

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

Daniel Sant'Ana  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

Daniel Sant'Ana  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Daniel Sant'Ana

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

A282 Água e o ambiente construído / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-771-0

DOI 10.22533/at.ed.710212701

1. Água. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.  
CDD 577.6

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “*Água e o Ambiente Construído*” tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas de pesquisa pela publicação de estudos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais da água e do ambiente construído.

A pressão sobre os recursos hídricos no Brasil, é um produto do crescimento populacional, expresso em altos índices de expansão urbana, desmatamento e poluição de água, associado às alterações no clima, afetando tanto a quantidade como a qualidade de águas superficiais e subterrâneas. Diante desta realidade, torna-se necessário promover uma gestão pautada na sustentabilidade, incentivando medidas capazes de preservar nossos mananciais.

O primeiro capítulo destaca a importância do uso de modelos de previsão de demanda urbana de água como ferramenta de planejamento de recursos hídricos, seja pelo dimensionamento de sistemas de água e esgoto ou para a simulação dos efeitos de políticas públicas e programas voltados para conservação de água.

Uma das principais ações para promover a conservação de água em edificações está na otimização das instalações hidráulicas prediais, como exemplo, pelo controle das pressões nas redes de água fria para reduzir as vazões de uso e minimizar perdas por vazamentos (Capítulo 2). Porém, para avaliar o desempenho de diferentes estratégias voltadas à conservação de água em edificações, é fundamental realizar um diagnóstico instalações prediais e usos-finais de água (Capítulo 3).

Os comitês de bacia hidrográficas possuem um papel fundamental na gestão quantitativa e qualitativa das águas. Contudo, o Capítulo 4 apresenta algumas barreiras a serem vencidas dentro do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas em Pernambuco. Já o Capítulo 5 discorre sobre o uso do termo ‘microbacias’ e defende a importância da gestão da água dentro desta escala reduzida.

Realmente, faz sentido avaliar os impactos ambientais gerados pela cidade dentro da escala da microbacia urbana. Observamos, nos capítulos subsequentes, o acompanhamento e monitoramento quantitativo e qualitativo de águas subterrâneas (Capítulo 6), avaliação de canais naturais (Capítulo 7) e até mesmo a detecção e quantificação de fármacos e pesticidas em águas superficiais (Capítulo 8).

Os capítulos finais reforçam a importância de conscientizar e educar a população com o objetivo de preservar mananciais, seja por meio de um programa que contou com a participação da sociedade para identificar nascentes que precisavam ser recuperadas (Capítulo 9) ou pela educação ambiental em escola pública para a conservação de nascentes (Capítulo 10).

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à demanda urbana de água, usos-finais de água, instalações prediais, instrumentos de gestão de água, análise de qualidade de água e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

**Daniel Sant'Ana**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UMA REVISÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE	
Livia Santana Daniel Sant'Ana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
PADRÕES OPERACIONAIS DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA DO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
Matheus Marques Martins Arthur Tavares Schleicher	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE DOS USOS-FINAIS DE ÁGUA DE UMA QUITINETE EM BRASÍLIA	
Bruno Cabral Dos Santos Bomfim Daniel Sant'Ana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO, CENÁRIO ATUAL E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROCOMITÊS NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Alex Lima Rola Magno Souza da Silva Wenil Alves do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
MICROBACIA: IMPORTÂNCIA DAS PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Joel Cândido dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
ACOMPANHAMENTO DO MONITORAMENTO QUALIQUANTITATIVO DE POÇOS ARTESIANOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DE MORADA NOVA, CEARÁ, EM DIFERENTES ESTAÇÕES E ANOS	
Emanuela Bento de Lima Dálete de Menezes Borges Glêidson Bezerra de Góes José Willamy Ribeiro Marques Rildson Melo Fontenele	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127016</b>	

<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>67</b>
<b>ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE DADOS BATIMÉTRICOS COLETADOS COM ADCP PARA A OBTENÇÃO DE PERFIS TRANSVERSAIS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS EM CANAIS NATURAIS</b>	
Wênil Alves do Nascimento	
George Rorigues de Sousa Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127017</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>79</b>
<b>DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE FÁRMACOS E PESTICIDAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO BRASIL: TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS</b>	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127018</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>90</b>
<b>O PROGRAMA OLHO D'ÁGUA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA EM PRESIDENTE KENNEDY-ES</b>	
Carla Corrêa Pacheco Gomes	
Geane Pacheco da Silva Florindo	
Katia Corrêa Pacheco	
Róger Costa Fonseca	
Desirée Gonçalves Raggi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127019</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>103</b>
<b>EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO DE NASCENTES: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA</b>	
Victor Hugo de Oliveira Henrique	
Romário Custódio Jales	
Vanusa Mariano Santiago Schiavinato	
Leiliane Erminia da Silva Stefanello	
Larissa Gabriela Araujo Goebel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71021270110</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>114</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>115</b>

## DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE FÁRMACOS E PESTICIDAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO BRASIL: TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS

