículas de sílica para a remoção de  $Ba^{2+}$  em matrizes aquosas, remediação de efluente contaminado com cádmio e chumbo e a aplicação de diferentes Processos Oxidativos Avançados para remoção de contaminantes.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos que são disponibilizados de forma gratuita no site da Editora e em outras plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **QUÍMICA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: UMA ABORDAGEM SOBRE O LIXO**


Kalebe Pinheiro Ramos  
Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Fabricia Oliveira da Silva  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222021>

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **CARACTERIZAÇÃO DE OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NA CONCEPÇÃO DE LICENCIANDOS EM QUÍMICA QUE DIFICULTAM O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO PROFISSIONAL DOCENTE**


Graziele Borges de Oliveira Pena  
Nyuara Araújo da Silva Mesquita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222022>

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **A QUÍMICA E O USO CONSCIENTE DA ÁGUA: PERCEPÇÕES DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DE ESCOLA DA REDE PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA - MG**


Luísa Resende Lobato de Almeida  
Carlos Alexandre Vieira  
Alexandre Fernando da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222023>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **CONTRIBUIÇÕES PEDAGÓGICAS DAS METODOLOGIAS DE PROJETOS NO ENSINO DE QUÍMICA**


Luiz Gabriel Araújo da Fonseca  
Maria Fabiana Sousa Rosa  
Ronilson Freitas de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222024>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

#### **ENSINO DE QUÍMICA: INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE APRENDIZADO SEGUNDO A VISÃO DOS ALUNOS**


Alan Stampini Benhame de Castro  
Hauster Maximiler Campos de Paula  
Cristiana Resende Marcelo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222025>

**CAPÍTULO 6..... 70**

**CONSTRUÇÃO DE JOGOS LÚDICOS E BRINQUEDOS A PARTIR DE GARRAFAS PET'S:  
UM PROJETO DE AÇÃO EM UMA ESCOLA MUNICIPAL DE PARINTINS, AM**


Clailson Lopes dos Santos  
Gabriela Rodrigues Conceição  
Ivan Souza Tavares  
Pedro Campelo de Assis Junior  
Raymara Fonseca dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222026>

**CAPÍTULO 7..... 80**

**CONSTRUÇÃO DE UM KIT ALTERNATIVO PARA TITULAÇÃO ÁCIDO-BASE**


Adriano Olímpio da Silva  
Regiane Auzier Coelho  
Valeria Lopes Amorim  
Luciane Lasle Cordeiro da Silva  
Rosângela da Silva Lopes  
Aline Alves dos Santos Naujorks

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222027>

**CAPÍTULO 8..... 89**

**INSTRUMENTOS ALTERNATIVOS PARA AULAS PRÁTICAS DE QUÍMICA NO ENSINO  
REMOTO**


Alcy Favacho Ribeiro  
Anderson Rogério Beltrão Franco  
Geane da Silva de Souza  
Karla do Socorro Ramos Gatinho  
Natasha de Jesus Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222028>

**CAPÍTULO 9..... 100**

**APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DE RADIOATIVIDADE E SUA INTERDISCIPLINARIDADE  
ATRAVÉS DE UM JOGO LÚDICO NO ENSINO REMOTO**

Celine Eveli Teixeira de Barros  
Yasmim dos Santos Barros  
Alexsandro Sozar Martins  
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte  
Kelly das Graças Fernandes Dantas


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5062222029>

**CAPÍTULO 10..... 107**

**O USO DE MÁSCARAS COMO TEMA PARA AULA DE GASES E DIVULGAÇÃO  
CIENTÍFICA NO CONTEXTO DA PANDEMIA DE COVID-19**

Igor Andrade Ribeiro  
Poliane Moreira Pereira  
André Luigi Soares de Souza  
Matheus Conceição Jacaúna

Rosenir Xavier Tavares  
Jackson Guerreiro de Almeida  
Crisquelen Guimarães de Souza  
José Nilton Almeida da Silva Filho  
Alex Izuka Zanelato  
Ataiany dos Santos Veloso Marques

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220210>

**CAPÍTULO 11..... 111**

**O ENSINO DE CHUVA ÁCIDA POR MEIO DE MÍDIAS DIGITAIS**


Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Fabricia Oliveira da Silva  
Kalebe Pinheiro Ramos  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220211>

**CAPÍTULO 12..... 119**

**O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE JOGOS E SIMULADORES DIGITAIS**

Fabricia Oliveira da Silva  
Alice Pantoja Trindade  
Brennda Monteiro Gama  
Kalebe Pinheiro Ramos  
Laura Cristina Ponte Moraes  
Mateus de Jesus Silva Matos  
Ruan Brandão Quintela  
Yasmim Cristini Ribeiro dos Santos  
Filipe dos Anjos Queiroz  
Francisco Diniz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220212>

