

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5

AMIGO DO MEIO AMBIENTE

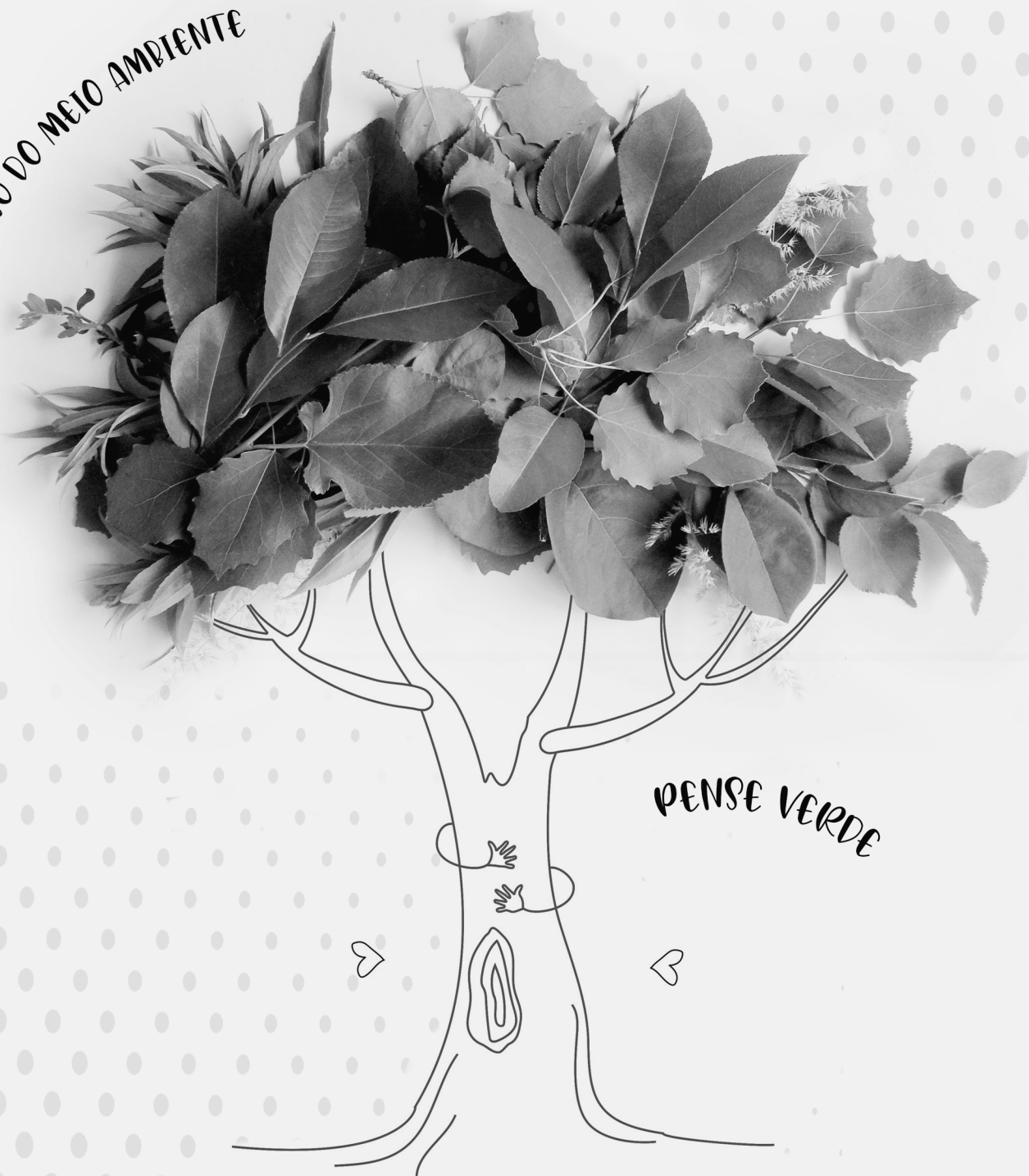


PENSE VERDE

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5

AMIGO DO MEIO AMBIENTE



PENSE VERDE

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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  
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

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



Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 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. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 5 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-157-2            DOI 10.22533/at.ed.572200107</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.            3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior   CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra *“Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 5”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da sustentabilidade aplicada às novas tecnologias na engenharia sanitária e ambiental.

No campo do saneamento básico pouco esforço tem sido feito para refletir sobre a produção do conhecimento e os paradigmas tecnológicos vigentes, embora a realidade tenha, por si, só exigido inflexões urgentes, principalmente, no que diz respeito ao uso intensivo de matéria e energia e ao caráter social de suas ações.

Um dos grandes problemas da atualidade refere-se à quantidade de resíduos sólidos descartado de forma inadequada no meio ambiente. E com o objetivo de promover a gestão dos resíduos sólidos foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal 12.305/2010, considerada um marco regulatório, que permite o avanço no enfrentamento dos problemas relacionados ao manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Desta forma a conservação da vida na Terra depende intimamente da relação do homem com o meio ambiente, especialmente, quanto à preservação dos recursos hídricos. A água, dentre seus usos múltiplos, serve ao homem como fonte energética. Atualmente, em um contexto de conscientização ambiental, a opção por essa matriz de energia vem se destacando tanto no Brasil como no mundo.

O uso desordenado dos recursos hídricos pela população vem afetando na disponibilidade da água, a qual é indispensável para a manutenção da vida. Diante disso, buscam-se alternativas de abastecimento visando à preservação da mesma.

A utilização de recursos hídricos representa um desafio para a sociedade mundial e as águas residuárias de origem doméstica ou com características similares, podem ser reutilizadas para fins que exigem qualidade de água não potável.

Com o aumento da população e avanços científicos e tecnológicos, a cada dia a produção de resíduos cresce mais e os impactos ao meio ambiente, na mesma proporção. Com isso, os problemas relacionados à gestão destes resíduos necessitam da adoção de técnicas e tecnologias desde sua segregação à disposição final, visando à destinação adequada e a implantação de programas voltados tanto para uma redução na produção de resíduos, como também na disposição final destes.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos à sustentabilidade e suas tecnologias que contribuem ao desenvolvimento da Engenharia Sanitária e Ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.



Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A CONSOLIDAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS COMO UMA FERRAMENTA DE CONTROLE E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS CAUSADOS PELA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO BRASIL E NO MUNDO	
Jordana dos Anjos Xavier Valter Antonio Becegato Daniely Neckel Rosini Flávio José Simioni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO NO RS	
Vitória de Lima Brombilla Bruno Segalla Pizzolatti Siara Silvestri Julia Cristina Diel Willian Fernando de Borba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE AGENTES QUÍMICOS OU DANOS AMBIENTAIS E SEUS EFEITOS A <i>LEPTODACTYLUS LATRANS</i> (LINNAEUS, 1758)	
Raquel Aparecida Mendes Lima Adriana Malvasio Melissa Barbosa Fonseca Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE VIABILIDADE AGRONÔMICA E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UM SISTEMA DE AQUAPONIA NA FAZENDA SÃO JOÃO - SÃO CARLOS - SP	
Gustavo Ribeiro Artur Almeida Malheiros Maria Olímpia de Oliveira Rezende Luiz Antonio Daniel Tadeu Fabrício Malheiros Jose F. Alfaro Maria Diva Landgraf	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE NO MUNICÍPIO DE LAGES/SC	
Lais Lavnitck Valter Antonio Becegato Pamela Bicalli Vilela Camila Angélica Baum Eduardo Costa Duminelli Fabiane Toniazco Alexandre Tadeu Paulino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001075</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>71</b>
CONFLITOS AMBIENTAIS E O TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA	
<a href="#">Laura Maria Bertoti</a> <a href="#">Valter Antonio Becegato</a> <a href="#">Vitor Rodolfo Becegato</a> <a href="#">Alexandre Tadeu Paulino</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001076</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>81</b>
ESTUDO OBSERVACIONAL DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS UNIDADES DE SAÚDE DA FAMÍLIA DE FEIRA DE SANTANA, BA	
<a href="#">Isabela Machado Sampaio Costa Soares</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001077</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>90</b>
GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: CONCEITOS E PERSPECTIVAS NA LITERATURA CIENTÍFICA	
<a href="#">Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001078</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>103</b>
GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E SUA IMPORTÂNCIA NO CONTROLE DO <i>Aedes Aegypti</i> E DE ARBOVIROSES NO BRASIL	
<a href="#">Luiz Roberto Santos Moraes</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5722001079</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>112</b>
IMPACTO EM RUPTURA DE BARRAGENS DECORRENTES DE ALTERAÇÕES AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO DA BARRAGEM HEDBERG	
<a href="#">Paola Bernardelli de Gaspar</a> <a href="#">José Rodolfo Scarati Martins</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.57220010710</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>132</b>
INOVAÇÃO EM BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS SYSTEM - BIPV: ESTUDO DE CASO DA PATENTE DA TESLA PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS AO TELHADO	
<a href="#">Affonso Celso Caiazzo da Silva</a> <a href="#">Maria Beatriz da Costa Mattos</a> <a href="#">Maria Clarisse Perisse</a> <a href="#">Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.57220010711</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>143</b>
MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO LAGE, CARATINGA – MG	
<a href="#">José Geraldo da Silva</a> <a href="#">Aline Gomes Ferreira</a> <a href="#">Kleber Ramon Rodrigues</a> <a href="#">Erick Wendelly Fialho Cordeiro</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.57220010712</b>	



**CAPÍTULO 13 ..... 154**

O DESAFIO DA COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC SOBRE O USO DOS AGROTÓXICOS

Daniely Neckel Rosini  
Valter Antonio Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino  
Débora Cristina Correia Cardoso  
Jordana dos Anjos Xavier

**DOI 10.22533/at.ed.57220010713**

**CAPÍTULO 14 ..... 172**

PANORAMA HIDROELÉTRICO E O LICENCIAMENTO AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE AMBIENTAL

Laura Maria Bertoti  
Valter Antonio Becegato  
Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino

**DOI 10.22533/at.ed.57220010714**

**CAPÍTULO 15 ..... 188**

PARADIGMAS TECNOLÓGICOS DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Patrícia Campos Borja  
Luiz Roberto Santos Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.57220010715**

**CAPÍTULO 16 ..... 201**

POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA DO MAR NO RIO GRANDE DO NORTE

Alana Rayza Vidal Jerônimo do Nascimento  
Lucymara Domingos Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.57220010716**

**CAPÍTULO 17 ..... 211**

ELECTROCOAGULATION PROCESS TO THE INDUSTRIAL EFFLUENT TREATMENT

Evellin Balbinot-Alfaro  
Alexandre da Trindade Alfaro  
Isabela Silveira  
Débora Craveiros Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.57220010717**

**CAPÍTULO 18 ..... 224**

PROPOSTA DE AÇÕES PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO DO PASSÉ – BAHIA

João dos Santos Santana Júnior  
Lorena Gomes dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.57220010718**

**CAPÍTULO 19 ..... 233**

QUALIDADE AMBIENTAL DOS SOLOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DO MUNICÍPIO DE BOM RETIRO-SC

Daniely Neckel Rosini  
Valter Antonio Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino  
Vitor Rodolfo Becegato  
Jordana dos Anjos Xavier  
Débora Cristina Correia Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.57220010719**

**CAPÍTULO 20 ..... 252**

QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DURANTE SECA PROLONGADA: UMA DISCUSSÃO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Daniele Jovem da Silva Azevêdo  
José Fernandes Bezerra Neto  
Magnólia de Araújo Campos Pfenning  
Evaldo de Lira Azevêdo  
Wilma Izabelly Ananias Gomes  
Joseline Molozzi

**DOI 10.22533/at.ed.57220010720**

**CAPÍTULO 21 ..... 264**

QUALIDADE DA ÁGUA ESCOADA POR MÓDULOS DE TELHADOS VERDES COM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE VEGETAÇÃO

Thaís Camila Vacari  
Zoraidy Marques de Lima  
Eduardo Beraldo de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.57220010721**

**CAPÍTULO 22 ..... 277**

REUSO DE EFLUENTE SANITÁRIO TRATADO NA MANUTENÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

Analine Silva de Souza Gomes  
Breno Barbosa Polez  
Renata Araújo Guimarães  
Lucas do Socorro Ribeiro Paixão  
Mariana Marquesini

**DOI 10.22533/at.ed.57220010722**

**CAPÍTULO 23 ..... 286**

SOCIAL-ENVIRONMENTAL UNDERSTANDING OF THE INHABITANTS OF REVITALIZED GARBAGE DUMPS, FORTALEZA-CE, BRAZIL

Pedro Victor Moreira Cunha  
Márcia Thelma Rios Donato Marino  
Matheus Cordeiro Façanha  
Vanessa Oliveira Liberato  
Clara D'ávila Di Ciero  
Ana Beatriz Sales Teixeira  
Ana Patrícia de Oliveira Lima  
Glenda Mirella Ferreira da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.57220010723**

**CAPÍTULO 24 ..... 298**

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: O MÉTODO POR DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS)

Eduardo Amim Mota Lopes  
Fátima Maria Monteiro Fernandes  
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

**DOI 10.22533/at.ed.57220010724**

**CAPÍTULO 25 ..... 305**

TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

Anna Carolina Perez Suzano e Silva  
Bruno de Albuquerque Amâncio  
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

**DOI 10.22533/at.ed.57220010725**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 311**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 312**



## QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO DURANTE SECA PROLONGADA: UMA DISCUSSÃO PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Data de aceite: 17/06/2020

Data de submissão: 14/03/2020

### **Daniele Jovem da Silva Azevêdo**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n, Sítio Olho d'Água da Bica, CEP: 58175-000, Cuité - Paraíba.  
URL: <http://lattes.cnpq.br/1029923532957753>

### **José Fernandes Bezerra Neto**

Departamento de Genética, Ecologia e Evolução/ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais  
URL: <http://lattes.cnpq.br/2119361037657102>

### **Magnólia de Araújo Campos Pfenning**

Unidade Acadêmica de Biologia e Química/ Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n, Sítio Olho d'Água da Bica, CEP: 58175-000, Cuité - Paraíba.  
URL: <http://lattes.cnpq.br/0904596179326111>

### **Evaldo de Lira Azevêdo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Rua José Antônio da Silva, s/n, Jardim Oásis, CEP: 58.900-000, Cajazeiras - Paraíba.  
URL: <http://lattes.cnpq.br/3480779112786432>

### **Wilma Izabelly Ananias Gomes**

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Av. Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP: 58.429-500, Campina Grande – Paraíba.  
URL: <http://lattes.cnpq.br/4039611720266531>

### **Joseline Molozzi**

Departamento de Biologia/ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Estadual da Paraíba. Av. Baraúnas, 351 - Universitário, CEP: 58429-500, Campina Grande - Paraíba.  
URL: <http://lattes.cnpq.br/4277209620755163>

