



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

**Atena**  
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

**Atena**  
Editora

Ano 2020

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:** Geraldo Alves

**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  
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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  
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  
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  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 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  
Profª Drª 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. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D371	<p>Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-952-3 DOI 10.22533/at.ed.523202101</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 29 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma 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>
ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Artemisa Fontinele Frota Luís Henrique Magalhães Costa Rafael Pereira Maciel Marco Aurélio Holanda De Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>25</b>
POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE	
Angela Maria Coêlho de Andrade Caio Cesário de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>38</b>
AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	
Felipe R. A. dos Santos Clément Van Vlierberghe Guilherme F. Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>52</b>
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO ( <i>Zea mays</i> L.)	
Rhégia Brandão da Silva Leonardo Duarte Batista da Silva Alexandre Lioi Nascentes Antonio Carlos Faria de Melo Dinara Grasiela Alves Everaldo Zonta João Paulo Francisco Marcos Filgueiras Jorge	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>76</b>
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS	
Lenise Farias Martins Rafael Pereira Maciel Luis Henrique Magalhães Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021015</b>	



**CAPÍTULO 6 ..... 86**

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA DE UM REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF) PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE SINTÉTICO CONTENDO D-LIMONENO

Arnaldo Sarti  
Bruna Sampaio de Mello  
Brenda Clara Gomes Rodrigues  
Maria Angélica Martins Costa  
Samuel Conceição de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.5232021016**

**CAPÍTULO 7 ..... 98**

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça  
Hudson Tiago dos S. Pedroso

**DOI 10.22533/at.ed.5232021017**

**CAPÍTULO 8 ..... 111**

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Ana Carla Leite Carvalho  
Leonardo Augusto Lobato Bello  
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes  
Marco Valério Albuquerque Vinagre

**DOI 10.22533/at.ed.5232021018**

**CAPÍTULO 9 ..... 122**

ESTUDO DE ÁREA DE RISCO DEVIDO À EROÇÃO HÍDRICA EM TRECHO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ / SP – CAUSAS E SOLUÇÃO

José Roberto Rasi  
Roberto Bernardo  
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

**DOI 10.22533/at.ed.5232021019**

**CAPÍTULO 10 ..... 136**

FATORES DETERMINANTES PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA EFICAZ EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz  
Tiago Pontual Waked  
Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.52320210110**

**CAPÍTULO 11 ..... 145**

FISCALIZAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL REMOTA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO – DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO

Flávia Oliveira Della Santina  
Rodolfo Gustavo Ferreras

**DOI 10.22533/at.ed.52320210111**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>161</b>
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO	
Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo Simone Rosa da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>180</b>
APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO	
Luiz Claudio Drumond	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>190</b>
METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO DE SANEAMENTO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET	
Stefan Igreja Mühlhofer Carolina Silva de Oliveira Sá Teles	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>204</b>
VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN	
Julyenne Kerolainy Leite Lima Marília Adelino da Silva Lima Teonia Casado da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>212</b>
OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M <sup>3</sup> , SISTEMA PIRAPAMA-PE)	
Hudson Tiago dos S. Pedrosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>228</b>
PERSPECTIVA DOS 20 ANOS DA LEI N°9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES DE RECURSOS HÍDRICOS ACERCA DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	
Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210117</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>238</b>
PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO	
Luis Henrique Pereira da Silva Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz Leonardo Nascimento de Oliveira Milton Tavares de Melo Neto Hudson Tiago dos Santos Pedrosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>247</b>
PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO	
Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa Lidia Yokoyama Sérgio Pagnin Andréa Azevedo Veiga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>260</b>
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM SANEAMENTO	
Ricardo Martins Anderson Sandrini Botega Eduardo Silvano Batista Gislaine Lonardi Katia Viviane Motta Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>274</b>
PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE	
Manuella Andrade Swierczynski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>293</b>
PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES	
Roberto Santos de Oliveira Julio Cesar Oliveira Antunes Lucas Olive Pinho Silva Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>305</b>
PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM	
Marcos André Capitulino de Barros Filho Pedro Henrique Matias Dantas	

Lucas Vieira Fernandes  
Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior  
**DOI 10.22533/at.ed.52320210123**

**CAPÍTULO 24 ..... 318**

QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO JARDIM CABANO DA VILA DOS CABANOS, MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Claudio Farias de Almeida Junior  
Ronaldo Pimentel Ribeiro  
Mirian Favacho da Silva Ramos  
Amanda Ingrid da Silva Therezo  
Márcia de Almeida  
Marcos Antônio Barros dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.52320210124**