**CAPÍTULO 13..... 126**

**DESENVOLVIMENTO DE UM CARBOIDRATO CONTENDO UMA UNIDADE ACEPTORA DE MICHAEL APLICADO NO COMBATE ÀS LARVAS DO MOSQUITO AEDES AEGYPTI**


Herbert Igor Rodrigues de Medeiros  
Rodrigo Ribeiro Alves Caiana  
Rayane de Oliveira Silva  
Jonh Anderson Macêdo Santos  
Cláudia Laís Araújo Almeida Santos  
Juliano Carlo Rufino de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220213>

**CAPÍTULO 14..... 138**

**MOLECULAR INTERACTION PROFILES OF SOLIDAGENONE WITH INFLAMMATORY MARKERS**


Simone Sacramento Valverde  
Bruna Celeida Silva Santos  
Temistocles Barroso de Oliveira  
Orlando Vieira de Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220214>

**CAPÍTULO 15..... 146**

**ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE SUBSTÂNCIAS ISOLADAS DE *Usnea steineri* FRENTE A FITOPATÓGENOS**

Lucas Silva Cintra  
Marcos Gomide Tozatti  
Maria Anita Lemos Vasconcelos  
Carlos Henrique Gomes Martins  
Márcio Luis Andrade e Silva  
Ana Helena Januário  
Patricia Mendonça Pauletti  
Wilson Roberto Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220215>

**CAPÍTULO 16..... 160**

**USO DE PROCESSOS MULTICOMPONENTES NA SÍNTESE DE NOVOS PEPTOIDES DE INTERESSE BIOLÓGICO**


Paulo Marcos Donate  
Mike Gustavo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220216>

**CAPÍTULO 17..... 172**

**REAÇÃO DE DEBUS-RADZISZEWSKI – RELEVANTE METODOLOGIA PARA A SÍNTESE DE 1,3-IMIDAZÓIS E 1,3-OXAZÓIS**

Sidney Silva Simplicio  
Victória Laysna dos Anjos Santos  
Cristiane Costa Lima  
Matheus Vieira Castro  
Arlan de Assis Gonsalves  
Cleônia Roberta Melo Araújo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220217>

**CAPÍTULO 18..... 189**

**ATUAÇÃO DOS NEUROTRANSMISSORES NO COMBATE À ANSIEDADE NO CENÁRIO DA PANDEMIA**

Wallyson Oliveira de Sousa  
Danilo Batistuta da Silva Lopes  
Alexsandro Sozar Martins  
Ana Rosa Carriço de Lima Montenegro Duarte

Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220218>

**CAPÍTULO 19..... 196**

**ANÁLISE DE FATORES QUE MELHORAM O ÍNDICE DE FLUIDEZ EM POLIPROPILENO**

Juliano Antonio Frizzo

Andrei Goldbach

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220219>


**CAPÍTULO 20..... 204**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE POLIANILINA PARA USO EM TINTAS DE IMPRESSÃO**

Cristiane Krause Santin

Manuela Arend Prediger

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220220>


**CAPÍTULO 21..... 211**

**AVALIAÇÃO DA ROTA DE SÍNTESE PARA OBTENÇÃO DE HIDROXIAPATITA NANOESTRUTURADA**

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damião Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220221>


**CAPÍTULO 22..... 218**

**MONITORAMENTO DE RESÍDUOS DE ANTIBIÓTICOS EM LEITE PRODUZIDOS EM SERGIPE E COMERCIALIZADO NA CIDADE DE ARACAJU**

Gislaine Santos Santana Leal

Adalberto Menezes Filho

Antônio Sérgio Oliveira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220222>

**CAPÍTULO 23..... 228**

**REMOÇÃO DE METAL PESADO POR BIOMASSA OBTIDA A PARTIR DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL**

Helder Lopes Vasconcelos


Isamara Godoi

Divair Christ

Débora Danielle Virginio Silva

Maria das Graças Almeida Felipe

Luciane Sene

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220223>

**CAPÍTULO 24..... 239**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SÍLICA**


## MESOPOROSA PARA REMOÇÃO DE Ba<sup>2+</sup> DE MEIO AQUOSO

Daniel Walker Tondo

Caroline Mayara Meurer Reolon

Renata Mello Giona

Alessandro Bail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220224>

### **CAPÍTULO 25.....252**

#### **REMEDIAÇÃO DE EFLUENTE CONTAMINADO COM CÁDMIO E CHUMBO: UMA ABORDAGEM ECO AMIGÁVEL**

Ana Lúcia Eufrázio Romão


Katiany do Vale Abreu

Dalila Maria Barbosa Davi

Maria Roniele Félix Oliveira

Carlos Emanuel Carvalho Magalhães


Carlucio Roberto Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220225>

### **CAPÍTULO 26.....265**

#### **DETECÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E DEGRADAÇÃO EMPREGANDO DIFERENTES PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA REMOÇÃO DOS FÁRMACOS GEMFIBROZIL, HIDROCLOROTIAZIDA E NAPROXENO EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220226>