**RESUMO:** Ecossistemas de água doce estão entre os mais ameaçados do mundo, desse modo, o monitoramento da qualidade hídrica é essencial para garantir a manutenção do estado ecológico e serviços ecossistêmicos. Nosso objetivo foi avaliar a qualidade da água de reservatórios durante um período de seca prolongada. As coletas foram realizadas nos anos de 2014 (junho, setembro e dezembro) e 2015 (março), em seis reservatórios localizados na região semiárida do Brasil: Sabugí, P. Traíras, Cruzeta (rio Piranhas-Assu, estado do RN), Cordeiro, Sumé e Poções (rio Paraíba, estado da PB). Foram estabelecidos 141 pontos de amostragem ao longo da zona litorânea. As concentrações

de fósforo total, fosfato solúvel reativo, nitrogênio total e clorofila-*a* foram estimadas, além da transparência da água. O índice de estado trófico (IET) de Carlson, modificado por Toledo foi aplicado para determinação dos níveis de trofia nas águas. Diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) foram encontradas para os descritores ambientais e IET entre os reservatórios e períodos de amostragem. Com a redução do volume hídrico, houve um aumento no nível de degradação da água nos reservatórios, refletido pelas maiores concentrações de fósforo total, nitrogênio total e clorofila-*a*, além da redução na transparência da água. O aumento no estado trofia dos reservatórios pode ter sido influenciado pela redução drástica do volume hídrico, especialmente durante os períodos mais secos (dezembro e março), com maior valor do IET registrado no reservatório P. Traíras ( $84,99 \pm 6,18$ ). O padrão encontrado deve ser considerado ainda mais a partir das projeções de aumento da temperatura global, fator que produzirá secas cada vez mais intensas e frequentes, podendo conduzir a processos gradativos de deterioração dos corpos hídricos e conseqüentemente perda de serviços ecossistêmicos, sobretudo em regiões mais secas (áridas e semiáridas).

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização; Bacias hidrográficas; Escassez da água; Volume hídrico.

## WATER QUALITY IN SEMI-ARID RESERVOIRS DURING PROLONGED DROUGHT: A DISCUSSION FOR ASSESSMENT OF CLIMATIC CHANGES EFFECTS

**ABSTRACT:** Freshwater ecosystems are among the most threatened in the world; therefore, the monitoring of hydric quality is essential to guarantee the maintenance of ecological status and ecosystem services. Our aim was to assess water quality from reservoir during a prolonged period of drought. The sampling were performed in 2014 (June, September, and December) and 2015 (March), in six reservoirs located in semi-arid region of Brazil: Sabugí, P. Traíras, Cruzeta (Rio Piranhas-Assu state of RN), Cordeiro, Sumé and Poções (Rio Paraíba, state of PB). A total of 141 sampling sites were established along the littoral zone. The concentrations of total phosphorus, reactive soluble phosphate, total nitrogen and chlorophyll-*a* were estimated, in addition the transparency of the water was estimated using a Secchi disk. Trophic State Index (TSI) of Carlson, modified by Toledo was applied for determination of trophy level in the waters. Significant differences ( $p \leq 0.05$ ) were found for the environmental descriptors and TSI among the reservoirs and sampling periods. With the reduction of water volume, there was an increase in the level of water degradation in reservoirs, reflected by higher concentrations of total phosphorus, total nitrogen and chlorophyll-*a*, besides the reduction in water transparency. The increase in the trophy state of the reservoirs may have been influenced by the drastic reduction of water volume, especially during the drier periods (December and March), with the highest value of TSI registered in the P. Traíras reservoir ( $84.99 \pm 6.18$ ). The pattern found should be considered even more from the projections of global temperature increase, this factor will produce increasingly intense and frequent droughts, which may lead to gradual deterioration of water bodies and consequent loss of ecosystem services, especially in the drier regions (arid and semi-arid).

**KEYWORDS:** Eutrophication; Watersheds; Water scarcity; Hydric volume.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos continentais já são considerados os mais ameaçados do mundo, devido à rápida e frequente modificação do estado natural. As alterações mais frequentes estão relacionadas às mudanças nos padrões hidromorfológicos da bacia, homogeneização dos canais e adição de nutrientes, o que conseqüentemente altera a qualidade da água (TAN; GAN, 2015). A qualidade da água pode ser medida através das características físicas, químicas, morfológicas e hidrológicas nos mais variados ecossistemas aquáticos (p. ex., lagos, rios, águas de transição, ecossistemas artificiais ou corpos de água fortemente modificados, a exemplo dos reservatórios) (HEISKANEN et al., 2004).

Além das alterações antrópicas eventos climáticos extremos, a exemplo da seca, são capazes de alterar as condições do habitat e modelar o padrão de distribuição espacial da biodiversidade (ROLLS et al., 2016). Isso representa um alerta, pois de acordo com informações do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2014), o aquecimento global está de fato ocorrendo, sendo muitas mudanças observadas desde a década de 1950, como o aumento da temperatura atmosférica e dos oceanos. Além disso, acredita-se que as atividades antropogênicas sejam fortes direcionadores de alterações no sistema climático, como pelas emissões de gases de efeito estufa. Assim, as projeções são de que a temperatura atmosférica sofra aumento entre 1°C e 4°C até o ano 2100 (IPCC, 2014), alterando os padrões de precipitação em todo o mundo e conduzindo a longos períodos de chuvas reduzidas e secas supra-sazonais.

Os ecossistemas aquáticos situados em zonas áridas e semiáridas já estão frequentemente sujeitos a variações hidrológicas acentuadas, principalmente devido a características peculiares na região: baixa precipitação anual (400-800 mm) e altas taxas de evaporação (ALVARES et al., 2013), o que torna a rede hidrográfica predominantemente composta por rios e riachos intermitentes. O semiárido brasileiro é marcado pelo grande número de reservatórios que permitem a retenção da água para provimento de necessidades das populações humanas durante a seca, além do desenvolvimento de atividades de irrigação, piscicultura, industriais e lazer (AZEVEDO et al., 2017).

Apesar dos inúmeros benefícios, econômicos e sociais, promovidos pela construção de reservatórios, as atividades desenvolvidas, em muitos casos, não planejadas e alinhadas aos arredores desses sistemas e associadas aos eventos de seca prolongada na região, promovem efeitos sinérgicos que favorecem o processo de eutrofização artificial, com conseqüente perda da qualidade da água e comprometimento dos serviços ecossistêmicos locais e regionais. O principal objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água de reservatórios no semiárido durante um período de seca prolongada.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 *Área de Estudo e Design Amostral*

Este estudo foi realizado a partir de 6 reservatórios localizados nas bacias hidrográficas

do rio Piranhas-Assu, estado Rio Grande do Norte (Sabugí, Passagem das Traíras e Cruzeta), e do rio Paraíba, estado da Paraíba (Cordeiro, Sumé e Poções) (Tabela 1). Na bacia do rio Piranhas-Assu selecionamos 66 pontos de amostragem, enquanto na bacia do Rio Paraíba foram selecionados 75 pontos de amostragem. Todos os sites foram distribuídos ao longo da zona litorânea dos reservatórios, devido ao fato de ser a região onde se verifica maior influência da bacia de drenagem na entrada de material alóctone que favoreça o enriquecimento de nutriente no corpo aquático. As coletas foram realizadas em quatro períodos junho, setembro e dezembro (2014) e março (2015), período classificado pelas agências ambientais (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) como de seca prolongada na região.

Características/ Reservatórios	rio Piranhas-Assu			rio Paraíba		
	Sabugí	P. Traíras	Cruzeta	Cordeiro	Sumé	Poções
Localização geográfica	06°43'06"S 37°12'02"W	06°27'16"S 36°52'29"W	06°24'42"S 36°47'23"W	7°47'38.00"S 36°40'14.04" W	7°29'8"S 37°12'20"W	7°53'38"S e 37°0'30"W
Altitude (m)	187	196	231	480	500	596
Capacidade máxima aproximada (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	65	49	23	70	45	30
Ano de construção	1965	1994	1929	*	1953	1982
Principal utilização	Suprimento	Suprimento e irrigação	Suprimento e irrigação	Suprimento e irrigação	Suprimento e irrigação	Suprimento e irrigação
% Volume/período (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )						
	Junho	Setembro	Dezembro		Março	
Sabugí	18	14	9		7	
P. Traíras	3	2	1		0.648	
Cruzeta	5	4	2		1	
Cordeiro	9	8	5		4	
Sumé	17	14	11		9	
Poções	6	5	3		2	

Tabela1. Dados dos reservatórios Sabugí, Passagem das Traíras, Cruzeta (rioPiranhas-Assu), Cordeiro, Sumé e Poções (rio Paraíba). \*dados não disponíveis.

