

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)



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**

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

Ana Lúcia Eufrazio 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**

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

Data de aceite: 01/02/2022

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**

Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia

<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>

<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

**RESUMO:** Os fármacos foram desenvolvidos com o intuito de prevenir e/ou reduzir os efeitos de inúmeras patologias que assolam a humanidade há séculos proporcionando o aumento e a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Entretanto, a ausência e/ou escassez de serviços públicos de saúde presentes em países de economia emergente (Brasil, China, Índia entre outros) e/ou a decadência e total colapso social e financeiro (Venezuela, Haiti e outros). Neste contexto, as pessoas recorrem a práticas de automedicação fitoterápica e/ou a medicamentos e que não exigem a apresentação de receituário médico no ato da compra. Entretanto, tal prática vem ocasionando a maior detecção e quantificação em diferentes compartimentos aquáticos, em função da disposição inadequada de medicamentos descartados na forma de lixo comum ou lançados na rede coletora de esgotos residencial. Como consequência, diferentes biotas aquáticas recebem grande quantidade de resíduos de fármacos com propriedades deletérias capazes de afetar os diferentes organismos de toda uma cadeia alimentar. Diante disso, este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão da

literatura em relação a detecção e quantificação em diferentes compartimentos aquáticos dos fármacos Gemfibrozil (GEM), Hidroclorotiazida (HCTZ) e Naproxeno (NAP), bem como a eficiência de remoção destes fármacos frente a novas tecnologias de tratamento que podem ser utilizadas como etapas complementares aos processos convencionais de tratamento. Os resultados demonstram: *i*) a presença destes fármacos em diferentes matrizes aquosas localizadas em diferentes países do mundo; *ii*) a escassez de trabalhos que procuraram avaliar a remoção destes fármacos utilizando tecnologias avançadas de tratamento e; *iii*) a escassez de trabalhos que pretendiam avaliar a remoção destes compostos-alvos em condições próximas as encontradas em diferentes compartimentos aquáticos. Logo, existe a necessidade de se investigar ainda mais a presença destes compostos em matrizes aquosas, bem como os diferentes efeitos deletérios a curto, médio e longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** biota aquática, compartimentos aquáticos, tecnologias avançadas de tratamento, processos convencionais de tratamento

DETECTION, QUANTIFICATION AND DEGRADATION USING DIFFERENT ADVANCED OXIDATIVE PROCESSES FOR THE REMOVAL OF GEMFIBROZIL, HYDRCHLOROTHIAZIDE AND NAPROXEN IN DIFFERENT AQUEOUS MATRICES

**ABSTRACT:** Pharmaceuticals were developed with the aim of preventing and/or reducing the

effects of numerous pathologies that have plagued humanity for centuries, providing an increase and improvement in people's quality of life. However, the absence and/or scarcity of public health services present in emerging economy countries (Brazil, China, India, among others) and/or the decadence and total social and financial collapse (Venezuela, Haiti, and others). In this context, people resort to herbal self-medication practices and/or medicines that do not require the presentation of a medical prescription at the time of purchase. However, this practice has led to greater detection and quantification in different aquatic compartments, due to the inadequate disposal of discarded medicines in the form of common waste or thrown into the residential sewage collection network. As a consequence, different aquatic biotas receive large amounts of drug residues with deleterious properties capable of affecting different organisms in an entire food chain. Therefore, this work aims to present a review of the literature regarding the detection and quantification in different aquatic compartments of the pharmaceuticals Gemfibrozil (GEM), Hydrochlorothiazide (HCTZ) and Naproxen (NAP), as well as the efficiency of removal of these drugs against new treatment technologies that can be used as complementary steps to conventional treatment processes. The results demonstrate: *i*) the presence of these pharmaceuticals in different aqueous matrices located in different countries of the world; *ii*) the scarcity of studies that sought to evaluate the removal of these drugs using advanced treatment technologies and; *iii*) the scarcity of studies that intended to evaluate the removal of these target compounds under conditions similar to those found in different aquatic compartments. Therefore, there is a need to further investigate the presence of these compounds in aqueous matrices, as well as the different deleterious effects in the short, medium and long term.

**KEYWORDS:** aquatic biota, aquatic compartments, advanced treatment technologies, conventional treatment processes

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de grande importância para todos os seres vivos, sendo o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, componente de células e participando de processos biológicos. Embora 75% da superfície terrestre seja composta por água, a fração que corresponde a água doce é de somente 2,5%, dos quais: *(i)* 68,9% se encontram na forma de geleiras; *(ii)* 29,9% águas subterrâneas; *(iii)* 0,9% em solos e pântanos e *(iv)* apenas 0,3% na forma de rios e lagos que se encontram disponíveis para o abastecimento público. Diante disso, existe uma enorme necessidade de se discutir questões relacionadas à manutenção e preservação da qualidade da água, visto que se trata de um recurso mineral imprescindível tanto para a manutenção da existência de grande parte dos seres vivos, quanto a sobrevivência humana e suas atividades, entre as quais: *i*) abastecimento público e industrial; *ii*) irrigação agrícola; *iii*) produção de energia elétrica; *iv*) atividades de lazer e recreação e *v*) preservação da vida aquática (MACHADO et al., 2016; PANIAGUA, 2021; PANIAGUA; SANTOS, 2021).

Em função do uso abundante deste recurso imprescindível para a manutenção da vida, ocorre a geração de efluentes que não podem ser removidos pelos processos



convencionais de tratamento de água e esgoto e que acabam sendo dispostos de maneira inadequada no ambiente, ocasionando diferentes impactos ambientais sobre o meio biótico e abiótico (NEGUI; KRISHNAN; KUMAR, 2018; PANIAGUA, 2021; PANIAGUA; SANTOS, 2021).