*Data de aceite: 01/02/2021*

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química

Uberlândia – Minas Gerais

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

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

**RESUMO:** A presença de contaminantes de interesse emergente (CIE) vem sendo cada vez mais frequente sua detecção e quantificação em diferentes matrizes aquosas, como as águas de superfície, a qual possui uma grande diversidade de substâncias consideradas CIE, em especial os fármacos e os pesticidas. Neste contexto, o Brasil se apresenta como um dos maiores consumidores destes produtos que são comercializados, utilizados e dispostos de forma inadequada e indiscriminada, portanto atingindo o ambiente. Isto vem colaborando para a contaminação dos diferentes compartimentos aquáticos e desencadeando inúmeros efeitos deletérios tanto a biota aquática quanto os diferentes seres vivos dos mais diversos ecossistemas, chegando ao ser humano e afetando-o de forma silenciosa. Um agravante é o pouco conhecimento dos efeitos que podem ser desencadeados a longo prazo devido a exposição. Associado a isso, esta a falta de reformulação da atual legislação brasileira que estabelece os padrões de potabilidade de águas, a falta de investimento em infraestrutura de saneamento visando universalizá-lo em todo o território nacional; o pouco investimento

em ciência que possa vir a desenvolver novas tecnologias capazes de diminuir ou remover os CIE em corpos aquáticos. Diante deste cenário, a preservação e qualidade dos atuais ecossistemas estão em risco, podendo levar tanto a modificação quanto a extinção de muitos destes, o que comprometerá a qualidade de vida da atual e das futuras gerações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biota aquática, ambiente, ecossistemas, potabilidade de águas, saneamento.

### DETECTION AND QUANTIFICATION OF DRUGS AND PESTICIDES IN SURFACE WATERS IN BRAZIL: TOXICOLOGY TO EXPOSED ORGANISMS

**ABSTRACT:** The detection and quantification of contaminants of emerging concern (CEC) has been more frequently in different aqueous matrices, such as surface waters, which has a great diversity of substances considered CEC, especially pharmaceutical drugs and pesticides. In this context, Brazil shows itself as one of the biggest consumers of these products that are commercialized, used and disposed in an inadequate and indiscriminate way, thus, reaching the environment. This has been collaborating for different aquatic compartments contamination and triggering countless deleterious effects in aquatic biota as in different living beings from the most diverse ecosystems, reaching the human being and affecting them silently. An aggravating factor is the lack of knowledge of the effects that can be triggered in the long term due to the exposure. Associated with this, there is the lack of reformulation of the current Brazilian legislation

that establishes the standards of water potability, the lack of investment in sanitation infrastructure aiming to universalize it throughout the nation territory, and the little investment in science that may develop new technologies capable of reducing or removing CEC in aquatic bodies. Given this scenario, the preservation and quality of the current ecosystems are at risk, which may lead to both the modification and the extinction of many of them, which compromises the life quality of current and future generations.

**KEYWORDS:** Aquatic biota, environment, ecosystems, water potability, sanitation.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil detém 12% da água doce disponível no mundo, porém sua distribuição não é homogênea no território nacional e se concentra, majoritariamente, na região norte (79,7% do total) do país onde vive somente 5% da população (ANA, 2009), conforme Figura 1.

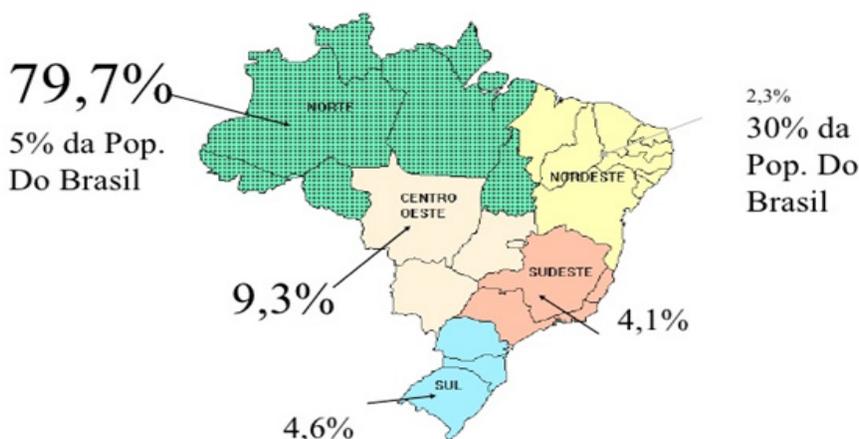


Figura 1: Distribuição de água doce no Brasil

Fonte: ANA, 2009.

A fragilidade das políticas públicas brasileiras, a precariedade dos serviços de saneamento associadas ao crescimento habitacional e populacional desordenado, vêm causando impactos negativos aos sistemas de águas superficiais, necessitando de padrões de qualidade mais exigentes do que os atuais, devido à grande quantidade de contaminantes que podem estar presentes (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA, 2017; CARTAXO et al., 2020).