### **CAPÍTULO 27.....280**

#### **PROCESSO FOTO-FENTON E FOTO-FENTON SOLAR: FUNDAMENTOS, APLICAÇÃO E PANORAMA CIENTÍFICO**

Aline Aparecida Carvalho França

Carlos Ernando da Silva

Leonardo Madeira Martins

Ludyane Nascimento Costa

Gabriel e Silva Sales


Felipe Pereira da Silva Santos

Ana Karina Borges Costa

Kerlane Alves Fernandes

José Milton Elias de Matos

José Luiz Silva Sá

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.50622220227>

### **SOBRE O ORGANIZADOR.....295**

### **ÍNDICE REMISSIVO.....296**

## SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE POLIANILINA PARA USO EM TINTAS DE IMPRESSÃO

Data de aceite: 01/02/2022

### Cristiane Krause Santin

Escola Politécnica-Universidade do Vale do Rio dos Sinos– UNISINOS, São Leopoldo– RS  
<http://lattes.cnpq.br/8668574495269159>

### Manuela Arend Prediger

Escola Politécnica-Universidade do Vale do Rio dos Sinos– UNISINOS, São Leopoldo– RS  
<http://lattes.cnpq.br/4413456261535665>

### Tatiana Louise Avila de Campos Rocha

Escola Politécnica-Universidade do Vale do Rio dos Sinos– UNISINOS, São Leopoldo– RS  
<http://lattes.cnpq.br/9378565098589680>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo a síntese química de nano partículas de Polianilina (PAni) visando sua aplicação na área eletrônica. Na síntese utilizou-se a anilina, a qual foi dopada com ácido dodecil benzeno sulfônico (DBSA) sob a ação de uma agente oxidante e agitação constante. Posteriormente à realização da síntese, centrifugou-se e dialisou-se o material contra uma solução de dodecil sulfato de sódio (SDS). A caracterização foi feita utilizando-se a técnica de quatro pontas para obtenção dos valores de condutividade elétrica. Além disso, a formação do polímero condutor foi também avaliada através de Espectroscopia de UV-Vis e Infravermelho. Com base nos resultados obtidos, foi possível confirmar a obtenção de um polímero com características semicondutoras tanto por meio da visualização de bandas nos Espectros UV-Vis e Infravermelho bem como pelos valores

de condutividade elétrica, que ficaram na faixa de  $10^{-3}$  S/cm.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Polianilina; Nanopartículas; Polímeros Semicondutores.*

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYANILINE NANOPARTICLES FOR USE IN PRINTING INK

**ABSTRACT:** This work aims the chemical synthesis of polyaniline nanoparticles (PAni) development to electronic applications. The aniline was doped with dodecyl benzene sulfonic acid (DBSA) using an oxidizing agent under constant stirring. After the synthesis, the material was centrifuged and dialyzed against a SDS solution. In order to obtain the values of electrical conductivity, the technique of four points was used. In addition, the obtaining of the polymer was characterized by UV-Vis and Infrared Spectroscopy. Considering these results, it was possible to confirm that the synthesized polyaniline showed a semiconductor characteristic. Additionally, it was possible to obtain electrical conductivity in the range of  $10^{-3}$  S/cm.

**KEYWORDS:** *Polyaniline; Nanoparticles; Semiconductor Polymers.*

### INTRODUÇÃO

Entre os polímeros condutores, seleciona-se a Polianilina como um dos polímeros mais vantajosos, uma vez que, além do baixo custo, fácil polimerização e boa estabilidade ambiental, possui propriedades condutoras que

são controláveis a partir de sua síntese (PALANIAPPAN et al. 2008; MATTOSO,1996). Essas propriedades intrínsecas provêm da alternância de ligações simples e duplas ao longo da cadeia, característica fundamental para a realização do processo de dopagem, no qual ocorre a transformação das propriedades isolantes para condutoras do material (XIA et al, 2010). As propriedades diferenciadas da Polianilina fazem com que esta seja aplicada especialmente na área eletrônica, como, por exemplo, em transistores, interruptores, atuadores eletroquímicos, proteção contra raios, células solares, placas de circuito, descarga eletrostática (ESD) e blindagem de interferência eletromagnética (EMI) (XIA et al, 2010; CROWLEY,2012).