Dentre os contaminantes presentes na água, se encontram classe de substâncias que são matérias-primas ou fazem parte da composição na formulação de produtos de higiene pessoal, esteróides, hormônios, detergentes, pesticidas, drogas ilícitas e os fármacos (GARCIA-SEGURA; BRILLAS, 2017; MURGOLO et al., 2017). Os fármacos, apesar dos benefícios que promovem, têm despertado a atenção e interesse da comunidade científica devido ao impacto negativo na saúde humana e animal na forma residual (GABÁRRON et al., 2016; PETRIE; BARDEN; KASPRZYK-HORDERN, 2015). Estes compostos têm sido determinados em diversas matrizes aquosas, evidenciando que não são completamente removidos durante os tratamentos convencionais (MERIBOUT et al., 2016; YANG et al., 2017). Sendo assim, novos processos de tratamento devem ser avaliados visando à degradação desta classe de contaminantes em diferentes matrizes ambientais (PETRIE; BARDEN; KASPRZYK-HORDERN, 2015).

Os fármacos são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas para servir a um fim terapêutico. Em geral, os fármacos são absorvidos pelo organismo (humano ou animal) e metabolizados (GUPTA et al., 2017; RIVERA-UTRILLA et al., 2013). No entanto, uma quantidade significativa dos fármacos originais e seus metabolitos são excretados de forma inalterada (50 a 90% do princípio ativo), permanecendo no efluente (PANIAGUA, 2021; PANIAGUA; SANTOS, 2021). RODRIGUES-NARVAEZ et al., 2017).

Os resíduos farmacêuticos chegam aos compartimentos aquáticos por diferentes vias: *i*) excreção humana e animal; *ii*) descarte doméstico de medicamentos não utilizados ou vencidos no lixo, na pia ou em vaso sanitário; *iii*) mistura de efluentes hospitalares, industriais, lixiviados de aterros sanitários a rede de esgoto residencial; *iv*) introdução de fármacos de uso veterinário nos ambientes aquáticos (PANIAGUA, 2021; PANIAGUA; SANTOS, 2021; STARLING; AMORIM; LEÃO, 2019). Todas estas rotas podem ser resumidas pelo esquema da Figura 1.

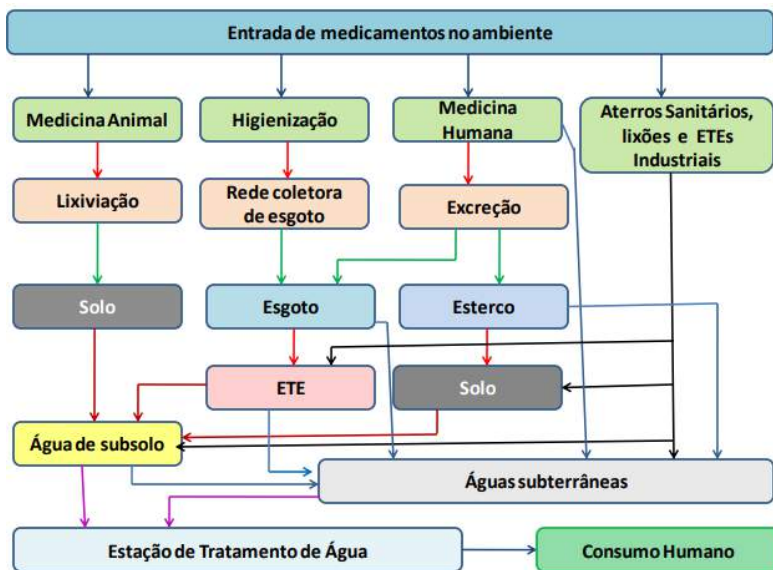


Figura 1 - Possíveis rotas de entrada e distribuição dos fármacos no ambiente.

Fonte: Paniagua (2021a).

Neste sentido, o presente trabalho pretende apresentar a detecção e quantificação dos fármacos GEM, HCTZ e NAP em diferentes matrizes aquosas em diversos países do mundo. Além disso, apresentar e discutir alguns trabalhos da literatura que procuraram aplicar diferentes Processos Oxidativos Avançados (POAs) para a remoção da mistura destes fármacos em diferentes matrizes aquosas.

## 2 | FÁRMACOS INVESTIGADOS

### 2.1 Gemfibrozil

O GEM é considerada um regulador lipídico da classe dos fibratos (GRENNI et al., 2018; OSORIO et al., 2016), atuando de forma a reduzir os níveis de triglicerídeos no sangue e a produção de VLDL (do inglês «very low density lipoprotein», lipoproteínas de baixa densidade) no fígado (partículas carregadoras de triglicerídeos na circulação sanguínea) pelo aceleração da remoção de triglicerídeos no sangue (ARDILA et al., 2013; MA et al., 2016). A maioria dos fibratos (90%) administrados são absorvidos e excretados de forma inalterada. Alguns exemplos de fibratos prescritos na Europa e nos Estados Unidos incluem gemfibrozil, fenofibrato, bezafibrato e ácido clofíbrico (GRENNI et al., 2013; HENRIQUES et al., 2016). Em função de sua grande utilização, o GEM tem sido determinada em diferentes matrizes e em concentrações da ordem de ng a µg/L (GRENNI et al., 2018; VYMAZAL et al., 2017), conforme a Tabela 1.