Há quase duas décadas, a qualidade da água se concentrava em avaliar as propriedades organolépticas causadas por substâncias químicas que alteravam a cor, odor, turbidez e micro-organismos com potencial patogênico. Nos dias atuais o conceito

de padrões de potabilidade da água adquiriu maior complexidade em função da presença de outras substâncias intituladas contaminantes de interesse emergente (CIE) que são tão prejudiciais quanto às citadas anteriormente e que vem sendo detectadas a níveis traços ( $\text{ng L}^{-1}$  a  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), podendo causar sérios danos a biota aquática e por consequência ao ser humano (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA., 2017; ÁLVAREZ- RUIZ; PICÓ, 2020; BOGER et al., 2021).

Os CIEs são substâncias químicas de origem antrópica ou natural, cuja ocorrência ou relevância no ambiente foi constatada a partir do início da década de 1990, com o advento de técnicas hífenadas como a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (HPLC-MS), viabilizando atingir limites de detecção em menores concentrações. Os CIEs conferem real ou potencial ameaça à saúde humana e/ou ambiente, não possuindo legislação que estabeleça tanto os padrões de potabilidade quanto os níveis de toxicidade seguro (MONTAGNER; VIDAL; ACAYABA., 2017; BOGER et al., 2021), existindo uma diversidade de classes de compostos, a saber: (i) hormônios; (ii) produtos de higiene pessoal; (iii) fármacos; (iv) fârmacos; (v) pesticidas; (vi) drogas ilícitas; (vii) corantes; (viii) retardantes de chama bromados; (ix) nanomateriais; (x) microplásticos entre outros (OLIVEIRA et al., 2020; PIVETTA et al., 2020; BOGER et al., 2021), conforme apresentado na Figura 2.

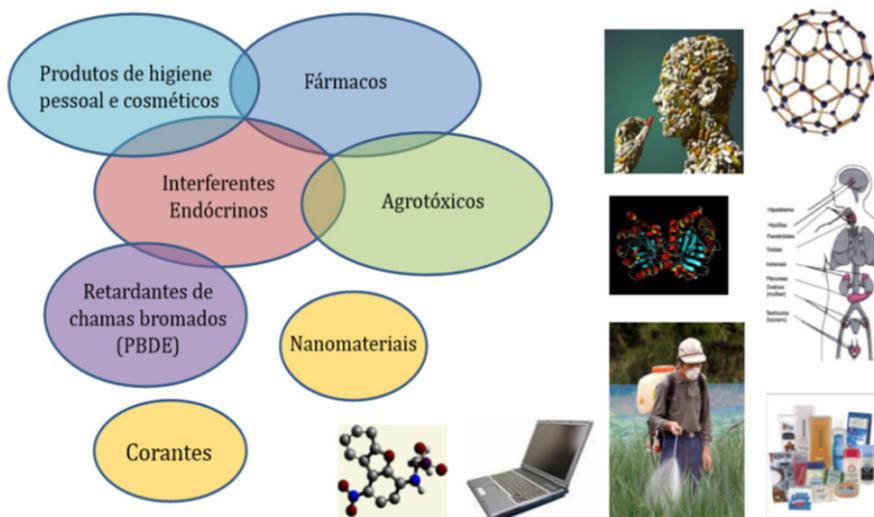


Figura 2: algumas classes de contaminantes de interesse emergente

Fonte: Acervo do autor (2020).

Neste sentido, os CIE chegam aos compartimentos aquáticos por diferentes vias: (i) excreção humana e animal; (ii) descarte de resíduos em aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto industriais; (iii) produtos de higiene pessoal na rede de esgoto e (iv) pesticidas utilizados na agricultura que sofrem lixiviação (STARLING et al., 2019; CARTAXO et al., 2020). Todas estas rotas de entrada de CIE podem ser resumidas pelo esquema apresentado na Figura 3.

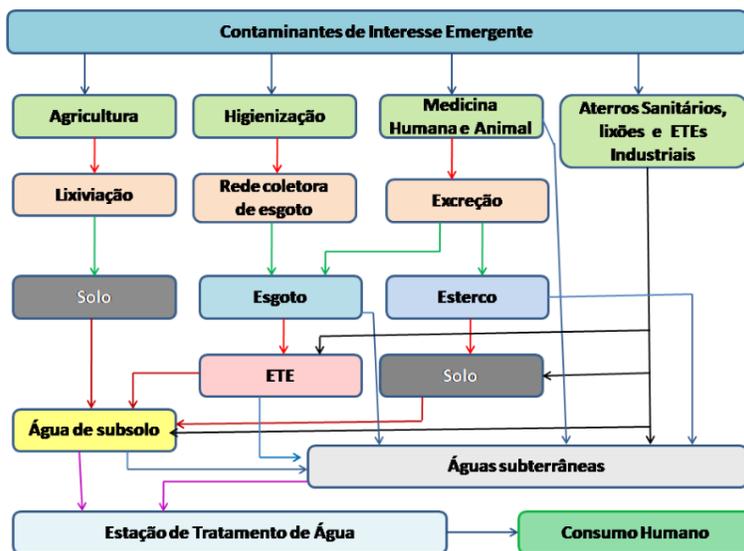


Figura 3: Possíveis rotas de entrada e distribuição dos CIE no ambiente

Fonte: O autor (2020).