Na dopagem da Polianilina não ocorre mudança no número de elétrons (oxidação/redução), uma vez que o processo de dopagem ocorre por protonação durante a síntese química. A anilina reage em meio ácido sob a ação de agente oxidante. O ácido, normalmente, é um ácido protônico funcionalizado que tem a forma  $H^+(M-R)$ . O íon  $H^+$  é responsável por dopar o polímero, enquanto o  $(M-R)$  é denominado contra-íon, cuja função é neutralizar a cadeia da PANi para que não haja variação na quantidade de elétrons ( MATTOSO, 1996).

Quanto a sua estrutura química, a polianilina apresenta o grupamento  $-NH$  ligado ao grupo fenila, cujo átomo de nitrogênio é o responsável por intermediar o processo de oxidação e redução e, assim, formam-se os diferentes estados de oxidação da polianilina (PALANIAPPAN et al., 2008) denominados de Leucoesmeraldina (totalmente reduzida), Base Esmeraldina (parcialmente oxidada), Pernigranilina (totalmente oxidada) e o Sal de Esmeraldina (parcialmente oxidada) (PALANIAPPAN et al., 2008; MATTOSO, 1996).

Infere-se que a forma sal de esmeraldina apresenta-se como sendo o estado de oxidação no qual a polianilina consegue atingir os maiores valores de condutividade elétrica, assim os nitrogênios presentes promovem a formação do grupo imina (os quais possuem ligação  $\pi$ ) completamente ou parcialmente protonados gerando um polímero condutor (MATTOSO 1996). Quando ocorre a oxidação, o elétron é removido da cadeia, formando, assim, um polaron (cátion radical). Além disso, pode ocorrer a remoção subsequente de mais um elétron presente na cadeia gerando um novo polaron ou então, um bipolaron (FAEZ et al., 2000). Esses polarons e bipolarons vão se espalhando pela cadeia do polímero e situam-se entre as bandas de valência e bandas de condução, o que permite a passagem dos elétrons de uma banda para outra com mais facilidade (MEDEIROS et al., 2012).

Uma subclasse no mundo dos polímeros condutores vem inovando as aplicações desses materiais: as nanopartículas de polímeros condutores. Além de manterem as propriedades elétricas, possuem características de nanomateriais, como o tamanho e grande área superficial, ampliando, assim, o interesse e o desenvolvimento de diferentes polímeros condutores com aplicação na área de nanotecnologia (XIA et al., 2010).

Atualmente nanopartículas poliméricas condutoras estão sendo aplicadas na área de biossensores devido à praticidade de sua dispersão em meio aquoso e sobre a superfície do eletrodo durante o processo. Além disso, considera-se importante uma alta relação entre



a superfície e o volume garantindo uma área ativa maior e, ainda, favorecendo a adsorção de biomoléculas (XIA et al., 2010). Nanopartículas de Polianilina vem sendo estudadas e, entre suas aplicações destaca-se seu uso em tintas para aplicação em impressoras piezoelétricas. É possível obter imagens com alta qualidade e boa velocidade de impressão, revelando o forte potencial que os polímeros condutores possuem na área de impressão eletrônica (NGMNA et al., 2007, GOMES et al., 2012; MORRIN et al.; 2008).

A partir do exposto acima este trabalho de pesquisa visa obter nanopartículas da polianilina condutora a partir da síntese química com foco em aplicações na área eletrônica.

## EXPERIMENTAL

Para sintetizar quimicamente a polianilina, adicionou-se o ácido dodecil benzeno sulfônico (DBSA) ao monômero anilina sob temperatura de 5 a 10°C. Paralelamente, dissolveu-se o agente oxidante (persulfato de amônio) em DBSA e gotejou-se esta solução no meio reacional. A concentração e proporção dos reagentes utilizados neste estudo estão demonstradas na Tabela 1. A solução foi mantida sob agitação constante com agitador magnético por, aproximadamente, 2,5 h. Ao término da reação, adicionou-se 10mL de SDS 0,05M. Posteriormente, retiraram-se duas alíquotas submetendo-as ao processo de centrifugação por um período de 20 e 40 min. Após a centrifugação, cada amostra foi deixada em diálise contra uma solução de 0,05M de SDS por 42h, sendo que a solução de SDS foi trocada duas vezes. Para finalizar, as amostras foram novamente centrifugadas por 20 e 40min. O material obtido foi caracterizado pela técnica de quatro pontas (modelo Pro 4-4400 Signatone) para obtenção da condutividade elétrica e por espectroscopia de Infravermelho (Cary 630 Agilent) para avaliação dos grupos funcionais e modificações realizadas a partir das condições reacionais usadas. Nas análises no UV-Visível (UV-Vis Cary 60) utilizou-se água como solvente. As espessuras das amostras na forma de filme foram medidas utilizando-se o perfilômetro D-100 Stylus KLA Tencor.