Concentração (ng L <sup>-1</sup> )	Matriz aquosa/País	Referência
400	Esgoto Bruto/Brasil	STUMPF et al., 1999
48	Água superficial/EUA	KOLPIN et al., 2002
700	Efluente de ETE/França	ANDREOZZI et al., 2003
710	Efluente de ETE/Grécia	ANDREOZZI et al., 2003
2140	Efluente de ETE/Itália	ANDREOZZI et al., 2003
710	Esgoto Bruto/Suécia	BENDZ et al., 2005
71	Efluente de ETE/Canadá	GAGNÉ et al., 2006
<1-5100	Efluente/Espanha	RADJENOVIC et al., 2009
0-135,2	Água de Rio/EUA	PAL et al., 2010
2-29	Água de Rio/EUA	PAL et al., 2010
1,8-9,1	Efluente de ETE/Ásia	PAL et al., 2010
845	Água de Rio/Ásia	PAL et al., 2010
3621	Efluente de ETE/Espanha	ROSAL et al., 2010
333	Água de rio/Espanha	VALCARCEL et al., 2011
6800	Efluente/Espanha	BUENO et al., 2012
11	Efluente/Irlanda	CAHILL et al., 2012
59	Água Residuária/Canadá	DANESHVAR et al., 2012
210	Água de rio/Espanha	GRACIA-LOR et al., 2012
1017-1033	Lagos/EUA	LI et al., 2013
65	Água de rio/Itália	PATROLECO et al., 2013
242	Efluente de ETE/Itália	PATROLECO et al., 2013
420	Água residuária/EUA	KOSTICH et al., 2014
0,7-38,5	Efluente/Portugal	PEREIRA et al., 2015
2,3-57,4	Água de superfície/China	YANG et al., 2017
8-9730	Efluente de ETE/Espanha	AFONSO-OLIVARES, 2017
119	Água de superfície/Ilhinois/EUA	DODGEN et al., 2017

Tabela 1 - Concentrações médias de GEM encontradas em diferentes matrizes Aquosas até o ano de 2018.  
Fonte: Paniagua (2018).

Molinari e colaboradores (2008) estudaram a degradação de uma mistura de gemfibrozil (10 mg/L) e tamoxifeno (8 mg/L) em água desionizada utilizando 1000 mg/L de TiO<sub>2</sub>, obtendo-se 99% de eficiência de degradação nos primeiros 20 min de reação e uma mineralização de 90% para ambos os fármacos, em pH 9,2, após 120 min de irradiação.

Shu e colaboradores (2013) avaliaram a degradação de uma mistura de naproxeno, carbamazepina, diclofenaco, gemfibrozil, ibuprofeno, cafeína, mecoprop pelo processo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV-C em água destilada. Em pH 7,0 a uma concentração entre 25 a 50 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, houve 90% de eficiência de degradação dos fármacos a uma concentração inicial que variou de 10 a 40 mg/L.

Álvarez-Corena e colaboradores (2016) estudaram a degradação de cinco contaminantes em água desionizada, entre os quais a gemfibrozil, a uma concentração inicial de 2 mg/L pelo processo TiO<sub>2</sub>/UV-A. Em pH 5,0 a uma concentração de 1,5 g/L de TiO<sub>2</sub>, ocorreu a degradação de 95% de GEM após 5 min de reação.

Murgolo e colaboradores (2017) avaliaram a degradação de uma mistura de cinco fármacos em água desionizada, incluindo o GEM, partindo-se de uma concentração inicial de 200 a 400 µg/L pelo processo TiO<sub>2</sub>/UV-A. A utilização de 200 mg/L de TiO<sub>2</sub> proporcionou uma eficiência de degradação de 90%.

## 2.2 Hidroclorotiazida

A HCTZ é um diurético da classe das benzotiazidas, sintetizada na década de 1950 (MAHAJAN; THAKERA; MOHANRAJ, 2012; SILVA; LOURENCAO; FATIBELLO-FILHO, 2015). Constitui-se em um pó cristalino branco, inodoro, muito pouco solúvel em água, apresentando ponto de fusão entre 266 a 270 °C (ALGHAMDI, 2014). Este fármaco é utilizado em casos de insuficiência cardíaca leve, edema resistente grave e na prevenção de cálculos renais (MAHAJAN; THAKERA; MOHANRAJ, 2012; REAL et al., 2010), bem como no tratamento de edema sintomático, insuficiência cardíaca congestiva, diabetes insípido e diferentes formas de disfunção hepática e renal, como acidose renal tubular, prevenção de pedras nos rins, dentre outros (DE OLIVEIRA; YOSHIDA; DA SILVA, 2014).

Este medicamento atua na inibição da capacidade dos rins de reter água, porém é um diurético poupador de cálcio, ajudando na eliminação do excesso de água (ALGHAMDI, 2014). Através dessa inibição, há uma redução do volume de água no sangue, diminuindo o fluxo do mesmo para o coração. Isso favorece a diminuição da pressão sanguínea, e por outros mecanismos, acredita-se na diminuição da resistência periférica vascular do coração (ALGHAMDI, 2014). Devido ao grande uso, a HCTZ tem sido detectada em diferentes matrizes aquosas e locais em concentrações da ordem de ng a  $\mu\text{g/L}$ , conforme Tabela 2.

Concentração média (ng/L)	Ambiente	Referência
598	Água de rio/Itália	CASTIGLIONI et al., 2005
1370-1530	Efluente/Alemanha	SCHRODER et al., 2010
8732	Efluente de ETE/Espanha	BUENO et al., 2012
6805	Água de rio/Espanha	BUENO et al., 2012
12	Efluente de ETE/Irlanda	CAHILL et al., 2012
130	Efluente de ETE/EUA	YU et al., 2012
1300	Efluente/Itália	PATROLECO et al., 2013
38	Efluente de ETE/Malásia	AL-QAIM et al., 2014
46	Efluente de Hospital/Malásia	AL-QAIM et al., 2014
82	Afluente de Hospital/Malásia	AL-QAIM et al., 2014
111	Efluente/Malásia	AL-QAIM et al., 2014

Tabela 2 -Concentrações médias de HCTZ encontradas em diferentes matrizes aquosas.