Fonte: Jovem-Azevêdo et al. (2019).

## 2.2 Descritores Ambientais

### I) Hidrológicos

Dados e informações hidrometeorológicas e de cota/volume foram obtidos junto a Gerência Executiva de Monitoramento e Hidrometria da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba/SECTMA (AESA) e do Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (SEMARH).

### II) Variáveis Físicas e Químicas da Água

Em cada ponto de amostragem a transparência da água foi avaliada com base no desaparecimento do disco de Secchi. Além disso, um litro de água foi coletado na sub-superfície para determinação dos teores de nitrogênio total, fósforo total e fosfato solúvel reativo, acordo com *Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater* (APHA,

2005). Para a análise da concentração de clorofila-*a* na coluna d'água, as amostras foram filtradas em um volume de 250 ml, sendo posteriormente realizada maceração dos filtros (Millipore AP45) e extração em acetona fria 90%, conforme método descrito por Lorenzen (1967).

### III) Índice de Estado Trófico

A classificação trófica foi obtida a partir da aplicação do índice de estado trófico (IET) proposto por Carlson (1977), modificado por Toledo et al. (1983). O valor final do índice de estado trófico é calculado a partir de sub-índices: IET do fósforo, IET do fosfato solúvel reativo, IET da clorofila-*a* e IET da transparência da água (esse último com base nos valores obtidos com o disco de Secchi). Ao final, três categorias são consideradas para a classificação do nível de trofia:  $IET < 44$  = oligotrófico;  $44 < IET < 54$  = mesotrófico; e  $IET > 54$  = eutrófico.

## 2.3 Análise de Dados

Para avaliar as diferenças dos descritores ambientais entre os reservatórios, períodos de coleta e bacias hidrográficas foi realizada *Permutational Multivariate Analysis of Variance* (PERMANOVA). Os dados ambientais foram previamente analisados através da série bivariada de Spearman (Draftsman plot) e todas variáveis aqui analisadas foram transformados em  $\log(x+1)$  devido a distribuição não-normal e posteriormente normalizadas (ANDERSON et al., 2008). Para avaliar as diferenças no nível de trofia, uma série de PERMANOVA's univariadas foram aplicadas (Distância Euclidiana; 9999 permutações), considerando os mesmos fatores empregados para os descritores ambientais. Essa análise foi realizada utilizando o programa Primer 6 + Permanova. Para visualizar a distribuição dos condicionantes químicos da água entre os reservatórios e períodos de amostragem, gráficos de Box Plots foram construídos considerando a média e desvio padrão e *outliers* dos condicionantes. Os gráficos foram construídos a partir do software estatístico R (The R Development Core Team, 2016), usando o pacote *vegan*. Por fim, analisamos também a tendência de flutuação da condição trófica dos reservatórios ao longo do período de redução do volume hídrico.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferenças significativas entre as variáveis ambientais analisadas ocorreram tanto para os reservatórios (PERMANOVA: Pseudo- $F_{5,477} = 20,46$ ;  $p = 0,0001$ ), quanto para os períodos (Pseudo- $F_{3,477} = 26,53$ ;  $p = 0,0001$ ) e bacias hidrográficas (Pseudo- $F_{1,477} = 13,92$ ;  $p = 0,0001$ ).

Em junho de 2014 as maiores concentrações de fósforo total ocorreram nos reservatórios da bacia do rio Piranhas-Assú: Cruzeta ( $238,73 \mu\text{g/L} \pm 19,26$ ), Traíras ( $187,25 \mu\text{g/L} \pm 18,72$ ) e Sabugá ( $68,85 \mu\text{g/L} \pm 12,68$ ), e as menores concentração nos reservatórios da bacia do rio Paraíba, Poções ( $83,87 \mu\text{g/L} \pm 22,71$ ), Sumé ( $82,54 \mu\text{g/L} \pm 18,85$ ) e Cordeiro ( $50,90 \pm 20,94$ ). Com a redução do volume hídrico (setembro) maiores concentrações de fósforo total ocorreram nos reservatórios Poções ( $250,29 \mu\text{g/L} \pm 301,42$ ), Traíras ( $209,03 \mu\text{g/L} \pm 91,43$ ) e Cruzeta ( $129,03 \mu\text{g/L} \pm 37,58$ ). Enquanto em dezembro as maiores concentrações



foram observadas nos reservatórios Passagem das Traíras ( $656,88 \mu\text{g/L} \pm 282,26$ ), Poções ( $412,66 \mu\text{g/L} \pm 280,87$ ) e Cruzeta ( $400,44 \mu\text{g/L} \pm 296,72$ ). No período em que foi registrado o menor volume hídrico (março), as maiores concentrações foram registradas no reservatório Passagem das Traíras ( $411,83 \mu\text{g/L} \pm 84,42$ ) e Poções ( $481,01 \mu\text{g/L} \pm 347,71$ ) (Figura 1A-D).