Amostras	Proporção	Anilina (M)	Persulfato de Amônio (M)	DBSA (M)
PAni 1	3: 1: 2,7	0,16	0,053	0,144
PAni 2	5: 2,5: 6	0,16	0,08	0,19
PAni 3	3: 2: 4,5	0,16	0,107	0,24

Tabela 1. Concentração e proporção dos reagentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

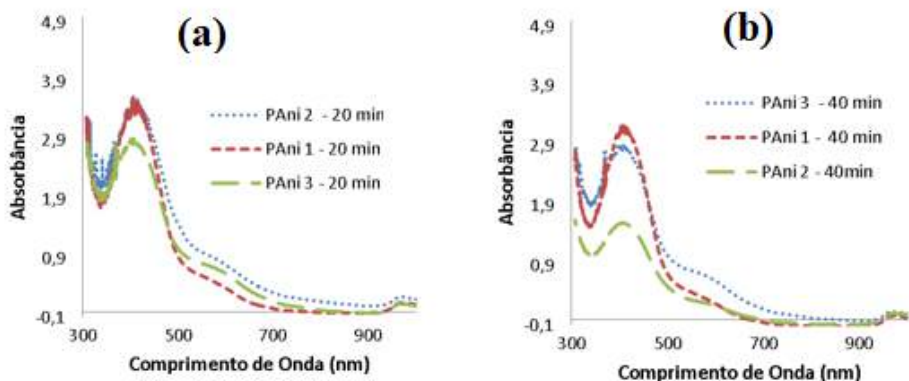
Os valores de condutividade elétrica medidos estão demonstrados na Tabela 2. A maior faixa de condutividade elétrica obtida ficou em, aproximadamente,  $10^{-3}$  S/cm (faixa de semicondutor), valor este semelhante ao encontrado por Ngmna et al (2007). Observa-se

que as amostras PAni 3 (20 e 40min) com proporção molar Anilina/Persulfato de Amônio/DBSA: 5:2,5:6 revelaram uma condutividade menor em relação às outras ( $@10^{-5}$  S/cm). Este valor é muito baixo para aplicações na área de condutores.

Amostras	Condutividade Elétrica (S/cm)
PAni 1 - 40min	$1,55e^{-3}$
PAni 1 - 20min	$2,49e^{-3}$
PAni 2 - 40min	$3,22e^{-3}$
PAni 2 - 20min	$3,00e^{-3}$
PAni 3 - 40min	$2,60e^{-5}$
PAni 3 - 20min	$7,65e^{-5}$

Tabela 2. Valores de condutividade elétrica.

Na análise de espectroscopia de UV-Vis monitorou-se as absorções a aproximadamente 328 nm, as quais se referem à presença de transições  $\pi$ - $\pi$  e a 640 nm, relacionadas à presença de transições  $n$ - $\pi$  (anéis quinoides). A presença destas bandas indica a formação da base esmeraldina, estado de oxidação em que a polianilina é isolante. As absorções na região a 420 e 800 nm indicam a formação do sal de esmeraldina, mostrando que a dopagem foi eficiente com a formação de polarons, (MARTINS, 2008; RODRIGUES, 2004, HAN et al., 2002). Na Figura 1(a) e (b), observam-se as bandas de absorção das amostras de polianilina, que ficaram em torno de 320 e 420 nm. Isso revela que houve a formação parcial de polarons, uma vez que a banda a 800 nm não foi evidenciada. A presença da banda a 800 nm está diretamente relacionada a formação de amostras totalmente condutoras. Estas observações corroboram com os resultados obtidos nas análises de condutividade elétrica, a partir das quais valores entre  $10^{-3}$  S/cm foram evidenciados.



Figuras 1 (a) e (b). Espectroscopia UV-Vis das amostras: PANi 1 (proporção 3: 1: 2,7), PANi 2 (proporção 5: 2,5: 6) e PANi 3 (proporção 5: 2,5: 6).