Os primeiros relatos sobre a presença de CIE em ambientes aquáticos datam de 1970, nos Estados Unidos com a determinação de ácido clofíbrico em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na faixa de  $0,8$  a  $2,0 \mu\text{g L}^{-1}$  (GARRISON; POPPE; ALLEN, 1976). Na mesma década foram encontrados hormônios (TABAK; BUNCH, 1970), ácido salicílico, metabólito dos antilipêmicos, clofibrato e etofibrato na ordem de  $\mu\text{g L}^{-1}$  (HIGNITE; AZARNOFF, 1977). Na década seguinte (1980), a presença de fármacos em águas de rios do Reino Unido foi determinada na concentração de  $1,0 \mu\text{g L}^{-1}$  (RICHARDSON; BOWRON, 1985). Outros estudos feitos no Canadá determinaram ibuprofeno e naproxeno em amostras de ETE (ROGERS et al., 1986).

No Brasil, as primeiras pesquisas relacionadas aos CIEs datam de 1995 com o estudo de Lanchote e colaboradores que determinaram pesticidas da classe das triazinas no Córrego Espreado na região de Ribeirão Preto no estado de São Paulo. Em 1997, Stumpf

e colaboradores avaliaram a presença de 60 pesticidas na Lagoa de Jurnaíba, na região dos Grandes Lagos no Rio de Janeiro, e de sub-produtos do processo de desinfecção de águas proveniente da mesma lagoa. Em 1999, estes mesmos pesquisadores, estudaram a remoção de fármacos e hormônios em ETE e a presença em águas superficiais da bacia do rio Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro.

Embora presentes em baixas concentrações, os CIE possuem propriedades físicas e químicas como persistência, volatilidade e lipofilicidade (capacidade de uma substância química ser dissolvida em lipídios) que podem afetar os diferentes ecossistemas em especial a biota aquática e a saúde humana, em diferentes matrizes aquáticas (CARTAXO et al., 2020; PIVETTA et al., 2020). Além disso, têm apresentado o desencadeamento de efeitos colaterais oriundos da exposição de certos organismos a determinadas substâncias, tais como: (i) toxicidade aquática aguda e genotoxicidade; (ii) perturbação endócrina em animais selvagens; (iii) seleção de bactérias multirresistentes (micro-organismos que possuem resistência a diferentes classes de antimicrobianos) e (iv) feminização de peixes masculinos (SOUZA et al., 2020; RAMOS et al., 2021).

Além destes, existem aqueles relacionados à saúde humana, como: (i) aumento da incidência de câncer de mama, testicular e próstata; (ii) redução da contagem de espermatozoides; (iii) infertilidade; (iv) abortos espontâneos; (v) distúrbios metabólicos; (vi) incidência de tumores malignos; (vii) endometriose (distúrbio no qual o tecido que reveste o útero cresce fora do mesmo, causando dor e irregularidades menstruais) e (viii) riscos associados a resistência de bactérias a antibióticos (STARLING et al., 2019; SCHEEL et al., 2020).

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um levantamento da literatura de pesquisas recentes realizadas no Brasil que detectaram e quantificaram CIE em águas de superfície, bem como estudos ecotoxicológicos realizados em organismos de diferentes níveis tróficos. Espera-se que este trabalho, desperte a conscientização do leitor em relação aos riscos associados à exposição curta ou prolongada aos CIE. Incentivando a população a exigir a reformulação da atual legislação referente aos padrões da qualidade da água para fins potáveis, incluindo os CIE com limites máximos a serem detectados e que estabeleça níveis seguros de toxicidade frente à exposição a estes contaminantes.

## 1.1 Fármacos em águas superficiais no Brasil

A presença de fármacos no ambiente é resultante das quantidades produzidas e usadas de forma intensiva e/ou extensiva no tratamento de animais e seres humanos. Esses compostos apresentam algumas propriedades intrínsecas como: lipofilicidade, baixa volatilidade e biodegradabilidade que favorecem a bioacumulação (processo de acúmulo de substâncias em um organismo) destes no ambiente que são introduzidos, iniciando-se pela contaminação de compartimentos aquáticos que se distribui ao longo de toda a cadeia alimentar (AMÉRICO-PINHEIRO et al., 2017; ARSAND et al., 2020).

Os fármacos foram e são desenvolvidos para serem persistentes, mantendo suas propriedades químicas para atender um determinado fim terapêutico, sendo absorvidos pelo organismo e metabolizados. No entanto, grande parte destes compostos são excretados de forma inalterada (de 50 a 90% do princípio ativo), passando pelos processos convencionais de tratamento de esgoto e lançados em águas de superfície que se distribui por toda a biota aquática (VERAS et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020), conforme trabalhos apresentados.