Fonte: Paniagua, 2018.

Sousa e colaboradores (2012) estudaram a degradação de uma mistura constituída por vinte e dois fármacos em efluente de água residuária por fotocatalise heterogênea utilizando 200 mg/L do fotocatalisador em radiação solar. Para a HCTZ (3,0  $\mu\text{g/L}$ ), houve a completa degradação e 42% de mineralização em pH 7,0 (natural da matriz).

Martinez e colaboradores (2013) avaliaram a degradação de uma mistura constituída por seis fármacos, entre eles a HCTZ, a uma concentração inicial de 10 mg/L em água desionizada, pelo processo  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$ . Alcançou-se uma eficiência de 90% de degradação

dos fármacos e uma mineralização de 46% após 100 min de reação em pH 7,0.

Rodrigues-Silva e colaboradores (2013) estudaram a degradação de uma mistura constituída de quatro fármacos, entre eles a HCTZ, pela integração dos processos de ozonólise e fotocatalise heterogênea com  $\text{TiO}_2$  sob radiação solar. Houve a completa remoção dos fármacos e 60% de mineralização em 30min de reação para uma concentração de  $\text{O}_3$  de 10 mg/L.

Márquez e colaboradores (2014) avaliaram a degradação de quatro fármacos, entre eles a HCTZ, pela integração dos processos de ozonólise e fotocatalise heterogênea com  $\text{TiO}_2$  sob radiação solar em água desionizada a partir de uma solução estoque de 10 mg/L. Os resultados mostraram que foram necessários 20 mg de  $\text{O}_3$  e 250 mg/L de  $\text{TiO}_2$ , resultando em 99% de degradação e 70% de mineralização da amostra após 2 h de reação.

Gimeno e colaboradores (2016) estudaram a remoção de uma mistura de nove fármacos (200  $\mu\text{g/L}$ ), entre eles a HCTZ, em efluente de ETE com uma concentração de 1000 a 2000 mg/L de matéria orgânica utilizando o processo de fotocatalise com radiação solar. Os resultados obtidos demonstraram uma remoção 60, 80, 86, 96, 86 e 100% após 5 h de reação utilizando os processos  $\text{TiO}_2/\text{O}_2$ ,  $\text{TiO}_2/\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{O}_3$ ,  $\text{Fe(III)}/\text{O}_2$  e  $\text{Fe(III)}/\text{O}_3$ , respectivamente.

Paiva e colaboradores (2018) estudaram a degradação simultânea de NAP, HCTZ e GEM em água desionizada utilizando o processo foto-Fenton com o complexo ferrioxalato, 1,0 mg/L de íon  $\text{Fe}^{2+}$  e 2,0 mg/L de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . O resultados obtidos demonstraram uma degradação total para NAP (3,9  $\mu\text{mol/L}$ ), HCTZ (4,0  $\mu\text{mol/L}$ ) e GEM (2,0  $\mu\text{mol/L}$ ) após 30 min de irradiação.

### 2.3 Naproxeno

O NAP é classificado como um anti-inflamatório não-esteróide pertencente à classe do ácido propiônico (DULOVA; KATELL; TRAPIDO, 2017; JALLOULI et al., 2016), constituindo-se em um sólido cristalino, branco, inodoro e pouco solúvel em água. Sua massa molar é de 230  $\text{g mol}^{-1}$  e seu ponto de fusão é próximo do intervalo de 152-154 °C (ARANY et al., 2013; KAUR; UMAR; KANSAL, 2016). O NAP atua na inibição da síntese das prostaglandinas pelas enzimas ciclo-oxigenase que são responsáveis pela sinalização de infecção entre as células do tecido humano (DULOVA; KATELL; TRAPIDO, 2017; KANAKARAJU et al., 2016), possuindo ainda propriedade anti-inflamatória, ação analgésica e antitérmica. Sendo amplamente utilizado como anti-inflamatório no tratamento de bursite, tendinite, gota, cólicas menstruais, artrites, artralguas, mialgias e contusões, e, como analgésico em dores pós-operatória, pós-parto e ortopédica (LUO et al., 2018; WOJCIESZYNSKA et al., 2014). Em função de seu amplo consumo mundial, o NAP, apresenta grande interesse dos pesquisadores por suas propriedades físico-químicas e toxicológicas (DURÁN-ALVAREZ et al., 2015; LUO et al., 2018). Trabalhos de monitoramento mostram que o NAP tem sido detectado em diferentes matrizes aquosas e locais em concentrações

da ordem de ng a µg/L (ASADI et al., 2015; NADAIS et al., 2018), conforme Tabela 3.