As bandas dos espectros de Infravermelho confirmam a obtenção de um polímero dopado com DBSA, a partir do qual foi possível verificar a presença de bandas em regiões do espectro nas quais as moléculas de PANI-DBSA transmitem energia. Essas regiões englobam os comprimentos de onda a  $1460\text{ cm}^{-1}$  e  $1600\text{ cm}^{-1}$ , referentes ao estiramento C=C nos anéis benzenóides e quinóides. A  $1033\text{ cm}^{-1}$  e  $1004\text{ cm}^{-1}$  relacionadas ao estiramento S=O do agente dopante e em  $1120\text{ cm}^{-1}$  associada à deformação angular da estrutura, que ocorre durante a protonação ( $\text{N}=\text{Q}=\text{N}$  e  $\text{B}-\text{N}^+\text{H}-\text{B}$ ). Atribui-se a banda em  $1297\text{ cm}^{-1}$  ao estiramento da ligação C-N da amina secundária e a banda em  $1242\text{ cm}^{-1}$  com a formação da PANi esmeraldina bem como com a vibração C-N. Ainda, as bandas a  $2800\text{ cm}^{-1}$  e  $3000\text{ cm}^{-1}$  representam o estiramento de C-H alifático, relacionado ao DBSA (HAN et al., 2002; GALIANI et al., 2007). Nas Figuras 2 e 3 estão representados os espectros de infravermelho obtidos para as amostras de Polianilina (PANi 1, 2 e 3\_20 e 40 minutos de centrifugação).

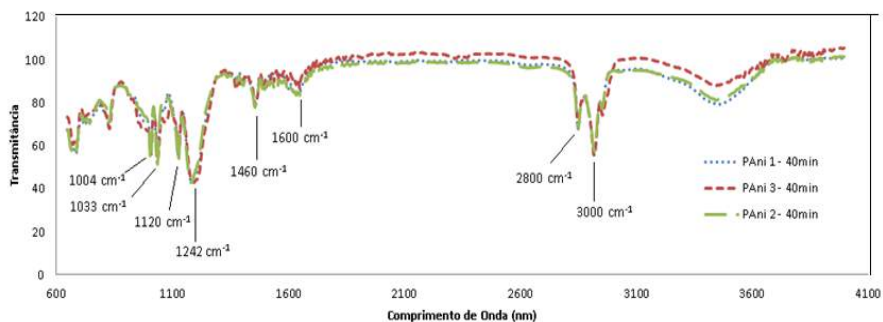


Figura 2. Espectroscopia de Infravermelho das amostras: PANi 1 (proporção 3: 1: 2,7), PANi 2 (proporção 5: 2,5: 6) e PANi 3 (proporção 5: 2,5: 6).

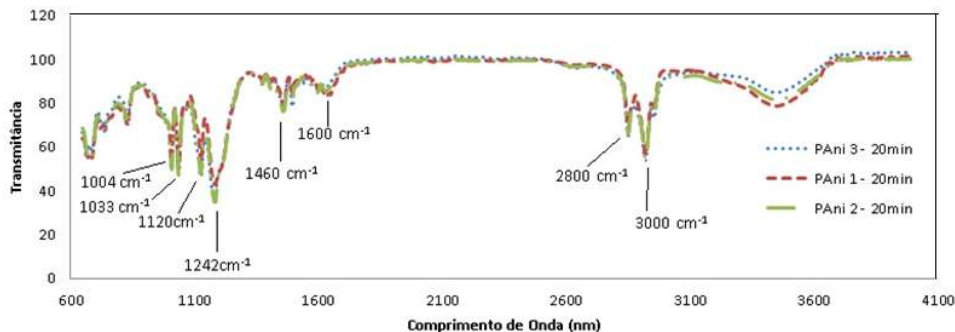


Figura 3. Espectroscopia de Infravermelho das amostras: PANi 1 (proporção 3: 1: 2,7), PANi 2 (proporção 5: 2,5: 6) e PANi 3 (proporção 5: 2,5: 6).

## CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada, concluiu-se que o polímero semiconductor foi obtido com êxito, uma vez que os valores de condutividade elétrica ficaram na faixa de, aproximadamente,  $10^{-3}$ S/cm. Além disso, através dos espectros de UV-Vis, visualizou-se a banda a 420 nm que indica a formação de polarons ao longo da cadeia da Polianilina. Entretanto, a banda de 800 nm não pôde ser visualizada, sugerindo a dopagem parcial da mesma. Ainda, através das análises realizadas pela espectroscopia de Infravermelho, constatou-se a presença de moléculas que provam a dopagem do polímero Polianilina utilizando o DBSA.

Ressalta-se que um dos problemas relacionados ao uso da Polianilina individualmente ou associada a outros substratos refere-se a sua baixa solubilidade a solventes. Porém, a partir do estudo realizado promovendo a dopagem desta com o DBSA, a partir da qual modificou-se sua estrutura química e conseqüentemente suas características, o produto obtido tornou-se miscível em solvente aquoso, facilitando sua análise em diferentes aspectos e, conseqüentemente, possibilitando seu uso com outros substratos e em setores pouco explorados.