**CAPÍTULO 25 ..... 327**

RECUPERAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS: O CASO DE VALE DO CATIMBAU

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz  
Paulo César Nunes Pinho  
José Antônio Charão Cunha  
Luis Henrique Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.52320210125**

**CAPÍTULO 26 ..... 338**

RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. AÇÕES QUE FIZERAM A DIFERENÇA NA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/PORTO DE SANTARÉM – PARÁ – AMAZÔNIA

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade  
Andrelle Soares Dantas Faria  
Paula Danielly Belmont Coelho

**DOI 10.22533/at.ed.52320210126**

**CAPÍTULO 27 ..... 349**

SANEAMENTO DE QUALIDADE É CONSTRUÍDO COM FOCO EM GESTÃO: A EXPERIÊNCIA DA EMBASA – UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA COM A IMPLANTAÇÃO DO MEG

Sebastiana Flávia Lima dos Santos  
Gustavo Lima Magalhães Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.52320210127**

**CAPÍTULO 28 ..... 360**

TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Jaqueline Ineu Golombieski  
Débora Seben  
Joseânia Salbego  
Elisia Gomes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.52320210128**

<b>CAPÍTULO 29 .....</b>	<b>370</b>
--------------------------	------------

**TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA**

Edilaine Regina Pereira  
Maik Mauro Alves  
Bruna Ricci Bicudo  
Dandley Vizibelli  
Fellipe Jhordã Ladeia Janz

**DOI 10.22533/at.ed.52320210129**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>383</b>
---------------------------------	------------

<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>384</b>
-------------------------------	------------

## TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Data de aceite: 09/01/2020

### Jaqueline Ineu Golombieski

Doutora em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Atualmente é Professor Adjunto da UFSM *campus* Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul.

### Débora Seben

Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência e tecnologia Ambiental (PPGCTA), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM *campus* Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul.

### Joseânia Salbego

Doutora em Farmacologia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Rio Grande do Sul.

### Elisia Gomes da Silva

Servidora da UFSM; Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Farmacologia. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Rio Grande do Sul.

**RESUMO:** O uso de agrotóxicos nas culturas pode chegar aos corpos hídricos e afetar uma população receptora de organismos não alvo destes produtos químicos. O objetivo deste estudo foi verificar se a formulação comercial dos inseticidas clorantraniliprole e tiametoxam, utilizados em lavouras arrozeiras, alteram os parâmetros metabólicos de organismos não-alvo, jundiás (*Rhamdia quelen*), expostos

em condições laboratoriais. Peixes (n=54 organismos) foram divididos em seis unidades (n= 6/repetição), em triplicata para cada tratamento. Os tratamentos utilizados foram: Experimento I - clorantraniliprole: T1 - controle (sem agrotóxico), T2 - 0,02 e T3 - 0,20 µg/L, com jundiás expostos 24 e 96h e 96h de recuperação (água sem agrotóxico); Experimento II - tiametoxam: T1 - controle, T2 – 1,125 e T3 – 3,75 µg/L, com jundiás expostos 24 e 96h e 48h de recuperação. Nas 24h, 96h, 48 ou 96h de recuperação os peixes foram eutanasiados e após coletadas amostras de tecido hepático e muscular para posterior análises. Foram observadas nos experimentos I e II, alterações nos níveis de glicose, glicogênio e lactato (hepático e muscular). Desta forma, o estudo sugere que os inseticidas Clorantraniliprole e Tiametoxam, utilizados intensamente em lavouras de arroz no sul do Brasil, em todas as concentrações e tempo de exposição testados, alteram os parâmetros metabólicos dos tecidos fígado e músculo e podem exercer estresse em jundiás *R. quelen*. Verificou-se também a incapacidade de os peixes voltarem aos seus níveis metabólicos normais, após contato com o ambiente estressor (agrotóxico).