Concentração (ng/L)	Ambiente	Referência
70	Água superficial/Alemanha	TERNES, 1998
600	Esgoto Bruto/Brasil	STUMPF et al., 1999
50	Água de rio/Brasil	STUMPF et al., 1999
1100	Efluente de ETE/França	ANDREOZZI et al., 2003
2000	Efluente de ETE/Itália	ANDREOZZI et al., 2003
37-39	Água de rio/EUA	BOYD et al., 2003
250	Efluente de ETE/Suécia	BENDZ et al., 2005
3700	Esgoto Bruto/Suécia	BENDZ et al., 2005
4900	Esgoto bruto/Finlândia	LINDQVIST et al., 2005
5468	Água residuária/Espanha	CONDKLE et al., 2008
130-670	Efluente/Espanha	RADJENOVIC et al., 2009
5468	Água residuária/Espanha	SANTOS et al., 2009
290	ETE/Suécia	ZORITA et al., 2009
500	ETE/Grécia	KOSMA et al., 2010
31 - 7960	Efluente/Portugal	SANTOS et al., 2010
1368-1533	Efluente de ETE/Alemanha	SCHRODER et al., 2010
111	ETE/Coréia	BEHERA et al., 2011
4200-7200	Água residuária/Espanha	JELIC et al., 2011
250	ETE/Coréia	SIM et al., 2011
1299	Água de rio/Espanha	VALCÁRCEL et al., 2011
0,5	Água potável/França	VULLIET et al., 2011
250	Água superficial/Portugal	GONZALEZ – REY, 2012
278	Rio/Espanha	CAHILL et al., 2012
130	ETE/Espanha	GRACIA-LOR et al., 2012
180	ETE/Itália	VERLICCHI et al., 2012
28	Efluente/Irlanda	YU; WU, 2012
330	Água superficial/Chile	ASCAR et al., 2013
10418	Água Residuária/Louisiana/EUA	LIU et al., 2013
26,7	ETE/Países da Europa	LOOS et al., 2013
1650	Efluente/Índia	SINGH et al., 2014
7189	Efluente/Espanha	CARMONA et al., 2014
430	Efluente hospitalar/Iran	ESLAMI et al., 2015
1424	Rio/República Tcheca	MARSIK et al., 2017

Tabela 3 - Concentrações médias de NAP encontradas em diferentes matrizes aquosas.

Fonte: Paniagua, 2018.

Sousa e colaboradores (2012) estudaram a degradação de uma mistura constituída por vinte e dois fármacos, entre eles o NAP, em água desionizada utilizando o processo  $TiO_2/UV-A$ , ocorrendo a completa degradação de dezenove fármacos avaliados, dentre eles, o NAP e uma mineralização de 42% em pH 7,0.

Jácome-Acatitla e colaboradores (2014) avaliaram a degradação de uma mistura de dois fármacos em água destilada, usando o processo de fotocatalise com Al-Mg calcinado pelo método de co-precipitação. Para o NAP, obteve-se 80% de degradação após 5 h de reação, partindo-se de uma concentração inicial de 50 mg/L do fármaco, utilizando-se 100 mg do catalisador.

Kanakaraju e colaboradores (2015) investigaram a degradação de NAP por meio da fotocatalise com  $TiO_2$  em diferentes matrizes aquosas a uma concentração inicial de

30 mg/L, sendo obtido a total degradação do composto-alvo após 9 min de irradiação em água desionizada. Na presença de ânions cloreto (20 mg/L), a degradação atingiu 96% de eficiência enquanto quena presença simultânea dos ânions cloreto e fosfato (20 mg/L), a eficiência atingida foi de 83% para o mesmo intervalo de tempo.

Jallouli e colaboradores (2016) estudaram a degradação de NAP (1,91 mmol/L) em água desionizada, empregando a fotocatalise com  $\text{TiO}_2$  sob radiação UV e solar, obtendo 83 e 95% de eficiência, respectivamente, em pH 6,5 e após 180 min de irradiação.

Dulova e colaboradores (2017) avaliaram a degradação de NAP pelo processo foto-Fenton, em água desionizada, obtendo-se 99% de degradação após 45 min de reação, partindo-se de uma solução de NAP a  $75 \mu\text{mol/L}$  em pH 3,0.

Nadais e colaboradores (2018) avaliaram a degradação de quatro anti-inflamatórios, entre eles o NAP, pelo processo de bio-eletron-fenton em água desionizada, obtendo-se 81% de degradação após 5 h de reação, partindo-se de uma concentração de  $40 \mu\text{g L}^{-1}$  em pH 2,0 e uma concentração de  $\text{Fe}^{2+}$  de  $7,5 \text{ mmol/L}$ .

### 3 | CONCLUSÕES

Pelos dados apresentados, conclui-se que os fármacos GEM, HCTZ e NAP estão sendo detectados e quantificados em concentrações cada vez mais elevadas em diferentes matrizes aquosas e em diversos países do mundo. O levantamento da literatura demonstrou a escassez de trabalhos realizados que envolvesse a mistura destes três fármacos em matrizes reais e em condições (concentração do fármaco, pH entre outros) mais próximas as detectadas em diferentes compartimentos aquáticos no ambiente. Diante disso, se faz necessário a continuidade de estudos que procurem investigar a influência da composição da matriz na eficiência de degradação da mistura dos compostos-alvos, bem como testes de toxicidade aguda e crônica a curto, médio e longo prazo em organismos de diferentes biotas aquáticas e ecossistemas e nos mais diversos níveis tróficos da cadeia alimentar.

### REFERÊNCIAS

AFONSO-OLIVARES, C. et al. Estimation of kinetic parameters and UV doses necessary to remove twenty-three pharmaceuticals from pre-treated urban wastewater by UV/ $\text{H}_2\text{O}_2$ . **Journal of photochemistry and photobiology A: chemistry**, v. 329, p.130-138, 2016.

ALGHAMDI, A. F. Electrochemical oxidation behavior of hydrochlorothiazide on a glassy carbon electrode and its voltammetric determination in pharmaceutical formulations and biological fluids. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 22, n. 3, p. 363-369, 2014.

AL-QAIM, F. F. et al. Multi-residue analytical methodology-based liquid chromatography –time-of-flight-mass spectrometry for the analysis of pharmaceutical residues in surface water and effluents from sewage treatment plants and hospitals. **Journal of Chromatography A**, v. 1345, p. 139-153, 2014.

ALVAREZ-CORENA, J. R.; BERGENDAHL, J. A.; HART, F. L. Advanced oxidation of five contaminants in water by  $\text{TiO}_2/\text{UV}$ : Reaction kinetics and by products identification. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 544-551, 2016.