Américo – Pinheiro e colaboradores (2017) investigaram a presença dos anti-inflamatórios diclofenaco e naproxeno no córrego do Onça, localizado no perímetro urbano da cidade de Três Lagoas/MS, sendo quantificado 5,5 e 21  $\mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente. Em 2019, Veras e colaboradores identificaram o analgésico paracetamol e o anti-inflamatório diclofenaco no rio Beberibe no município de Olinda/PE, sendo quantificado, respectivamente, 42 e 21  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Já Arsand e colaboradores (2020) avaliaram os antibióticos: azitromicina, cefalexina, ciprofloxacina, clindamicina, norfloxacina, sulfadiazina, sulfametoxazol e trimetoprima no rio Dilúvio na cidade de Porto Alegre/RS, obtendo concentrações de 0,34  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Por outro lado, Pivetta e colaboradores (2020) investigaram os psicotrópicos: alprazolam, amitriptilina, bupropion, carbamazepina, clonazepam, escitalopram, fluoxetina, nortriptilina, sertralina e trazadona no rio Atibaia na região de Campinas/SP em uma concentração que variou de 0,025 a 3,53  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Chaves e colaboradores (2020) investigaram o antimicrobiano triclosan (de 0,12 a 0,15  $\mu\text{g L}^{-1}$ ), o antifúngico ceteconazol (de 0,005 a 0,30  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) e o hipertensivo arterial e pulmonar nifedipino (de 0,001 a 0,078  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nos rios Bacanga e Anil na cidade de São Luís/MA. Por fim, Boger e colaboradores (2021) avaliaram a presença dos antibióticos: azitromicina, amoxicilina, norfloxacina, ciprofloxacina, doxiciclina e sulfametoxazol nos rios Belém e Barigui na cidade de Curitiba/PR em concentrações que variaram entre 0,13 a 4,63  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

A presença destes e de outros fármacos em águas superficiais tem apresentado diferentes efeitos toxicológicos desde a biota aquática até o ser humano, sendo que a maioria dos ensaios são realizados com organismos que respondem a efeitos toxicológicos a curto, médio e longo prazo, sendo que o último ainda é pouco conhecido e/ou controverso, apresentando muitas incertezas e desafios até o momento (GOMES et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2020). Sabe-se que os fármacos podem proporcionar diversos danos morfológicos, metabólitos e até alterações sexuais em animais. Dentre estas alterações, podemos citar: (i) produção de espermatozoides defeituosos ou em menor quantidade; (ii) feminização de diferentes espécies masculinas; (iii) diminuição da capacidade de reprodução entre outros (ARSANDO et al., 2020; CHAVES et al., 2020).

Dentre a classe de fármacos os antibióticos requerem uma atenção especial, visto que sua presença na biota aquática vem trazendo inúmeros prejuízos aos organismos deste habitat, entre os quais: (i) toxicidade biológica; (ii) resistência bacteriana e genotoxicidade; (iii) alterações endócrinas; (iv) resistência de genes dentre outros (ARSAND et al., 2020; GOMES et al., 2020; BOGER et al., 2021).

Fármacos com propriedades anti-inflamatórias, tais como o diclofenaco podem ocasionar diferentes efeitos tanto em organismos da biota aquática quanto de outros ecossistemas, tais como: (i) toxicidade aguda e imunogenicidade (ativação do linfonodo) em bactérias, fungos e plantas; (ii) citopenia (deficiência em células sanguíneas) imunológica em peixes; (iii) inibição da síntese das prostaglandinas (grupo de lipídios responsáveis pelo controle da inflamação, fluxo sanguíneo, formação de coágulos e indução do parto); (iv) inibição da fosforilação oxidativa (síntese de ATP) em mitocôndrias do fígado; (v) citotoxicidade (dano causado a células por substâncias químicas) e hepatotoxicidade (dano no fígado causado por substâncias químicas) em mamíferos; (vi) lesão do intestino delgado (ratos); (vii) morte celular; e (viii) fragmentação do DNA genômico de hepatócitos induzida em diferentes classes de mamíferos, inclusive o homem (SATHISHKUMAR et al., 2020).

## 1.2 Pesticidas em águas superficiais do Brasil

Os pesticidas (defensivos agrícolas, agroquímicos, agrotóxicos ou produtos fitossanitários) são uma classe de substâncias químicas sintéticas que possuem a capacidade de eliminar ou controlar um organismo indesejável nas lavouras de diferentes culturas, uso doméstico, industrial dentre outros (CHIARRELO et al., 2017; TARLEY et al., 2021). Estes compostos são, majoritariamente, organoclorados e bastante persistentes, apresentando: (i) baixa solubilidade em água; (ii) alta solubilidade em ambientes lipofílicos e (iii) alta toxicidade para insetos (RAMOS et al., 2021; TARLEY et al., 2021).

O Brasil esta entre os três maiores consumidores de pesticida do mundo. A China ocupa o primeiro lugar, com 1,8 milhão de toneladas de ingrediente ativo/ano. Em segundo lugar, o Brasil e os Estados Unidos consomem 0,4 milhão de ton/ano. Já em relação à movimentação do mercado financeiro, Brasil e EUA vêm se revezando entre 1º e 2º posição nesta última década com US\$ 9,5 bilhões em venda, seguido da China com US\$ 8,0 bilhões (FRIEDRICH, 2013; REMBISCHEVSKI; CALDAS et al., 2018). Em função deste aumento no consumo de pesticidas, sua presença vem sendo cada vez mais detectada em águas superficiais em diferentes cidades e regiões do Brasil levando a maior contaminação dos recursos hídricos, que pode ocorrer por: (i) lixiviação do solo; (ii) chuva; (iii) lavagem dos tanques de pulverização e (iv) por aplicação aérea, vindo a desencadear diferentes efeitos a biota aquática e aos diferentes ecossistemas, aumentando a exposição humana a estes compostos (BERTI et al., 2009; FRIEDRICH, 2013; DELLA-FLORA et al., 2020).