**PALAVRAS-CHAVE:** Agrotóxico, bioindicador, biomarcador, metabólicos, peixe.

## ACUTE TOXICOLOGY OF *Rhamdia quelen* EXPOSED TO XENOBITICS USED IN RICE CROPS

**ABSTRACT:** The use of pesticides in crops can reach water bodies and affect a population receiving organisms not targeted by these chemicals. The objective of this study was to verify if the commercial formulation of chlorantraniliprole and thiametoxan insecticides, used in rice fields, alter the metabolic parameters of non-target organisms, silver catfish (*Rhamdia quelen*), exposed under laboratory conditions. Fish (n = 54 organisms) were divided into six units (n = 6 / repetition) in triplicate for each treatment. The treatments used were: Experiment I - chlorantraniliprole: T1 - control (without pesticide), T2 - 0.02 and T3 - 0.20 µg / L, with exposed silver catfish 24 and 96h and 96h recovery (water without pesticide); Experiment II -thiametoxan: T1 - control, T2 - 1.125 and T3 - 3.75 µg / L, with silver catfish exposed 24 and 96h and 48h recovery. At 24h, 96h, 48 or 96h recovery the fish were euthanized and after liver and muscle tissue samples were collected for further analysis. Experiments I and II showed changes in glucose, glycogen and lactate levels (liver and muscle). Thus, the study suggests that the insecticides Chlorantraniliprole and Thiametoxan, used intensively in rice farms in southern Brazil, at all concentrations and exposure time tested, alter the metabolic parameters of liver and muscle tissues and may exert stress in silver catfish *R. quelen*. Fish were also unable to return to their normal metabolic levels after contact with the stressful environment (pesticide).

**KEYWORDS:** Agrotoxic, bioindicator, biomarker, metabolic, fish.

### 1 | INTRODUÇÃO

Para atender as demandas da produção de alimentos, o uso de agrotóxicos vem aumentando a cada safra na cultura do arroz irrigado, o que traz preocupações quanto à contaminação e risco ambiental que os mesmos podem oferecer. Tal fato tornou-se assunto para diversos estudos científicos (MAHBOOB et al., 2015; SHARMA et al., 2015; YADAV et al., 2015) carbofuran, cypermethrin, profenofos, triazophos, and deltamethrin, devido a constante presença de produtos químicos encontrados em amostras de águas subterrâneas e de culturas, visto que a água utilizada no cultivo do arroz irrigado é despejada diretamente no ambiente, podendo com facilidade chegar a córregos e rios, causando contaminação do ecossistema, especialmente em peixes, de agrotóxicos utilizados nestas lavouras (KREUTZ et al., 2008).

A piscicultura, concomitante com o cultivo do arroz irrigado é uma atividade que tem se tornado frequente. As duas atividades ocorrem em espaços separados, mas ao mesmo tempo e utilizando a mesma água (CLASEN et al., 2018). Neste sentido surge a preocupação com relação à contaminação ambiental em decorrência do uso de agrotóxicos utilizados no cultivo do arroz irrigado.

Estudos que relacionam os efeitos do uso dos agrotóxicos em peixes tem se tornado frequentes (KREUTZ et al., 2008; CERICATO et al., 2009; SALBEGO et al., 2010; GOLOMBIESKI et al., 2016; MARCHEZAN et al., 2016; BALDISSERA et al., 2018; CLASEN et al., 2018;).

O Clorantraniliprole é um inseticida pertencente a classe anthranilicdiamide, usado nas culturas de arroz, café, maçã, pêsego e cana-de-açúcar. Tal produto possui classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental II (muito perigoso ao meio ambiente). Estudos relacionados apontam a persistência do inseticida Clorantraniliprole na água até sete dias (ZHANG et al., 2012; TELÓ et al., 2015).

O Tiametoxam é um agrotóxico orgânico sintético incluído na classe dos neonicotinóides, considerado o inseticida mais rentável do mundo devido ao seu amplo uso para controlar numerosas pragas de insetos sugadores e mordedores para proteger a cultura (BARGANSKA et al. 2013), e atua nos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) em insetos e mamíferos (MAIENFISCH et al., 2001; TOMIZAWA e CASIDA, 2005). É importante ressaltar que o tiametoxam é considerado um potencial contaminante na água superficial e subterrânea devido à baixa sorção do solo, alta capacidade de lixiviação, alta solubilidade em água e resistência ao tratamento biológico, sendo considerado um risco significativo para os ecossistemas aquáticos (YANG et al., 2014).

Embora esses inseticidas sejam considerados essenciais para o desenvolvimento da agricultura, eles também podem causar séria contaminação ambiental, principalmente em sistemas aquáticos em que os organismos são considerados importantes bioindicadores (DAS E MUKHERJEE, 2003; DOLCI et al., 2014, DO AMARAL et al., 2018).

O peixe teleósteo *Rhamdia quelen* (heptapteridae), conhecido popularmente como jundiá provou ser um bom modelo para avaliar a toxicidade e os efeitos de contaminantes (GOLOMBIESKI et al., 2016; BALDISSERA et al., 2018). Além disso, é uma espécie ecologicamente relevante que mostra uma boa taxa de crescimento, altas taxas de fertilização e eclosão dos ovos e é popular entre os consumidores (GOMES et al., 2000). Também é adequada para a cultura de arroz irrigado e peixe, conhecida como rizipiscicultura.