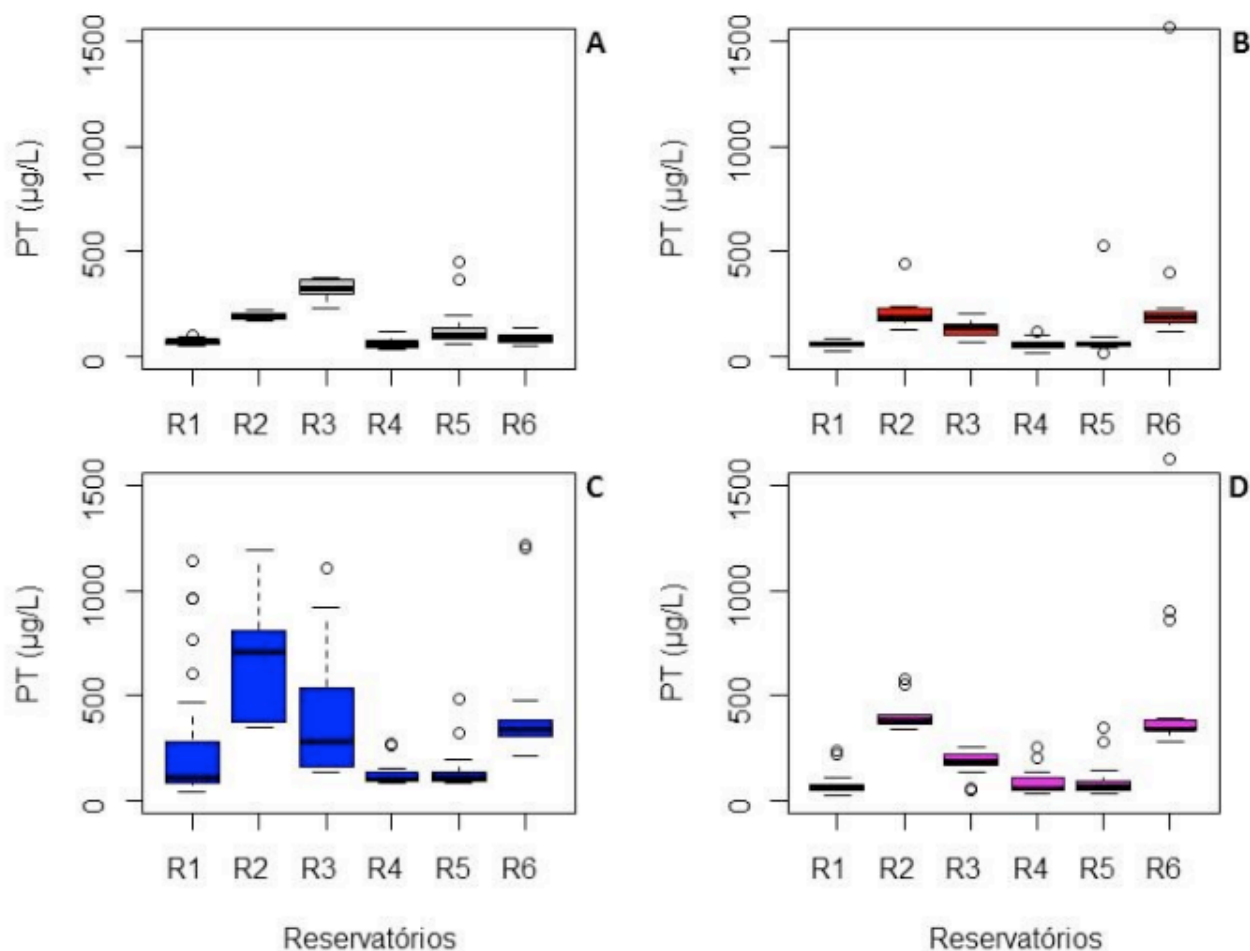


Figura 1: Concentração de fósforo total (PT) nos reservatórios Sabugí (R1), P. Traíras (R2), Cruzeta (R3) (rio Piranhas-Assu) Cordeiro (R4), Sumé (R5) e Poções (R6) (rio Paraíba), semiárido do Brasil. Sendo: A = concentração de PT em junho; B = setembro; C = dezembro e D = março; Linhas horizontais = valores médios; Barras verticais = desvio padrão; Círculos = valores extremos no conjunto de dados (*outliers*).

Fonte: Própria pesquisa

Em relação ao nitrogênio total, em junho foram registradas as menores concentrações do período. Assim como observamos na dinâmica do fósforo total, os maiores níveis de nitrogênio total das águas ocorreram durante o período em que o volume hídrico foi mais baixo (março), sendo os maiores valores registrados nos reservatórios Poções ( $560,09 \mu\text{g/L} \pm 214,09$ ), Traíras ( $246,42 \mu\text{g/L} \pm 71,90$ ) e Cordeiro ( $221,11 \mu\text{g/L} \pm 184,18$ ) (Figura 2A-D).

O fósforo total é um importante indicador do processo de eutrofização dos corpos aquáticos, sendo sua concentração, juntamente com o nitrogênio determinante para o crescimento algal e para as florações de cianobactérias (COSTA et al., 2016). Apesar das concentrações de fósforo total terem reduzido durante o período de menor volume hídrico (março) observamos que houve uma inversão na concentração de nutrientes, onde, neste



mesmo período, o nitrogênio total foi o nutriente de maior concentração na coluna d'água. Este nutriente representa o nitrogênio orgânico disponível e o nitrogênio amoniacal, podendo o aumento deste ser associado ao input de material orgânico rico em nitrogênio, advindo principalmente de fontes relacionados a compostos nitrogenados utilizados na agricultura (WITHERS et al., 2014). Em reservatórios no semiárido, quando o volume hídrico reduz, frequentemente a ocupação com plantações agrícolas ou pastagens é verificada junto a zona de inundação para fins de otimização no processo de irrigação, o que favorece o enriquecimento de nutrientes nesses ecossistemas.

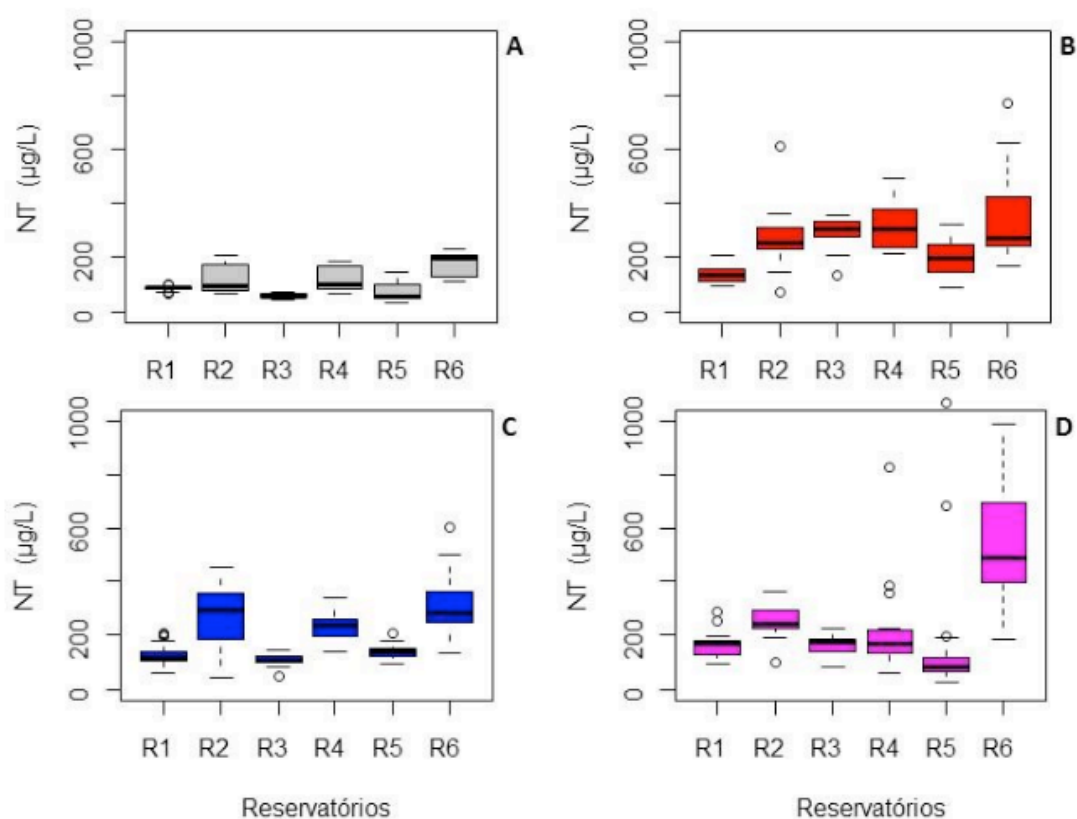


Figura 2: Concentração de nitrogênio total (NT) nos reservatórios Sabugí (R1), P. Traíras (R2), Cruzeta (R3) (rio Piranhas-Assu) Cordeiro (R4), Sumé (R5) e Poções (R6) (rio Paraíba), semiárido do Brasil. Sendo: A = concentração de NT em junho; B = setembro; C = dezembro e D = março; Linhas horizontais = valores médios; Barras verticais = desvio padrão; Círculos = valores extremos no conjunto de dados (*outliers*).

Fonte: Própria pesquisa

Semelhantemente ao que observamos para as concentrações de fósforo e nitrogênio, nosso conjunto de dados mostra que as concentrações de clorofila-*a* flutuam na mesma tendência. Maiores concentrações de clorofila-*a* em junho ocorreram nos reservatórios de Poções ( $108,91 \mu\text{g/L} \pm 63,69$ ) e P. Traíras ( $41,34 \mu\text{g/L} \pm 8,87$ ). Redução nas concentrações de clorofila-*a* ocorreram em setembro para todos os reservatórios estudados, assim como encontramos para as concentrações de fósforo. Em dezembro e março, períodos em que registramos os menores volumes hídrico, as concentrações de clorofila-*a* voltaram a aumentar, com o maior valor registrado no reservatório P. Traíras em ambos os meses ( $189,61 \mu\text{g/L} \pm 55,14$  e  $263,05 \mu\text{g/L} \pm 124,96$ , respectivamente) (Figura 3A-D).