A partir dos resultados conclui-se que o processo de dopagem da polianilina além de promover um melhor monitoramento quanto a condutividade elétrica, permite modificar a estrutura química do polímero base, induzindo a uma melhor solubilidade do material final obtido, possibilitando sua aplicação em diferentes áreas de interesse.

Ainda, o desenvolvimento de materiais que agreguem propriedades diferenciadas, como, por exemplo, potencial condutor, associado a características morfológicas e dimensionais dos substratos, ampliam a aplicabilidade dos mesmos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundepe (Fundação para o Desenvolvimento do Ensino, Pesquisa e Extensão) e aos institutos tecnológicos ittChip e ao ittFuse, que estão situados na Unisinos.

## REFERÊNCIAS

K. Crowley, K.; Smyth, M.R.; Killard, A.J.; Morrin, A. **Printing polyaniline for sensor applications**, *Chem. Pap.*, vol. 67, no. 8, pp. 771–780, Dec. 2012

E. S. MARTINS. **Síntese e Caracterização de blendas de polianilina com altex de borracha natural**. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 66f. 2008.

Faez, R.; Reis, C.; Freitas, P. S.; Kosima, O.; Ruggeri, G.; De Paoli, M.A.. **Polímeros Condutores**. *Química Nova na Escola*, n11, p.1-6, Maio, 2000

Galiani, P. D.; Malmonge, J. A.; Santos, D. P.; Malmonge, L. F. **Compósitos de Borracha Natural com Polianilina**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 17, n. 2 p. 93-97, 2007.

Gomes, T.C.; Constantino, C.J.L.; Lopes, E.M.; Job, A.E.; Alves, N. **Thermal inkjet printing of polyaniline on paper**. *Thin Solid Films*, v. 520, n. 24, p. 7200–7204, Oct. 2012.

Han, M.G.; Cho, S.K.; Oh, S.G.; Im, S.S.. **Preparation and characterization of polyaniline nanoparticles synthesized from DBSA micellar solution**. *Synth. Met.*, v126, p. 53–60, Jan, 2002.

Mattoso, L.H. C. **Polianilina: Síntese, Estrutura e Propriedades**. *Química Nova*, 19(4), p. 388-399, 1996.

Medeiros, E.S.; Oliveira, J. E.; Consolin-Filho, N.; Paterno, L. G.; Mattoso, L.H.C. **Uso de Polímeros Condutores em Sensores. Parte 1: Introdução aos Polímeros Condutores**. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 7.2, p.62 – 77, Dez., 2012.

Morrin, A.; Ngamna, O.; O'Malley, E.; Kent, N.; Moulton, S.E.; Wallace, G.G.; Smyth, M.R.; Killard, A.J. **The fabrication and characterization of inkjet-printed polyaniline nanoparticle films**. *Electrochim. Acta*, vol. 53, no. 16, pp. 5092–5099, Jun., 2008

Ngamna, O.; Morrin, A.; Killard, A. J.; Moulton, S. E.; Smyth, M. R.; Wallace, G.G. **Inkjet printable polyaniline nanoformulations**. *Langmuir* v.23, p. 8569-8574, July, 2007.

Palaniappan, S.; John, A.. **Polyaniline materials by emulsion polymerization pathway**. *Progress in Polymer Science*, v.33, p. 732-758, July, 2008.

P. C. RODRIGUES. **Síntese, Caracterização e correlações estrutura/propriedades de redes mistas de Polianilina/Poliuretano com arquitetura molecular pré-desenhada**. Tese de Doutorado- Pós-graduação em Química, setor de ciências exatas- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 117f. 2004.

Xia, L.; Wei, Z.; Wan, M. **Conducting polymer nanostructures and their application in biosensors**. *Journal of Colloid and Interface Science*, v341, p. 1–11, 2010.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Aedes aegypti* 2, 5, 126, 127, 128, 131, 134, 135, 136

Águas 35, 65, 88, 118, 240, 250, 253, 262, 266, 277, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 291, 292, 293, 294, 295

Análise termogravimétrica (TGA) 243

Ansiedade 6, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Antibióticos 7, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 287

Antifitopatogênico 146

Antifúngica 146, 155, 156, 157, 158, 159, 177, 263

Antimicrobiana 2, 6, 146, 149, 150, 154, 155

Atividades experimentais 46, 68, 82, 89, 91

### B

Base nacional curricular comum (BNCC) 43

Biocompatibilidade 211, 212

Bioetanol 7, 228

Biomassa 2, 7, 228, 252, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 262