Devido aos produtos utilizados neste estudo serem relativamente novos no mercado, e pela carência de estudos acerca da toxicologia em organismos não alvo, o presente estudo visa avaliar a toxicologia dos inseticidas Clorantraniliprole e Tiametoxam em *Rhamdia quelen*. O objetivo deste trabalho foi verificar se a formulação comercial dos inseticidas clorantraniliprole e tiametoxam, utilizados em lavouras arrozeiras, altera os parâmetros metabólicos de organismos não-alvo, jundiás (*Rhamdia quelen*), expostos em condições laboratoriais.



## 2 | METODOLOGIA

A formulação comercial do inseticida Altacor® (clorantraniliprole) é [3-bromo-4-chloro-1-(3-chloro-2-pyridil)-2'-methyl-6'-(methylcarbamoyl)pyrazole-5-carboxinilide] (fabricante DuPont S.A.), e do inseticida Actara® (tiametoxam) é 3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro) amine (fabricante Syngenta), sendo que a dose indicada para aplicação nas lavouras arrozeiras é de 30 e 37 g.i.a./ha, respectivamente (REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2016).

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia de Peixes (LAFIPE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS/Brasil. Inicialmente os peixes foram adquiridos em pisciculturas particulares da região, transportados ao laboratório e aclimatados por sete dias (temperatura 20 °C) e em seguida, acondicionados em caixas de polietileno de 250L.

Foram realizados dois experimentos em tempos diferentes e, em ambos, os jundiás foram expostos por um período de 96h (exposição aguda) aos tratamentos utilizados e por um período de recuperação, de 96h para o clorantraniliprole e 48h para o tiametoxam. No Experimento I (clorantraniliprole) e Experimento II (tiametoxam), os jundiás utilizados (94,43±7,71 g e 21,75±0,68 cm; 106,27±20,21 g e 23,5±1,19 cm, respectivamente) (54 organismos; n= 6/repetição), em triplicata para cada tratamento, foram expostos ao tratamento controle, sem adição de agrotóxico (T1), mais os tratamentos com adição do agrotóxico. No Experimento I: T1=controle, T2 (0,02 µg/L) e T3 (0,20 µg/L). No Experimento II: T1=controle, T2 (1,125 µg/L) T3 (3,75 µg/L).

Os peixes recebiam oferta diária de alimento (ração comercial com 28% de proteína bruta), exceto nos dias em que eram realizadas coletas (24 e 96h de exposição para ambos os experimentos e 96h e 48h de recuperação, para Experimento I e II, respectivamente), visto o estresse que tal situação pudesse causar. No Experimento I, os peixes da caixa controle (T1) não se alimentaram durante o período de exposição, fato contrário ocorreu no período de recuperação, além de os dois tratamentos com agrotóxico (durante todo o período experimental) se alimentaram. No Experimento II não existiram diferenças, entre os tratamentos, quanto ao consumo de alimento.

Antes de iniciar o abate e a coleta dos tecidos biológicos, os peixes passaram por um processo de anestesia, com 50 mg/L de Eugenol, conforme regulamentação do Comitê de Ética e Experimentação Animal da UFSM (registro n. 067/2014). Após as primeiras 24 e 96h de exposição aos inseticidas, além do período de recuperação (96 ou 48h, respectivamente), os peixes foram eutanasiados por secção da coluna vertebral e foram coletados, além de sangue, os tecidos biológicos (fígado e músculo) e congelados a -20°C. No período de recuperação os peixes restantes

foram transferidos para caixas contendo apenas água limpa (sem agrotóxico), mantendo as mesmas características físico/químicas anteriormente, a fim de avaliar uma possível recuperação destes, caso houvesse a contaminação.

Após o término dos Experimentos I e II, as porções dos tecidos fígado e músculo (em duplicata), foram pesadas, e homogeneizadas para determinação dos parâmetros metabólicos: níveis de glicose e glicogênio (DUBOIS et al., 1956) e os níveis de lactato (HARROWER e BROWN, 1972).

Diariamente, foram monitorados os parâmetros de qualidade da água dos experimentos, tais como: pH e temperatura (pHmetro portátil) e oxigênio dissolvido (Oxímetro); amônia total, dureza total e alcalinidade total da água, todos conforme APHA (2012) e amônia não ionizada (COLT, 2002).

A concentração do composto químico foi determinada na água coletada nas caixas no início (0h) e no final do período experimental (96h), através de Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à Espectrometria de Massa (UHPLC-MS/MS) (DONATO et al., 2015).