Os reservatórios com maior concentração de clorofila-*a* foram também os que estiveram associados aos menores valores de transparência da água. No período em que os reservatórios estiveram com maior volume hídrico (junho), as águas foram mais transparentes no reservatório Cordeiro ( $0,76 \text{ m} \pm 0,15$ ). Durante o do período de estudo houve redução gradativa na transparência da água, sendo encontrados os menores valores de transparência durante o período em que os reservatórios estiveram mais secos (março), especialmente no reservatório P. Traíras ( $0,13 \text{ cm} \pm 0,02$ ) (Figura 4A-D).

A associação entre as concentrações de clorofila-*a* e a transparência da água são frequentemente associadas devido à relação linear que estes parâmetros apresentam, sendo as concentrações de clorofila-*a* indicado como um fator de verificação no nível de produção primária e biomassa fitoplanctônica. Corpos de água eutróficos frequentemente apresentam alta taxa de produção primária, refletidos pela concentração de clorofila-*a*, o que também está associado ao alto percentual de material orgânico suspenso (células fitoplanctônicas) que impedem a penetração de luz na coluna com maior coeficiente de atenuação (menor transparência). O declínio nas concentrações de clorofila-*a*, mesmo com a redução no volume hídrico dos reservatórios, pode estar associado com o estágio de senescência da comunidade, no qual os fitopigmentos diminuem e há aumento dos produtos de degradação celular (feopigmentos e carotenoides) (SATHISH et al., 2020).

Considerando os níveis de estado trófico dos reservatórios durante o período estudado, verificamos que em junho os reservatórios Sabugí ( $52,60 \pm 3,64$ ) e Cordeiro ( $51,84 \pm 8,33$ ) foram os únicos classificados como mesotróficos, todos os demais foram eutróficos (Cruzeta  $74,29 \pm 1,80$ , Sumé  $61,93 \pm 6,42$  e Poções  $62,14 \pm 6,28$ ). Em setembro o reservatório Sabugí foi classificado como oligotrófico ( $43,98 \pm 4,98$ ), enquanto Cordeiro ( $48,41 \pm 7,90$ ) e Sumé ( $50,57 \pm 4,97$ ) como mesotróficos, e P. Traíras ( $64,72 \pm 5,80$ ), Poções ( $62,72 \pm 3,72$ ) e Cruzeta ( $58,96 \pm 5,20$ ) como eutróficos. Nosso conjunto de dados mostra que em dezembro, ocorreu aumento da trofia em todos os reservatórios, assim todos foram classificados como eutróficos, sendo o maior observado em P. Traíras ( $84,99 \pm 6,18$ ). Em março alguns reservatórios foram classificados como mesotróficos, como Sumé ( $45,82 \pm 11,25$ ), Sabugí ( $50,73 \pm 4,77$ ), e os demais eutróficos, com maior nível e trofia sendo registrado no reservatório Poções ( $78,20 \pm 2,74$ ) (Figura 5). O IET foi diferente significativamente entre os reservatórios (PERMANOVA: Pseudo- $F_{4,477} = 139,64$ ;  $p = 0,0001$ ) e períodos amostrais (Pseudo- $F_{3,477} = 70,53$ ;  $p = 0,0001$ ), mas não entre as bacias hidrográficas (Pseudo- $F_{1,477} = 2,13$ ;  $p = 0,14$ ).

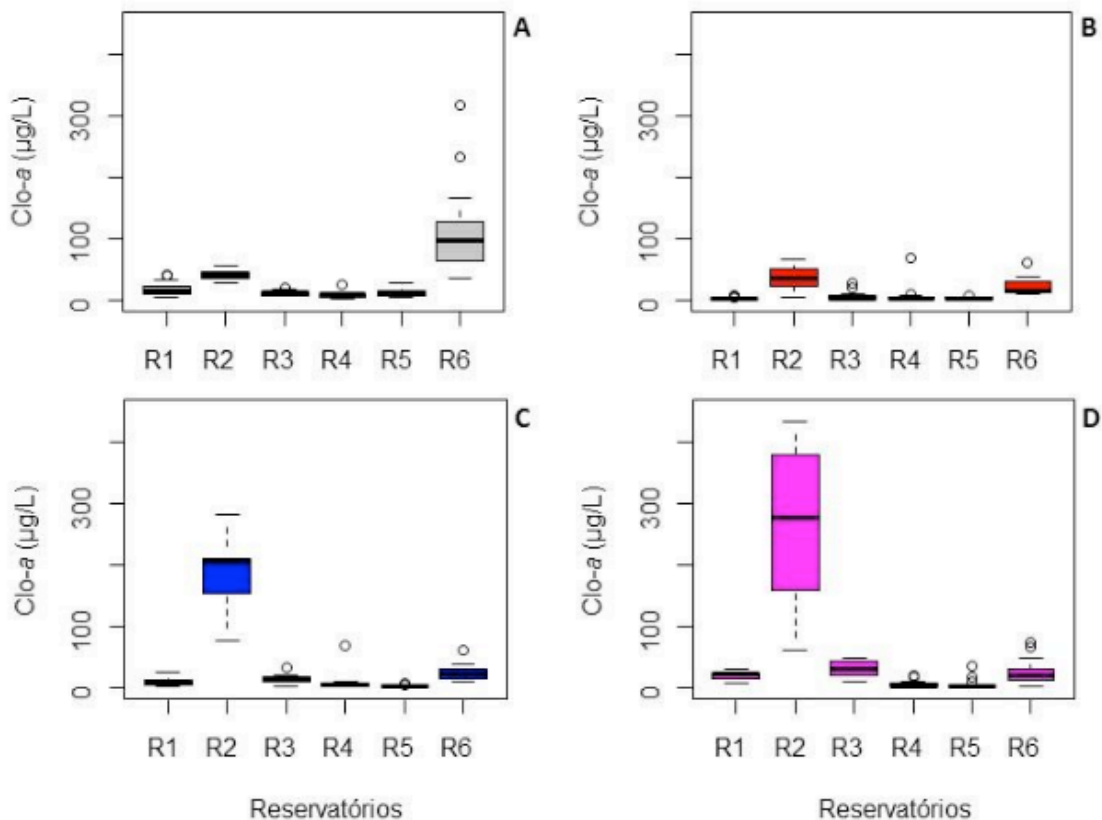


Figura 3: Concentração de clorofila-a (Clo-a) nos reservatórios Sabugí (R1), P. Traíras (R2), Cruzeta (R3) (rio Piranhas-Assu) Cordeiro (R4), Sumé (R5) e Poções (R6) (rio Paraíba), semiárido do Brasil. Sendo: A = concentração de Clo-a em junho; B = setembro; C = dezembro e D = março; Linhas horizontais = valores médios; Barras verticais = desvio padrão; Círculos = valores extremos no conjunto de dados (*outliers*).

Fonte: Própria pesquisa

O volume dos reservatórios reduziu drasticamente durante os quatro períodos analisados. Contudo, os menores volumes hídricos foram registrados no reservatório P. Traíras (1,3%), Cruzeta (5,65%), Cordeiro (5,8 %) e Poções (6,7%) (Figura 5). Nosso conjunto de dados mostra que a redução no volume hídrico foi acompanhada do aumento na concentração de fósforo e clorofila-a, assim como redução da transparência, o que conduz a uma condição eutrófica nesses corpos aquáticos (Figura 5), o que conseqüentemente reduz a qualidade da água. Esse panorama é preocupante quando consideramos as mudanças climáticas e previsões do IPCC, pois o aumento da temperatura trará conseqüências para o regime pluviométrico nas regiões, sobretudo áridas e semiáridas, assim como aumento nas taxas de evaporação e residência da água, sendo desse modo esperado um quadro de alta deterioração da qualidade hídrica, comprometendo sobretudo os serviços ecossistêmicos.