Diante disso, inúmeros trabalhos vêm sendo publicados na última década que relacionam detecção e quantificação destes contaminantes em águas (DELLA-FLORA et al., 2020; RAMOS et al., 2021).

Machado e colaboradores (2016) realizaram um estudo de monitoramento de inúmeros pesticidas em vinte e duas capitais do Brasil, no período de 2011 a 2012. Sendo detectados e quantificados com maior frequência os pesticidas: atrazina ( $0,32 \mu\text{g L}^{-1}$ ), ametrina ( $0,27 \mu\text{g L}^{-1}$ ), hexazinona ( $0,21 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e tebutiuron ( $1,02 \mu\text{g L}^{-1}$ ) em águas

superficiais localizadas nas capitais dos estados, sendo que muitas são utilizadas para fins de abastecimento público.

Nascimento e colaboradores (2018) avaliaram a presença dos percussores do pesticida sulfluramida: N-etil perfluorooctano sulfonamida ( $5,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), perfluorooctano sulfonato ( $979 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) e per e polifluoroalquil ( $1,02 \mu\text{g kg}^{-1}$ ) em um rio no município de Salvador/BA.

Portal e colaboradores (2018) investigaram a presença de ametrina, atrazina, metil paration, carbaril e hexazinona em água de um rio utilizada para abastecimento do assentamento Zumbi dos Palmares na região norte do estado do Rio de Janeiro, com concentrações que variaram de  $0,14$  a  $1,17 \mu\text{g L}^{-1}$ . Excessão se fez a atrazina e metil paration que apresentaram uma concentração, respectivamente, de  $9,0$  e  $2,0 \mu\text{g L}^{-1}$  o que indica que esta fonte de captação está totalmente inapropriada para o consumo humano.

Fernandes e colaboradores (2019) determinaram e quantificaram glifosato (de  $0,010$  a  $0,31 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e o seu subproduto ácido aminometilfosfônico (de  $0,05$  a  $0,67 \mu\text{g g}^{-1}$ ) no rio Guaporé no município de Santa Maria/RS no ano de 2016.

Valenzuela, Menezes e Cardeal (2019) detectaram 29 tipos de pesticidas na bacia do rio São Francisco no estado de Minas Gerais em concentrações que variaram de  $0,012$  a  $40 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Della-Flora e colaboradores (2020) avaliaram a presença do pesticida atrazina e desetilatraxina e deisopropylatraxina que são subprodutos da atrazina, em três bacias hidrográficas do estado do Paraná. Os estudos apontaram a presença de  $2,89 \mu\text{g L}^{-1}$  de atrazina (valor acima do estabelecido pela legislação brasileira) e,  $0,8$  e  $1,22 \mu\text{g L}^{-1}$ , respectivamente, de desetilatraxina e deisopropylatraxina.

A presença de pesticidas em águas superficiais vem sendo considerada a contaminação mais grave de recursos hídricos em função de atividades antrópicas, uma vez que foram desenvolvidas para eliminar alguma espécie de ser vivo que acabam atingindo outras espécies não-alvo. Logo, sua exposição tem apresentado diferentes efeitos toxicológicos desde a biota aquática até o ser humano (BERTI et al., 2009; MILESI et al., 2020; SILVA et al., 2020).

Macinnis-Ng e Ralph (2003) estudaram a exposição da planta *Zostera capricorni* a herbicidas. Os ensaios demonstraram que a espécie avaliada sofreu grandes impactos em relação a sua atividade e produção de pigmentos fotossintéticos.

Mckinlay e colaboradores (2008) avaliaram a associação da desregulação endócrina de organismos de diferentes níveis tróficos a uma classe de 17 pesticidas (entre os quais: a atrazina, fipronil e o tebuconazol), sendo verificado: (i) agonismo e antagonismo das funções dos receptores de hormônios (*in vivo* ou *in vitro*); (ii) desregulação hormonal hipotálamo pituitária (em anfíbios); (iii) inibição ou indução de prolactina, progesterona, insulina, glicorticóides, tireoideanos e iv) indução ou inibição da enzima aromatase, conversor de andrógenos em estrógenos (peixes).

Milesi e colaboradores (2020) avaliaram a toxicologia do pesticida organoclorado Endosulfan no organismo humano que se dá por diferentes vias de contaminação. Sua ação endócrina pode afetar: (i) a função reprodutiva dos machos e fêmeas; (ii) as propriedades estrogênicas *in vitro* e *in vivo*; (iii) o desenvolvimento uterino; (iv) a fertilidade feminina e (v) a diferenciação funcional uterina no início da gestação, após exposições a longo prazo.