Na análise estatística dos dados, a homogeneidade das variâncias entre os grupos foi testada com o teste de Levene. Na comparação entre os diferentes grupos foi utilizada ANOVA de duas vias e teste de Tukey ou Scheirer Ray Hare extensão do teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Nemenyi (Software Estatística 7.0). O nível mínimo de significância foi  $p \leq 0,05$ . Todos os valores são apresentados como média  $\pm$  erro padrão.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de glicose hepática (Tabela 1) (Experimento I) aumentaram significativamente nos tratamentos com clorantraniliprole nas primeiras 24h, mantendo-se alto em todo o experimento (24 e 96h de exposição e 96h de recuperação). Os níveis de glicogênio hepático diminuíram significativamente nos tratamentos com clorantraniliprole nas 24 h de exposição e, posteriormente, aumentaram significativamente até o final do período de recuperação (Tabela 1).

Os níveis de lactato no fígado (Tabela 1) não sofreram alterações nos dois tratamentos testados nas 24h de exposição, sendo que nos demais períodos houve aumento significativo.

Durante o período de exposição, no tecido muscular (Tabela 1) (Experimento I), não houve diferença significativa nos níveis de glicose, nos dois tratamentos testados com clorantraniliprole em relação ao controle. Entretanto, nas 96h de recuperação, os níveis de glicose, nos tratamentos com clorantraniliprole sofreram aumento significativo quando comparados ao controle. Não houve diferença significativa nos níveis de glicogênio muscular nas primeiras 24h de exposição, mas nas 96h de

exposição, houve aumento significativo nos tratamentos com clorantraniliprole em relação ao controle. Não houve diferença significativa nos níveis de glicogênio nas 96h de recuperação (Tabela 1). Houve aumento significativo nos níveis de lactato no músculo, o qual se manteve apenas no 0,20 µg/L durante o período de recuperação (Tabela 1).

No Experimento II em fígado (Tabela 2), em 24 e 96h de exposição, *R. quelen* expostos a tiametoxam apresentaram redução nos níveis de glicose em 3,75 µg/L, comparado ao tratamento controle. Entretanto, houve um aumento, nesta mesma concentração, no período de recuperação em relação ao grupo controle. Níveis baixos de glicose foram obtidos onde os níveis de glicogênio e de lactato hepático aumentaram em ambas as concentrações e tempos de exposição e recuperação, quando comparados ao grupo controle.

Em relação ao controle em 24, 96h e no período de recuperação, os níveis de glicose no Experimento II foram baixos no músculo (exceto para 1,125 µg/L, 24 h) (Tabela 2). Similarmente, em 24h, 1,125 e 3,75 µg/L os níveis de glicogênio muscular foram altos se comparados ao período de recuperação (Tabela 2). Níveis de lactato muscular foram baixos quando comparados ao controle, durante o tempo de exposição ao agrotóxico (Tabela 2).

Tempos/trat.	Parâmetros avaliados					
	Fígado			Músculo		
	Glicose	Glicogênio	Lactato	Glicose	Glicogênio	Lactato
<i>24h</i>						
Controle	49,33±6,85	165,80±4,33	3,16±0,11	18,49±0,33	13,32±1,08	1,25±0,04
0,02 µg/L	121,00±2,65*	136,05±1,39*	3,43±0,40	17,34±0,99	14,43±1,33	1,62±0,03*
0,20 µg/L	86,33±5,02*	151,80±10,21*	3,29±0,25	20,10±2,62	13,95±1,05	3,01±0,02*
<i>96h</i>						
Controle	58,63±1,82	221,60±10,01	3,34±0,10	26,15±1,58	15,60±1,40	1,41±0,15
0,02 µg/L	146,33±1,20*	258,20±21,10*	4,54±0,27*	27,1±0,28	27,71±2,66*	1,64±0,09*
0,20 µg/L	308,00±26,06*	282,90±33,63*	7,06±0,29*	26,75±0,93	19,20±0,37*	3,40±0,22*
<i>96h recup.</i>						
Controle	112,83±8,45	223,20±14,40	5,98±0,49	17,25±1,53	15,23±1,73	1,61±0,03
0,02 µg/L	175,17±9,69*	374,40±21,60*	10,18±0,55*	26,03±1,46*	15,71±1,12	1,48±0,20
0,20 µg/L	160,5±8,67	328,40±30,72*	8,06±0,57*	27,45±1,14*	14,59±0,33	2,40±0,02*

Tabela 1- Metabólitos hepático e muscular (µg/g tecido) de jundiás (*Rhamdia quelen*) não expostos (controle) e expostos ao clorantraniliprole por 24, 96h de exposição e 96h de recuperação – Experimento I.