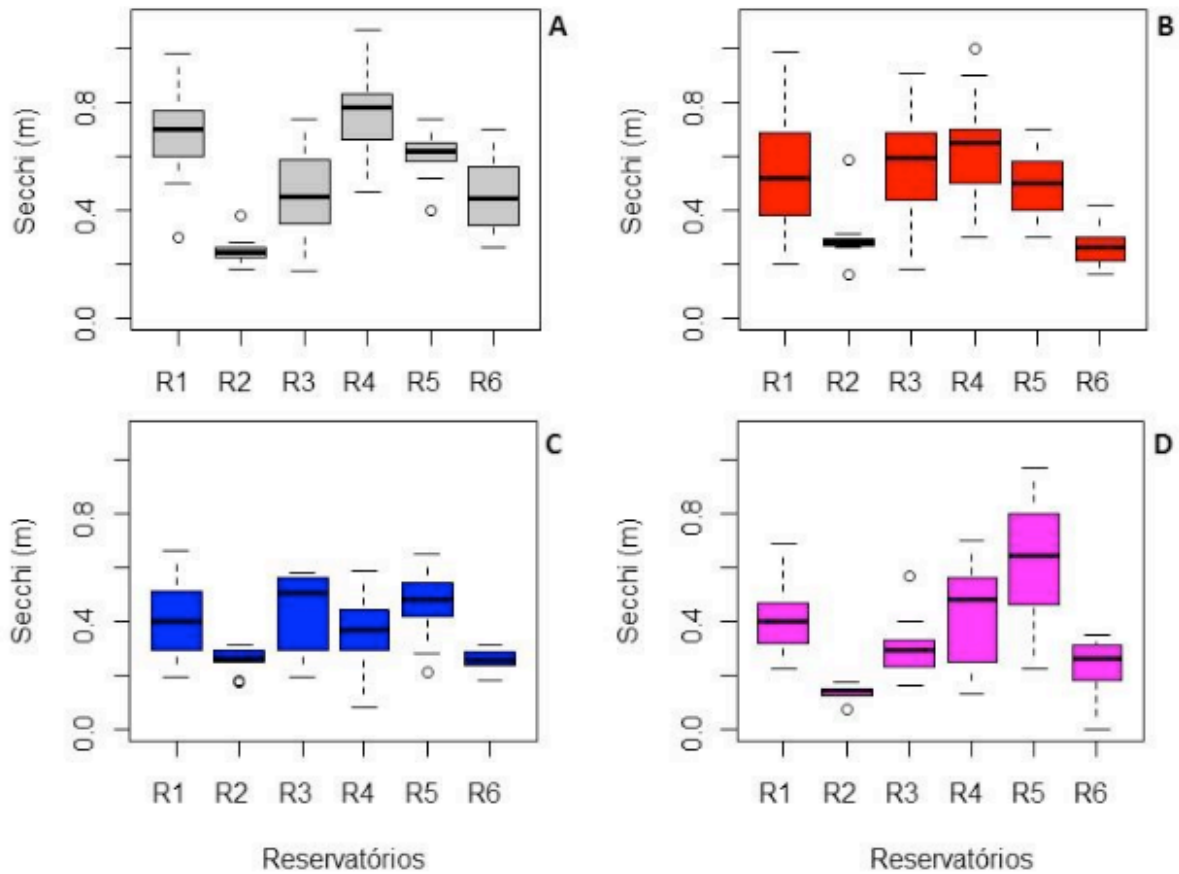


Figura 4: Transparência (Secchi) nos reservatórios Sabugí (R1), P. Traíras (R2), Cruzeta (R3) (rio Piranhas-Assu) Cordeiro (R4), Sumé (R5) e Poções (R6) (rio Paraíba), semiárido do Brasil. Sendo: A = valores de Secchi em junho; B = setembro; C = dezembro e D = março; Linhas horizontais = valores médios; Barras verticais = desvio padrão; Círculos = valores extremos no conjunto de dados (*outliers*).

Fonte: Própria pesquisa

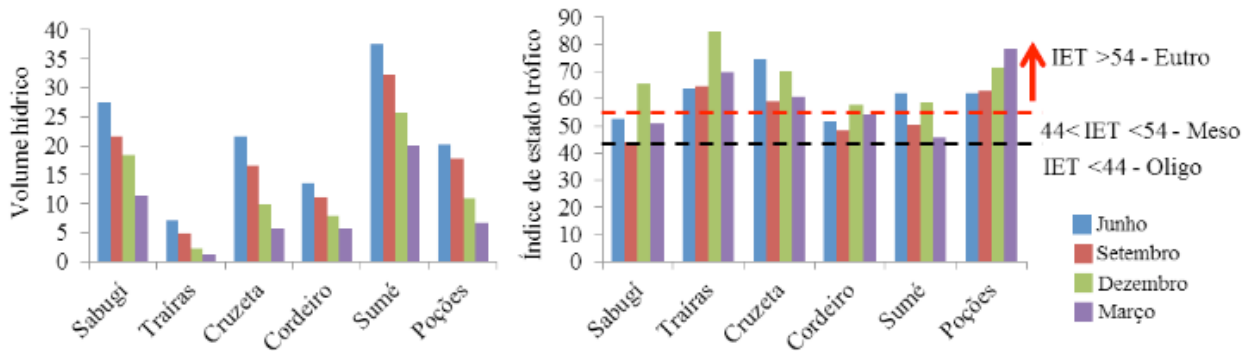


Figura 5. Variação temporal e espacial do volume hídrico (%) e estado trófico dos reservatórios estudados no semiárido do Brasil. Onde: IET = Índice de estado trófico; Eutro = eutrófico; Meso = mesotrófico e Oligo = oligotrófico.

## 4 | CONCLUSÕES

A análise da água dos reservatórios frente a um período prolongado de estiagem nos permite concluir que os reservatórios estudados estão submetidos a um elevado estado de degradação da qualidade da água, sendo o estado de trofia influenciado pela redução drástica do volume hídrico durante todo o período analisado. Desse modo, políticas efetivas

de gestão de recursos hídricos devem ser implementadas como forma preventiva da manutenção da qualidade da água como uma questão associada à saúde pública. Este panorama preventivo deve ser considerado muito mais pelas mudanças no clima, as quais produzirão efeitos acentuados que conduzirão a processos gradativos de deterioração dos corpos hídricos, sobretudo em regiões áridas e semiáridas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa através do projeto CNPq/MCTI 446721/2014-0, que resultou na elaboração deste trabalho; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Pós-Doutorado Júnior (processo 88887.374939/2019-00) a DJA e bolsa de produtividade (processo 302393/2017-0) a JM.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ANDERSON, M.J.; GORLEY, R. N.; CLARKE, K. R. **Permanova + for Primer: Guide to Software and Statistical Methods**. Primer-E Ltd, Plymouth, 2008.

APHA, A., 2005. WEF, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater.

AZEVEDO, E. L.; ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P.; MOLOZZI, J. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? **Environmental monitoring and assessment**, v. 189, n. 8, p. 375-392, 2017.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

COSTA, M. R. A.; ATTAYDE, J. L.; BECKER, V. Effects of water level reduction on the dynamics of phytoplankton functional groups in tropical semi-arid shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 778, p. 75-89, 2016.