ANDREOZZI, R. et al. Pharmaceuticals in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. **Chemosphere**, v. 50, n. 10, p. 1319-1330, 2003.

ARANY, E. et al. Degradation of naproxen by UV, VUV photolysis and their combination. **Journal of Hazardous Materials**, v.262, p. 151-157, 2013.

ARDILA, J. A. et al. Determination of Gemfibrozil in pharmaceutical and urine samples by square wave adsorptive stripping voltammetry using a glassy carbon electrode modified with multi-walled carbon nanotubes within a dihexadecyl hydrogen phosphate film. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 690, p. 32-37, 2013.

ASCAR, L. et al. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug Determination in Water Samples by HPLC-DAD under Isocratic Conditions. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.24, n. 7, p. 1160-1166, 2013.

BEHERA, S.K. et al. Occurrence and removal of antibiotics, hormones and several other pharmaceuticals in wastewater treatment plants of the largest industrial city of Korea. **Science Total Environmental**, v. 409, p. 4351-4360, 2011.

BENDZ, D. et al. Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Høje River in Sweden. **Journal of Hazardous Materials**, v. 122, n. 3, p. 195-204, 2005.

BOYD, G. R. et al. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in surface and treated waters of Louisiana, USA and Ontario, Canada. **The Science of the Total Environment**, v. 311, p. 135-149, 2003.

BUENO, M. J. M. et al. Occurrence and persistence of organic emerging contaminant an priority pollutants in five sewage treatment plants of Spain: Two years pilot survey monitoring. **Environmental Pollution**, v. 164, p. 267-273, 2012.

CAHILL, M. G. et al. A critical evaluation of liquid chromatography with hybrid linear ion trap-Orbitrap mass spectrometry for the determination of acidic contaminants in wastewater effluents. **Journal of Chromatography A**, v. 1270, p. 88-95, 2012.

CARMONA, E.; ANDREU, V.; PICO, Y. Occurrence of acidic pharmaceuticals and personal care products in Tuna River Basin: From waste to drinking water. **Science of the Total Environment**, v. 484, p. 53-63, 2014.

CASTIGLIONI, S. et al. A multiresidue analytical method using solid-phase extraction and high-pressure liquid chromatography tandem mass spectrometry to measure pharmaceuticals of different therapeutic classes in urban wastewaters. **Journal Chromatography A**, v. 1092, p. 206-215, 2005.

CONDKLE, J. L.; WHITE, J. R.; METCALFE, C. D. Reduction of pharmaceutically active compounds by a lagoon wetland wastewater treatment system in Southeast Louisiana. **Chemosphere**, v. 73, p. 1741-1748, 2008.



DANESHVAR, A. et al. Evaluating pharmaceuticals and caffeine as indicators of fecal contamination in drinking water sources of the Greater Montreal region. **Chemosphere**, v. 88, p.131-139, 2012.

DE OLIVEIRA, M. A.; YOSHIDA, M. I.; DA SILVA, D. C. G. M. Quality Evaluation of Pharmaceutical Formulations Containing Hydrochlorothiazide. **Molecules**, v. 19, n. 10, p. 16824-16836, 2014.

DODGEN, L. K. et al. Characterizing pharmaceutical, personal care product, and hormone contamination in a karst aquifer of southwestern Illinois, USA, using water quality and stream flow parameters. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 281-289, 2017.

DULOVA, N.; KATTEL, E.; TRAPIDO, M. Degradation of naproxen by ferrous ion-activated hydrogen peroxide, persulfate and combined hydrogen peroxide/persulfate process: The effect of citric acid addition. **Chemical Engineering Journal**, v. 318, p.254-263, 2017.

GABARRÓN, S. et al. Evaluation of emerging contaminants in a drinking water treatment plant using electro dialysis reversal technology. **Journal of Hazardous Materials**, v. 309, p. 192-201, 2016.

GAGNÉ, F. et al. Occurrence of pharmaceutical products in a municipal effluent and toxicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, n. 3, p. 329-336, 2006.

GARCIA-SEGURA, S.; BRILLAS, E. Applied photoelectrocatalysis on the degradation of organic pollutants in wastewaters. **Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews**, v. 31, p. 1-35, 2017.

GIMENO, O. et al. Removal of emerging contaminants from a primary effluent of wastewater by means of sequential biological degradation-solar photocatalytic oxidation processes. **Chemical Engineering Journal**, v. 290, p.12-20, 2016.

GONZALEZ-REY, M. BEBIANNO, M. J. Does non-steroidal anti-inflammatory (NSAID) ibuprofen induce antioxidant stress and endocrine disruption in mussel *Mytilus galloprovincialis*? **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 33, p. 361–371, 2012.

GRACIA-LOR, E. et al. Occurrence and removal of pharmaceuticals in wastewater treatment plants at the Spanish Mediterranean area of Valencia. **Chemosphere**, v. 87, p. 453–462, 2012.

GRENNI, P. et al. Degradation of Gemfibrozil and naproxen in a river water ecosystem. **Microchemical Journal**, v. 107, p. 158-164, 2013.

GRENNI, P. et al. Assessment of Gemfibrozil persistence in river water alone and in co-presence of naproxen. **Microchemical Journal**, v. 136, p. 49-55, 2018.

GUPTA, V. K. et al. Synthesis of CdSe quantum dots decorated SnO<sub>2</sub> nanotubes as anode for photo-assisted electrochemical degradation of hydrochlorothiazide: kinetics process. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.508, p. 575-582, 2017.

HENRIQUES, J. F. et al. Effects of the lipid regulator drug Gemfibrozil: A toxicological and behavioral perspective. **Aquatic Toxicology**, v. 170, p. 355-364, 2016.