\* indicam diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle. Os resultados estão apresentados em média ± erro padrão para cada grupo (n = 6, P < 0,05). 96h recup. = 96 h do período de recuperação.

Parâmetros avaliados						
Tempos/trat.	Fígado			Músculo		
	Glicose	Glicogênio	Lactato	Glicose	Glicogênio	Lactato
<i>24h</i>						
Controle	61,90±2,50	40,90±3,96	27,52±3,20	19,17±2,00	12,40±0,71	3,36±0,22
1,125 µg/L	65,50±2,16	63,20±2,70*	48,39±3,34*	17,37±1,91	19,67±2,08*	1,02±0,15*
3,75 µg/L	50,60±2,72*	60,30±3,79*	39,52±3,48*	10,45±2,57*	18,42±1,66*	1,61±0,16*
<i>96h</i>						
Controle	58,20±3,27	41,20±4,81	25,53±3,04	20,10±1,50	11,92±1,43	3,64±0,30
1,125 µg/L	62,00±2,58	66,50±4,68*	43,85±1,98*	13,45±0,77*	7,20±1,93	1,81±0,28*
3,75 µg/L	46,90±2,32*	62,50±2,15*	55,63±2,58*	12,50±1,79*	8,80±1,37	2,06±0,28*
<i>48h recup.</i>						
Controle	59,90±2,61	42,60±3,91	26,18±3,52	20,10±1,31	10,55±0,58	3,09±0,19
1,125 µg/L	68,60±2,17	65,50±2,44*	46,22±2,28*	12,90±2,16*	9,35±1,25	2,92±0,23
3,75 µg/L	69,30±2,82*	59,30±3,44*	49,28±2,38*	11,87±0,71*	7,42±0,91	3,56±0,29

Tabela 2- Metabólitos hepático e muscular ( $\mu\text{g/g}$  tecido) de jundiás (*Rhamdia quelen*) não expostos (controle) e expostos ao tiametoxan por 24, 96h de exposição e 48h de recuperação – Experimento II.

\* indicam diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle. Os resultados estão apresentados em média  $\pm$  erro padrão para cada grupo ( $n = 6$ ,  $P < 0,05$ ). 48h recup. = 48h do período de recuperação.

A glicose é responsável pelo fornecimento de energia ao organismo. No Experimento I, nas primeiras 24 h de exposição, o aumento dos níveis de glicose hepática, pode ser oriundo do aumento dos níveis de cortisol do organismo, fazendo o mesmo se agitar e fornecer mais energia para o correto funcionamento das funções do corpo, o que não aconteceu no Experimento II, onde a glicose foi quebrada para fornecer energia para o corpo. Fato semelhante ao Experimento I foi observado por ROSSI (2013) que afirmou que a glicose foi o combustível inicial no metabolismo dos peixes intoxicados. No experimento II, as alterações nos níveis de glicose no fígado ocorreram apenas no tratamento com maior quantidade de agrotóxico, enquanto que no músculo, os níveis de glicose diminuíram significativamente no Experimento II, o que caracteriza a quebra da glicose para obtenção de energia, diminuindo assim seus níveis. Nos períodos posteriores (96h de exposição e 96 e 48h de recuperação, respectivamente), no Experimento I, os níveis de glicose hepática e muscular aumentaram significativamente, sendo este aumento oriundo da alimentação visto que os peixes dos tratamentos com agrotóxicos se alimentaram, diferentemente dos peixes do tratamento controle. Fato contrário ocorreu com os peixes do Experimento II que tiveram seus níveis de glicose diminuídos, podendo ser justificada a interferência dos níveis de cortisol nos níveis de glicose.

Em relação ao glicogênio, no Experimento I, durante as primeiras 24 h de

exposição, os peixes não consumiram ração, e por isso necessitou-se fazer a quebra do glicogênio no fígado, diminuindo assim suas concentrações nos tratamentos testados, visto a necessidade de se manterem devido ao ambiente estressor (agrotóxico), sendo resultado semelhante ao encontrado por MENEZES et al. (2014), quando expuseram *R. quelen* ao herbicida 2,4-D. O fígado em peixes é um órgão que executa várias funções associadas com o metabolismo de xenobióticos, e ele é um meio de detoxicação dos tecidos e reações primárias após o estresse causado pelos toxicantes. Fato contrário aconteceu com o Experimento II, onde os níveis de glicogênio aumentaram, considerando que os peixes, por não terem consumido alimento, obtiveram energia da glicose (o que diminuiu seus níveis) enquanto que os níveis de glicogênios puderam ser repostos. Entretanto, existem outros tecidos, como o músculo, envolvidos no metabolismo para ajustar as funções vitais (SALBEGO et al., 2010; ROSSI, 2013; GOLOMBIESKI et al., 2016). Nos períodos seguintes, em ambos os Experimentos, os peixes se alimentaram (em todos os tratamentos), evidenciando um aumento numérico dos níveis de glicogênio no fígado destes, já que os mesmos não necessitavam realizar a sua quebra, visto que obtinham energia através da glicose, pela alimentação.