## 2 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível evidenciar que em todas as regiões do Brasil, as águas superficiais estão contaminadas com inúmeros resíduos de fármacos e pesticidas de variadas classes que desencadeiam diversos efeitos toxicológicos em todos os ecossistemas existentes no país. A falta de investimento em saneamento, visando universalizá-lo em todo o território nacional associado a escassez de recursos destinados ao desenvolvimento de ciência e tecnologia que visem aperfeiçoar os processos convencionais de tratamento de água e esgoto já existentes, garantindo uma água de melhor qualidade para fins potáveis ou não. Além disso, é urgente a reformulação da legislação que inclua estes contaminantes e estabeleça uma concentração segura, garantindo uma menor exposição a efeitos tóxicos agudos e crônicos, já comprovados cientificamente. Por outro lado, o país precisa repensar a política de expansão de atividades agropecuárias que estimulam o uso excessivo e indiscriminado de fármacos e pesticidas, garantindo uma maior segurança e saúde para as pessoas que vivem ou trabalham no campo.

## REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ- RUIZ, R.; PICÓ, Y. **Analysis of emerging and related pollutants in aquatic biota. Trends in Environmental Analytical Chemistry**, v. 25, p. e00082, 2020.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. et al. Occurrence of diclofenac and naproxen in surface in the Três Lagoas (MS) city and water temperature influence in the detection of these anti-inflammatories. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 31, p. 429-435, 2017.

ARSAND, J. B. et al. Presence of antibiotic resistance genes and its association with antibiotic occurrence in Dilúvio River in southern Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 738, p. 139781, 2020.

BERTI, A. P. et al. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **Revista Saúde e Biologia**, v.4, n.1, p. 45-51, 2009.

BOGER, B. et al. Occurrence of antibiotics and antibiotic resistant bacteria in subtropical urban Rivers in Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 402, p.123448, 2021.

CARTAXO, A. S. B. et al. Emerging contaminants in Waters intended for human consumption: occurrence, implications and treatment technologies. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p.61814-61827, 2020.

CHIARELLO, M. et al. Determination of pesticides in water and seiment by HPLC-HRMS and its relationship with the use land occupation. **Química Nova**, v. 40, n.2, p. 158-165, 2017.

DELLA-FLORA, A. et al. Comprehensive investigation of pesticides in Brazilian surface water by high resolution mass spectrometry screening and gas chromatography-mass spectrometry quantitative analysis. **Science of the Total Environment**, v.669, p. 248-257, 2019.

FERNANDES, G. et al. Indiscriminate useof glyphosate impregnates river epilithic biofilms in southern Brazil. **Science of the Total Enviroment**, v. 651, p. 1377-1387, 2019.

FRIEDRICH, K. Challenges to toxicological evaluation of pesticides in Brazil: endocrine disruption and immunotoxicity. **Vigilância Sanitária em Debate**, v.1, n.2, p. 2-15, 2013.

GARRISON, A. W.; POPE, J. D.; ALLEN, F. R. Analysis of organic compounds in domestic wastewater. In: KEITH, C. H. (Ed.). Identification and analysis of organic pollutants in water. Michigan: **Ann Arbor Science**, p. 517-566, 1976.

HIGNITE, C.; AZARNOFF, D. L. Drugs and drug metabolites as environmetal contaminants: chlorophenoxyisobutyrate and salicylic acid in sewage water effluent. **Life Sciences**, v. 20, p. 337-341, 1977.

LANCHOTE, V. L. et al. HPLC screening and GC-MS confirmation of triazines herbicides residues in drinking water from sugar cane área in Brazil. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 118, n.3-4,p.329-338, 2000.

MACINNIS-NG, C.M.O.; RALPH, P.J. Short-term response and recovery of *Zostera capricorni* photosynthesis after herbicide exposure. **Aquatic Botany**, v. 76, p.1–15, 2003.

MCKINLAY, R. et al. Endocrine disrupting pesticides: implications for risk assessment. **Environment International**, v. 34, n.2, p. 168-183, 2008.

MILESI, M. M.; et al. Posnatal exposure to endosulfan affects uterine development and fertility. **Molecular and Celular Endocrinology**, v. 511, p. 110855, 2020.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

NASCIMENTO, R. A. et al. Sulfluramid use in Brazilian agriculture: a source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment. **Environment Pollution**, v. 242, p. 1436-1443, 2018.

OLIVEIRA, M. et al. Pharmaceuticals residues and xenobiotics contaminants: occurrence, analytical techniques and sustainable alternatives for wastewater treatment. **Science of the Total Environment**, v. 705, p. 135568, 2020.

PIVETTA, R. C. et al. Tracking the occurrence of psychotropic pharmaceuticals in Brazilian wastewater treatment plants and surface water, with assessment of environmental risks. **Science of the Total Environment**, v.727, p.138661, 2020.

PORTAL, T. P. et al. Na integrated assessment of water quality in a land reform settlement in northern Rio de Janeiro state, Brazil. **Heliyon**, v. 5, p. e01295, 2019.

RAMOS, R. L. et al. Phenolic compounds seasonal occurrence and risk assessment in surface and treated Waters in Minas Gerais – Brazil. **Environmental Pollution**, v. 208, p. 1115782, 2021.