- JÁCOME-ACATITLA, G. et al. Photodegradation of sodium naproxen and oxytetracycline hydrochloride in aqueous médium using as photocatalysis Mg-A calcined hydrotalcites. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 277, p. 82-89, 2014.
- JALLOULI, N. et al. UV and solar photo-degradation of naproxen: TiO<sub>2</sub> catalyst effect, reaction kinetics, products identification and toxicity assessment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 304, p. 329-336, 2016.
- JELIC, A. et al. Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment. **Water Research**, v. 45, n.3, p. 1165-1176, 2011.
- KANAKARAJU, D. et al. TiO<sub>2</sub> photocatalysis of naproxen: effect of the water matrix, anions and diclofenac on degradation rates. **Chemosphere**, v. 139, p. 579-588, 2015.
- KANAKARAJU, D. et al. Solar photolysis versus TiO<sub>2</sub>-mediated solar photocatalysis: a kinetic study of the degradation of naproxen and diclofenac in various water matrices. **Environmental Science Pollution Research**, v. 23, p. 17437-17448, 2016.
- KAUR, A.; UMAR, A.; KANSAL, S. K. Heterogeneous photocatalytic studies of analgesic and non-steroidal anti-inflammatory drugs. **Applied Catalysis A: General**, v. 510, p.134-155, 2016.
- KOLPIN, D. W. et al. Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: a national reconnaissance. **Environmental Science & Technology**, v. 36, n. 6, p. 1202-1211, 2002.
- KOSMA, C.I.; LAMBROPOULOU, D.A.; ALBANIS, T.A. Occurrence and removal of PPCPs in municipal and hospital wastewaters in Greece. **Journal of Hazardous Materials**, v. 179, p. 804–817, 2010.
- KOSTICH, M. S. et al. Concentrations of prioritized pharmaceuticals in effluents from 50 large wastewater treatment plants in the US and implications for risk estimation. **Environmental Pollution**, v. 184, p. 354-359, 2014.
- LI, X.; ZHENG, W.; KELLY, W. R. Occurrence and removal of pharmaceutical and hormone contaminants in rural wastewater treatment lagoons. **Science Total Environmental**, v. 445-446, p. 22-28, 2013.
- LINDQVIST, N. et al. Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving Waters. **Water Research**, v. 39, n. 11, p. 2219-2228, 2005.
- LIU, S. et al. The degradation of tetracycline in a photo-electro-fenton system. **Chemical Engineering Journal**, v. 231, p. 441-448, 2013.
- LOOS, R. et al. EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. **Water Research**, v. 47, p. 6475-6487, 2013.
- MA, J. et al. Photodegradation of gemfibrozil in aqueous solution under UV irradiation: kinetics, mechanism, toxicity and. Degradation pathways. **Environmental Science Pollution Research**, v.23, p. 14294-14306, 2016.

MARSIK, P. et al. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in the watercourses of Elbe basin in Czech Republic. **Chemosphere**, v. 171, p. 97-105, 2017.

MARTINEZ, C. et al. Mechanism of degradation of Ketoprofen by heterogeneous photocatalysis in aqueous solution. **Applied Catalysis B: Environmental**, v.142-143, p. 633-646, 2013.

MERIBOUT, R. et al. Photocatalytic degradation of antiepileptic drug carbamazepine with bismuth oxychlorides (BiOCl/AgCl composite) in water: Efficiency evaluation and elucidation degradation pathways. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 328, p. 105-113, 2016.

MOLINARI, R. et al. Degradation of the drugs gemfibrozil and Tamoxifen in pressurized and de pressurized membrane photoreactors using suspended polycrystalline TiO<sub>2</sub> as catalyst. **Journal of Membrane Science**, v.319, p. 54-63, 2008.

MURGOLO, S. et al. A new supported TiO<sub>2</sub> film deposited on stainless steel for the photocatalytic degradation of contaminants of emerging concern. **Chemical Engineering Journal**, v. 318, p. 103-111, 2017.

NADAIS, H. et al. Bio-electro-Fenton process for the degradation of Non Steroidal Anti-inflammatory Drugs in wastewater. **Chemical Engineering Journal**, v. 338, p. 401-410, 2018.

NEGUI, N.; KRISHNAN, N. R.; KUMAR, M. Analysis of metronidazole removal and micro-toxicity in photolytic systems: Effects of persulfate dosage, anions and reactor operation mode. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, p. 754-761, 2018.

OSORIO, V. et al. Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in liberian. **Science Total Environmental**, v. 540, p.267-277, 2016.

PAIVA, V. A. B. et al. Simultaneous degradation of pharmaceuticals by classic and modified photo-Fenton process. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.6, p. 1086-1092, 2018.

PAL, A. et al. Impacts of emerging organic contaminants on freshwater resources: review of recent occurrences, sources, fate and effects. **Science Total Environmental**, v. 408, p. 6062-6069, 2010.

PANIAGUA, C. E. S. **Degradação simultânea dos fármacos gemfibrozila, hidroclorotiazida e naproxeno pelos processos TiO<sub>2</sub>/UV-A, TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV-A e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV-C em diferentes matrizes aquosas**. 2018. 159 f. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

PANIAGUA, C. E. S. Detecção e quantificação de resíduos de fármacos e pesticidas em águas superficiais no Brasil: Toxicologia aos organismos expostos. *In*: SANT'ANA, D. (org.). **Água e o ambiente construído**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021, p. 79-89.