Em relação ao lactato, no Experimento I em fígado e músculo e no Experimento II em fígado, houve aumento dos níveis deste parâmetro, o que corrobora com pesquisa de MENEZES et al. (2014) realizada com agrotóxico (herbicida 2,4-D). Diferentemente do período de exposição ao agrotóxico no Experimento II que os níveis de lactato muscular diminuíram, visto a necessidade de oxigênio para o desenvolvimento das atividades.

## 4 | CONCLUSÃO

Desta forma, os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que a exposição subletal (aguda) aos inseticidas clorantropilprole e tiametoxam, utilizados intensamente em lavouras de arroz no sul do Brasil, em todas as concentrações testadas, alteram os parâmetros metabólicos dos tecidos fígado e músculo e podem exercer estresse em jundiás *R. quelen*. Além disto, verificou-se também a incapacidade de os peixes voltarem aos seus níveis metabólicos normais, após contato com o ambiente estressor (água + agrotóxico).

## REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 22<sup>nd</sup> edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Edited by: Eugene W. Rice, Rodger B. Baird, Andrew D. Eaton, Lenore S. Clesceri. 2012.

- BALDISSERA, M. et al. Thiamethoxam induced hepatic energy changes in silver catfish via impairment of the phosphoryl transfer network pathway: Toxicological effects on energetics homeostasis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 60, p. 1-4, 2018.
- BARGANSKA et al. Pesticide residues levels in honey from apiaries located of Northern Poland. **Food Control**, v. 31, p. 196-201, 2013.
- CERICATO, L. et al. Responsiveness of the interrenal tissue of Jundiá (*Rhamdia quelen*) to an in vivo ACTH test following acute exposure to sublethal concentrations of agrichemicals. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology**, v. 149, n. 3, p. 363–367, 2009.
- CLASEN, B. et al. Bioaccumulation and oxidative stress caused by pesticides in *Cyprinus carpio* reared in a rice- fish system. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 737-743, 2018.
- DAS, B.K.; MUKHERJEE, S.C. Toxicity of cypermethrin in *Labeo rohita* fingerlings: biochemical, enzymatic and hematological consequences. **Comp Biochem Physiol C: Toxicol Pharmacol**, v. 134, 109-121, 2003.
- DO AMARAL, et al. Seasonal implications on toxicity biomarkers of *Loricariichthys anus* (Valenciennes, 1835) from a subtropical reservoir. **Chemosphere**, v. 191, 876-885, 2018.
- DOLCI, G.S. et al. Hypoxia acclimation protects against oxidative damage and changes in prolactin and somatolactin expression in silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to manganese. **Aquat Toxicol**, v. 157, 175-185, 2014.
- DONATO, F.F. et al. Development of a Multiresidue Method for Pesticide Analysis in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Determination by Gas and Liquid Chromatography with Triple Quadrupole Tandem Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 10, p. 2077-2087, 2015.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-358, 1956.
- GOLOMBIESKI, J.I. et al. Imazapyr + imazapic herbicide determines acute toxicity in silver catfish *Rhamdia quelen*. **Journal Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 128, p. 91–99, 2016.
- GOMES, L.C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, p. 179-185, 2000.
- HARROWER, J.R.; BROWN, C.H. Blood lactic acid: a micromethod adapted to field collection of microliter samples. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, n. 5, p. 709-711, 1972.
- KREUTZ, L. C. et al. Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1050–1055, 2008.
- MAHBOOB, S. et al. Health risks associated with pesticide residues in water, sediments and the muscle tissues of *Catla catla* at Head Balloki on the River Ravi. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 3, p. 1–10, 2015.
- MAIENFISCH, P. et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Manag Sci**. v. 57, p. 906-913, 2001.
- MARCHEZAN, E. et al. Produção integrada de arroz irrigado e peixes. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 411-417, 2016.
- MENEZES, C. et al. Commercial formulation containing 2,4-D affects biochemical parameters and

morphological indices of silver catfish exposed for 90 days. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41, p. 323-330, 2014.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (Rio Grande do Sul). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. In: XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p., il.