Biomateriais 211, 217

Biorreativas 160

Biossorção 228, 252, 263

Biossorvente 228, 252, 262

Biota aquática 265

### C

Cálculos estequiométricos 55, 66, 67, 119, 121, 122, 124

Carboidratos 126, 127, 128, 135, 136, 137, 219

Chuva ácida 5, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118

Clerodanos 138

Compartimentos aquáticos 265, 267, 273

Compostos-alvos 265, 273

Conhecimento químico 11, 52, 82

### D

Diterpenos 138

Dopagem 205, 207, 209

## **E**

Educação ambiental 2, 34, 35, 36, 40, 41, 70, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 295

Efeitos deletérios 265

Efluentes industriais 280, 282, 291, 292

Ensino-aprendizagem 2, 2, 8, 12, 27, 42, 43, 46, 49, 69, 89, 91, 94, 95, 98, 100, 113, 120, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Ensino remoto 4, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 117

Epistemológicos 3, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 26, 27, 29, 30, 31

Escola 3, 4, 3, 5, 6, 8, 25, 30, 32, 34, 36, 39, 41, 46, 50, 51, 52, 56, 60, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 82, 84, 87, 90, 91, 98, 106, 107, 108, 111, 114, 118, 119, 121, 122, 190, 204, 210, 211

## **F**

Fármaco 138, 151, 176, 270, 272, 273

Flavonoides 138, 145

Formação docente 10, 14, 26, 30

Foto-fenton 8, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294

Fungo 147, 148, 155, 157, 158

## **G**

Gastroprotetor 138

Gemfibrozil 8, 265, 266, 268, 269, 274, 275, 276, 277

Google meet 4, 89, 91, 101, 111, 112, 114, 119, 120, 122, 191

## **H**

Hidroclorotiazida 8, 265, 270, 277, 278

Hidroxiapatita 2, 7, 211, 212, 215, 216, 217

## **I**

Impactos ambientais 3, 263, 267, 280, 291

*In vitro* 160, 163, 167, 168, 169, 170

Isotermas 239, 241, 242, 244, 245, 252, 255, 256, 259, 260

## **J**

Jogo lúdico 4, 100, 101, 103, 105

## **L**

Labdanos 138

Laboratórios 91, 94, 98, 150, 263, 295

Larvicidas 126, 128, 131, 134, 135

Leite 7, 41, 101, 189, 191, 211, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227

Letramento digital 119

Lignina 228

Lixo 3, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 48, 71, 72, 73, 74, 75, 265, 267

## **M**

Materiais alternativos 2, 80, 82, 87, 88, 89

Matrizes aquosas 2, 8, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 277

Metais pesados 2, 252, 253, 254, 263, 289

Metodologias ativas 42, 43, 48, 50, 189, 190, 191, 192, 193, 194

Microscopia eletrônica de transmissão (MET) 239, 242, 246

Mídias digitais 5, 1, 3, 111, 113

Monômero 196, 198, 206

## **N**

Nanopartículas 2, 7, 204, 205, 206, 239, 240, 241, 250

Naproxeno 8, 265, 269, 271, 277

Neurotransmissores 6, 189, 190, 191, 193, 194

## **P**

Pedagogical Knowledge of Chemistry Content (PCKC) 10

Plásticos 4, 6, 196, 198

Poluentes 113, 240, 250, 253, 280, 281, 282, 284, 285, 292

Práticas inovadoras 42, 43

Processos convencionais de tratamento 265, 266

Processos oxidativos avançados 2, 8, 137, 265, 268, 280, 281, 282, 291, 293, 294, 295

Protagonistas 46, 80, 98

## **R**

Radical hidroxila 280, 288

Radioatividade 4, 45, 100, 101, 102, 103

Reação de Debus-Radziszewski 6, 172, 177, 179, 180, 187

Recalcitrantes 280, 282

Reciclagem 2, 9, 70, 71, 72, 74, 79

Recursos didáticos 52, 99



Recursos midiáticos 111, 114, 116, 117

Remediação 2, 8, 252, 253, 280, 283, 294, 295

Reutilização 3, 38, 40, 41, 70, 71, 74, 77, 283, 295

## **S**

Síntese orgânica 128, 137, 160, 163, 173

## **T**

Tecnologias avançadas de tratamento 265

Titulação 4, 80, 82, 85, 86, 87, 88

Toxicidade 126, 131, 135, 157, 163, 273, 282, 283, 287


## **U**

*Usnea steineri* 6, 146, 147, 149, 150, 152, 153, 158




O papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 [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 papel fundamental da

# QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS

 [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)