PANIAGUA, C. E. S.; SANTOS, V. O. Contaminantes de Interesse Emergente presentes em diferentes matrizes aquosas: O que você não vê, mas afeta e compromete a qualidade dos diferentes ecossistemas e a saúde de todos os organismos vivos. *In*: PANIAGUA, C. E. S. (org.). **Coleção desafios das engenharias: engenharia química 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2021, p.74-86.

- PATROLECO, L. et al. Simultaneous determination of human pharmaceuticals in water samples by solid phase extraction and HPLC with UV-fluorescence detection. **Microchemical Journal**, v. 107, p. 165-171, 2013.
- PEREIRA, A. M. P. T.; et al. Environmental impact of pharmaceuticals from Portuguese wastewaters: geographical and seasonal occurrence, removal and risk assessment. **Environmental Research**, v. 136, p. 108-119, 2015.
- PETRIE, B.; BARDEN, R.; KASPRZYK-HORDERN, B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. **Water Research**, v. 72, p. 3-27, 2015.
- RADJENOVIC, J.; PETROVIC, M.; BARCELO, D. Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment. **Water Research**, v. 43, p. 831-841, 2009.
- REAL, F. J. et al. Oxidation, of hydrochlorothiazide by UV radiation, hydroxyl radicals and ozone: kinetics and elimination from water systems. **Chemical Engineering Journal**, v. 160, p. 72-78, 2010.
- RIVERA-UTRILLA, J. et al. Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A review. **Chemosphere**, v. 93, n. 7, p. 1268-1287, 2013.
- RODRIGUES-NARVAEZ, O. M. et al. Treatment Technologies for emerging contaminants in water: A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 323, p. 361-380, 2017.
- RODRIGUES-SILVA, C. et al. Degradation of flumequine by photocatalysis and evaluation of antimicrobial activity. **Chemical Engineering Journal**, v.224, p. 46-52, 2013.
- ROSAL, R. et al. Occurrence of emerging pollutants in urban wastewater and their removal through biological treatment followed by ozonation. **Water Research**, v. 44, p. 578-588, 2010.
- SANTOS, J. L. et al. Occurrence of pharmaceutically active compounds during 1-year period in wastewaters from four treatment plants in Seville (Spain). **Journal Hazard Materials**, v. 164, p. 1509-1516, 2009.
- SANTOS L. H. M. L. M. et al. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. **Journal Hazard Materials**, v. 175, p. 45-95, 2010.
- SCHRODER, H. F.; GEBHARDT, W.; THEVIS, M. Anabolic, doping, and lifestyle drugs, and selected metabolites in wastewater-detection, quantification, and behaviour monitored by high-resolution MS and MS (n) before and after sewage treatment. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 398, n.3, p. 1207-1229, 2010.
- SHU, Z. et al. Photodegradation of emerging micropollutants using the médium-pressure UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Advanced Oxidation Process. **Water Research**, v. 47, p. 2881-2889, 2013.
- SILVA, L. P.; LOURENCAO, B. C.; FATIBELLO-FILHO, O. Determinação voltamétrica simultânea de besilato de anlodipeno e hidroclorotiazida em amostras de urina sintética utilizando um eletrodo de diamante dopado com boro. **Química Nova**, v. n., p. 1-6, 2015.

- SIM, W-J. et al. Occurrence and distribution of pharmaceuticals in wastewater from households, livestock farms, hospitals and pharmaceutical manufactures. **Chemosphere**, v. 82, p. 179–86, 2011.
- SINGH, K. P. et al. Occurrence of pharmaceuticals in urban wastewater of north Indian cities and risk assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 10, p. 6663-6682, 2014.
- SOUSA, M. A. et al. Suspended TiO<sub>2</sub>-assisted photocatalytic degradation of emerging contaminants in a municipal WWTP effluente using a solar pilot plant with CPCs. **Chemical Engineering Journal**, v. 198-199, p. 301-309, 2012.
- STARLING, M. C. V. M.; AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D. Occurrence, control and fate of contaminants of emerging concern in environmental compartments in Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 372, p. 17-36, 2019.
- STUMPF, M. et al. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 225, p. 135 - 141, 1999.
- TERNES, T. A. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. **Water Research**, v.32, p.3245-3260, 1998.
- VALCÁRCEL, Y. et al. Analysis of the presence of cardiovascular and analgesic/antiinflammatory/ antipyretic pharmaceuticals in river- and drinking-water of the Madrid Region in Spain. **Chemosphere**, v. 82, n. 7, p. 1062-1071, 2011.
- VERLICCHI, P. et al. Hospital effluent: Investigation of the concentrations and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 430, p. 109–118, 2012.
- VULLIET, E.; CREN-OLIVE, C.; GRENIER-LOUSTALOT, M.F. Occurrence of pharmaceuticals and hormones in drinking water treated from surface waters. **Environmental Chemistry Letters**, v. 9, p.103-114, 2011.
- VYMAZAL, J. et al. Occurrence and removal of pharmaceuticals in four full-scale constructed wetlands in the Czech Republic – the first year of monitoring. **Ecological Engineering**, v. 98, p. 354-364, 2017.
- YANG, L. et al. Occurrence, distribution and attenuation of pharmaceuticals and personal care products in the Riverside groundwater of the Beiyun River of Beijing, China. **Environmental Science Pollutant Research**, v. 24, p.15838-15851, 2017.
- YU, Y.; WU, L. S. Analysis of endocrine disrupting compounds, pharmaceuticals and personal care products in sewage sludge by gas chromatography-mass spectrometry. **Talanta**, v. 89, p. 258-263, 2012.
- ZORITA, S.; MÅRTENSSON, L.; MATHIASSEN, L. Occurrence and removal of pharmaceuticals in a municipal sewage treatment system in the south of Sweden. **Science of the Total Environment**, p. 2760 – 2770, 2009.

## 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)