ROSSI, P.A. **Alterações bioquímico-fisiológicas em pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887) exposto a um inseticida à base de deltametrina**. São Carlos, 2013. p. 11–77, 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

SALBEGO, J. et al. Herbicide formulation with glyphosate affects growth, acetylcholinesterase activity, and metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). **Journal Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 58, p. 740-745, 2010.

SHARMA, R. et al. Impact evaluation indicators of an Integrated Pest Management program in vegetable crops in the subtropical region of Jammu and Kashmir, India. **Crop Protection**, v. 67, p. 191–199, 2015.

TELÓ, G. M. et al. Residues of thiamethoxam and chlorantraniliprole in rice grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 8, p. 2119–2126, 2015.

TOMIZAWA, M., CASIDA, J.E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annu Rev Pharmacol Toxicol**, v. 45, p. 247-268, 2005.

YADAV et al. Current status of persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 123–137, 2015.

YANG, H. et al. Consideration on degradation kinetics and mechanism of thiamethoxam by reactive oxidative species (ROS) during photocatalytic process. **Chem Eng J.**, v. 245, p. 24-33, 2014.

ZHANG, J. M. et al. Residues of chlorantraniliprole in rice field ecosystem. **Chemosphere**, v. 87, n. 2, p. 132–136, 2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água potável 27, 35, 189, 264, 293, 302, 303, 325, 336, 350

Águas subterrâneas 25, 26, 27, 30, 33, 36, 37, 54, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 174, 179, 318, 319, 322, 323, 324, 326, 336, 361

Água subterrânea 25, 35, 36, 112, 117, 118, 119, 120, 161, 175, 318, 319, 324, 325, 377

Análises 25, 27, 28, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 49, 50, 56, 91, 126, 140, 141, 158, 164, 267, 271, 301, 302, 320, 321, 322, 324, 360, 370, 373, 376, 379

### B

Biogás 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 90

Busca exaustiva 1, 3, 4, 7, 20, 22, 23

### C

Conservação 159, 161, 162, 163, 164, 171, 178, 179, 259, 264, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 283, 284, 287, 292, 303, 338, 342

### D

Degradação dos solos 122

Desenvolvimento web 76, 78

Desperdício de água 293, 303

Destilador 293, 295, 296, 298, 301, 302

Digestor anaeróbio 38, 40, 43, 49

### E

Educação ambiental 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 290, 291, 292, 304, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 348

Eficiência hídrica 293, 294

Erosão hídrica 122, 123, 124, 126, 129, 135

Erosão urbana 122

### F

Fiscalização 140, 145, 146, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 261, 263, 264, 383

Fiscalização direta 145

Fiscalização indireta 145

### G

Gestão da manutenção 136, 137, 138, 139, 143, 144

God 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

### H

Hidráulica de canais 76, 77, 78, 79, 85



## I

Indicadores 100, 140, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 176, 181, 241, 246, 292, 358  
Inibição da atividade microbiana 38

## L

Lodo físico-químico 38, 41, 42, 43, 47, 48

## M

Manutenção evolutiva 136

Manutenção preventiva 136, 330, 335

Medidores estáticos 180, 181, 184, 189

Meio ambiente 75, 111, 116, 122, 123, 228, 229, 233, 235, 236, 237, 263, 264, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 303, 304, 326, 338, 339, 342, 344, 345, 347, 362, 382, 383

## O

Otimização 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 38, 40, 147, 161, 162, 163, 212, 213, 239, 240, 247, 249, 256, 259

## P

Planejamento 111, 125, 137, 139, 140, 143, 145, 146, 147, 155, 162, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 246, 289, 305, 306, 308, 310, 315, 317, 326, 349, 351, 355, 356, 383

Poço artesiano 25, 27, 28, 29, 30, 31, 35

## Q

Qualidade da água 25, 27, 30, 35, 36, 37, 74, 197, 296, 301, 302, 303, 318, 319, 325, 326, 364, 372

## R

Redes de distribuição de água 1, 2, 4

Reuso de água 178, 247, 293

## S

Submedição 100, 180, 181, 185, 187

Sulfato de alumínio 38, 41, 46, 47, 49, 50, 380

Sustentabilidade 111, 123, 162, 163, 179, 205, 206, 211, 235, 236, 274, 275, 277, 280, 285, 292, 296, 303, 304, 338, 351, 383

## T

Tecnologia 22, 35, 37, 51, 52, 74, 76, 96, 98, 109, 168, 179, 180, 182, 188, 189, 212, 227, 238, 247, 259, 274, 299, 305, 308, 313, 316, 326, 360

## V

Viabilidade 8, 161, 180, 181, 186, 187, 188, 189, 235, 261, 296

Vulnerabilidade 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 181

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**