REMBISCHEVSKI, P.; CALDAS, E. D. Agrochemicals for pest control in Brazil: critical analysis of the use of the term agrotóxico as a tool for risk communication. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 6, n. 4, p. 2-12, 2018.

RICHARDSON, M. L.; BOWRON, J. M. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environmental. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 37, p. 1-12, 1985.

ROGERS, I. H.; BIRTWELL, I. K.; KRZYNYSKI, G. M. Organic extractables in municipal wastewater of Vancouver, British Columbia. **Canadian Journal Water Pollution Research**, v. 21, p. 187-204, 1986.

SCHEEL, G. L. TARLEY, C. R. T. Simultaneous microextraction of carbendazim, fipronil and picoxystrobin in naturally and artificial occurring water bodies by water-induced supramolecular solvent and determination by HPLC-DAD. **Journal of Molecular Liquids**, v. 297, p.111897, 2020.

SATHISKUMAR, P. et al. Occurrence, interactive effects and ecological risk of diclofenac in environmental compartments and biota – a review. **Science of the Total Environment**, v. 698, p. 134057, 2020.

SILVA, D. C. V. R. et al. Predicting zebrafish spatial avoidance triggered by discharges of dairy wastewater: Na experimental approach on self purification in a model river. **Environmental Pollution**, v. 266, p. 115325, 2020.

SOUZA, R. M. et al. Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 135, p. 22-37, 2020.

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. Organic Residues in Lake and Drinking Water from the Lagoa de Juturnaíba (Região dos Lagos – RJ, Brazil). **Journal Brazilian Chemical Society**, v.8, n. 5, p. 509-514, 1997.

STUMPF, M. et al. Polar drug residues in sewage and natural Waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **The Science of the Total Environment**, v. 225, p. 135-141, 1999.

TABAK, H. H.; BUNH, R. L. Steroid hormones as water pollutants. I. Metabolismo of natural and synthetic ovulation-inhibiting hormones by microorganisms of activated sludge and primary settled sewage. **Developments in Industrial Microbiology**, v. 11, p. 367-376, 1970.

TARLEY, C. R. T. et al. Development of selective preconcentration/clean-up method for imidazolinone herbicides determination in natural and Rice samples by HPLC- PAD using imazethapyr imprinted poly (vinylimidazole –TRIM). **Food Chemistry**, v. 334, p. 127345, 2021.

VALENZUELA, E. F.; MENEZES. H. C.; CARDEAL, Z. L. New passive sampling device for effective monitoring of pesticides in water. **Analytica Chimica Acta**, v. 1054, p. 26-37, 2019.

VERAS, T. B. et al. Analysis of the presence of anti-inflammatories drugs in surface water: A case study in Beberibe river – PE, Brazil. **Chemosphere**, v.222, p. 961-969, 2019.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

ADCP 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Agência Nacional de Águas 37, 39, 91, 101

Ambiental 10, 11, 16, 24, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 64, 87, 91, 93, 94, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113

Ambiente 2, 1, 24, 25, 27, 49, 51, 66, 79, 81, 82, 83, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 113, 114

Artesian Wells 57

Atividade de Campo 103, 106, 108, 110

### B

Biota Aquática 79, 81, 83, 84, 85, 86

### C

Comitês de Bacias Hidrográficas 37, 39, 40, 41, 48

Consumo de Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 35, 36

Crise Hídrica 24, 90

### E

Economic 50

Econômico 38, 50, 94, 104, 105

Ecossistemas 79, 83, 85, 87, 92

Environment 79, 80, 87, 88, 89, 90, 103

Estabelecimentos Assistenciais de Saúde 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10

### H

Hydraulic Parameters 67

### I

Indicadores de Consumo de Água 4, 9, 25, 35

Instalações Prediais de Água Fria 11, 12, 14, 18, 23

### M

Meio Ambiente 51, 66, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 113

## **N**

Nascentes 52, 90, 92, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113

Nordeste 57, 58

## **P**

Parâmetros Hidráulicos 67, 68

Perdas de Água Prediais 11

Perfis Transversais 67, 73, 76, 77, 78

Poços Artesanais 57

Potabilidade de Águas 79

Pressão de Água 11

Previsão de Demanda Urbana de Água 1

Procomitês 37, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48

## **Q**

Quitinete 25, 27, 30, 34, 35

## **R**

Recuperação 5, 55, 90, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101

Recursos Hídricos 1, 2, 25, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 66, 68, 85, 86, 91, 92, 93, 94, 101, 102, 112

## **S**

Saneamento 12, 16, 79, 80, 87

Sanitation 80

Social 47, 49, 50, 51, 94, 95, 102, 104, 106, 111, 113

## **T**

Temática Ambiental 103, 105, 107, 108, 110, 111, 112

## **U**

Urban Water Demand Forecasting 2

Usos-Finais de Água 25, 26, 27, 30, 34, 114

## **W**

Water Consumption 2, 5, 6, 10, 12, 25

Water Crisis 90, 91

Water End-Use 25, 35

Water Potability 80

Water Pressure 12

Water Resources 35, 37, 57

Watershed Committees 37

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO



-  [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)

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO



-  [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)