HEISKANEN, A. S.; VAN DE BUND, W.; CARDOSO, A. C.; NOGES, P. Towards good ecological status of surface waters in Europe-interpretation and harmonisation of the concept. **Water Science and Technology**, v. 49, n. 7, p. 169-177, 2004.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

JOVEM-AZEVEDO, D.; BEZERRA-NETO, J. F.; AZEVEDO, E. L.; GOMES, W. I. A.; MOLOZZI, J. Dipteran assemblages as functional indicators of extreme droughts. **Journal of arid environments**, v. 164, p. 12-22, 2019.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. **Limnology and oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.

ROLLS, R. J.; HEINO, J.; CHESSMAN, B. C. Unravelling the joint effects of flow regime, climatic variability

and dispersal mode on beta diversity of riverine communities. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 8, p. 1350-1364, 2016.

SATHISH, K.; PATIL, J. S.; ANIL, A. C. Phytoplankton chlorophyll-breakdown pathway: Implication in ecosystem assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 258, p. 109989, 2020.

TAN, X.; GAN, T. Y. Contribution of human and climate change impacts to changes in streamflow of Canada. **Scientific reports**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2015.

TOLEDO, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. **Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização de lagos e reservatórios tropicais**. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 1983. Camburiú. Camburiú: UFSC. p. 1-34, 1983.

WITHERS, P. J. A.; NEAL, C.; JARVIE, H. P.; DOODY, D. G. Agriculture and eutrophication: where do we go from here? **Sustainability**, v. 6, n. 9, p. 5853-5875, 2014.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrotóxicos 26, 29, 34, 35, 40, 44, 51, 99, 100, 101, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 233, 235, 244, 246

Água 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 58, 60, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 92, 93, 96, 103, 104, 105, 106, 113, 115, 116, 117, 118, 137, 140, 141, 143, 144, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 161, 163, 165, 166, 172, 173, 174, 179, 182, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 225, 234, 236, 238, 241, 242, 245, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310

Aplicações 38, 304, 309, 310

Ar 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 58, 73, 80, 166, 204, 205, 206, 225, 237, 238, 265

Áreas Rurais 55, 64, 160, 168, 195, 233, 300

### B

Bacia Hidrográfica 53, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 117, 118, 119, 143, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 152, 153, 181

Barragens 112, 114, 115, 116, 117, 183

### C

CONAMA 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 53, 54, 55, 59, 60, 62, 63, 65, 67, 68, 84, 89, 101, 180, 181, 182, 183, 185, 203, 209, 233, 234, 238, 242, 247, 248

Contaminação Ambiental 157, 163, 235

Controle 12, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 37, 40, 68, 79, 82, 83, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 103, 104, 107, 108, 110, 111, 114, 115, 130, 152, 154, 155, 156, 158, 161, 162, 165, 169, 171, 172, 180, 182, 184, 185, 188, 195, 199, 226, 231, 235, 238

### D

Dano 5, 73, 74, 76, 77, 78, 115, 183

Desenvolvimento 9, 2, 3, 4, 28, 32, 38, 39, 41, 45, 51, 73, 74, 75, 78, 82, 91, 92, 93, 95, 99, 106, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 118, 133, 137, 147, 151, 155, 166, 173, 174, 180, 181, 186, 189, 191, 195, 196, 197, 202, 203, 207, 212, 224, 226, 234, 243, 244, 254, 267, 278, 299, 300, 302

Desinfecção 161, 277, 279, 280, 281, 282, 298, 300, 301

Dessalinização 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 305, 306, 307, 308, 309

### E

Economia 2, 3, 16, 18, 20, 22, 25, 38, 75, 157, 173, 179, 190, 207, 226, 235, 277, 279, 282, 283, 284, 299

Educação Ambiental 33, 40, 80, 83, 88, 110, 168, 224, 231

Efluente Tratado 277, 279, 280, 284

Eletrocoagulação 212, 223

Energia 9, 38, 73, 114, 132, 133, 134, 135, 137, 139, 140, 141, 144, 172, 173, 174, 175, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 190, 191, 193, 195, 204, 205, 208, 223, 282, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 309  
Escassez hídrica 201, 202  
Esgoto 96, 195, 205, 208, 277, 279, 280, 281, 284, 285  
Espaço urbano 287  
Estatística 52, 112, 122, 124, 246, 297, 300  
Eutrofização 38, 253, 254, 257, 263

## F

Filtração 277, 281, 282  
Fontes 4, 5, 6, 11, 12, 16, 54, 64, 68, 73, 118, 152, 174, 179, 204, 209, 236, 246, 258, 266, 267, 303

## G

Geomorfologia 143  
Gramínea 265

## H

Herbácea 264, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 273  
Hidroeletricidade 172, 173, 174, 175, 177, 178, 183  
Hidrologia 117, 153, 112, 117, 153  
Histopatologia 24, 27

## I

Impactos 9, 13, 25, 29, 37, 38, 40, 53, 55, 67, 72, 81, 92, 93, 94, 95, 108, 113, 154, 156, 157, 161, 164, 166, 168, 170, 172, 173, 174, 178, 179, 180, 181, 183, 186, 193, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 225, 227, 228, 230, 231, 233, 234, 235, 247, 264, 287  
irrigação 24, 26, 29, 31, 152, 179, 207, 254, 258, 277, 280, 284

## L

Lixo Urbano 65, 246, 287

## M

Meio Ambiente 1, 9, 3, 4, 5, 6, 40, 65, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 154, 157, 161, 167, 168, 172, 173, 178, 179, 183, 184, 185, 190, 199, 201, 202, 203, 224, 226, 228, 233, 7, 10, 11, 12, 14, 34, 36, 67, 70, 71, 79, 80, 98, 131, 132, 153, 161, 180, 182, 184, 185, 186, 201, 203, 209, 231, 248, 255, 297, 298, 305, 311  
Metais 53, 55, 58, 59, 60, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 166, 171, 205, 233, 234, 235, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 266, 274  
Mitigação 3, 93, 172, 181, 201, 203  
Modelagem 68, 112, 124, 129, 126, 129, 153  
Morfometria 143, 150, 153  
Mudanças Climáticas 23, 112, 114, 124, 131, 260

## N

Nutrientes 37, 38, 40, 48, 49, 51, 55, 152, 195, 196, 204, 205, 234, 240, 241, 242, 254, 257, 258, 264, 266, 267, 270, 273, 274

## P

Pluvial 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 65, 106, 195, 198, 266, 267

Poluição 1, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 25, 26, 72, 73, 80, 91, 93, 107, 109, 121, 166, 173, 180, 184, 185, 195, 196, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 225, 226, 227, 234, 235, 245, 264, 266, 274

Potabilidade 299, 300

Produção Agrícola 179, 233, 247

Produtores Rurais 154, 158, 159

## R

Reservatório 17, 18, 20, 21, 73, 115, 119, 129, 130, 179, 183, 253, 257, 258, 259, 260, 267, 280, 282, 283

Residuais 205

Resíduos hospitalares 81, 83, 86

## S

Solo 38, 39, 47, 54, 55, 57, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 116, 117, 118, 120, 121, 124, 129, 130, 144, 146, 152, 153, 166, 204, 207, 225, 230, 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 265, 266, 267, 268, 273, 274, 55, 61, 62, 66, 68, 70, 113, 144, 196, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249

Sustentável 38, 40, 52, 78, 91, 92, 95, 99, 101, 106, 110, 111, 113, 173, 174, 180, 186, 198, 200, 203, 226, 278, 297, 300, 301

## T

Tratamento 16, 19, 22, 37, 63, 83, 106, 107, 108, 109, 134, 145, 161, 193, 196, 197, 198, 202, 205, 207, 208, 212, 223, 227, 228, 229, 277, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 298, 299, 300, 301, 303, 308

 **Atena**  
Publisher

**2 0 2 0**