



Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

# A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável

**Jorge González Aguilera**

**Alan Mario Zuffo**

(Organizadores)

# A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P933	A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-536-5 DOI 10.22533/at.ed.365191408  1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente - Preservação. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série.  CDD 363.7
<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 “A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável” no seu primeiro capítulo aborda uma publicação da Atena Editora, e apresenta, em seus 25 capítulos, trabalhos relacionados com preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Este volume dedicado à preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, traz uma variedade de artigos que mostram a evolução que tem acontecido em diferentes regiões do Brasil ao serem aplicadas diferentes tecnologias que vem sendo aplicadas e implantadas para fazer um melhor uso dos recursos naturais existentes no país, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área de agronomia, robótica, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações e tecnologias visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA AZADIRACHTA INDICA A. JUSS EM RESPOSTA AO MÉTODO DE CULTIVO NO NORDESTE BRASILEIRO	
Luan Henrique Barbosa de Araújo José Antônio Aleixo da Silva Gualter Guenther Costa da Silva Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira José Wesley Lima Silva Camila Costa da Nóbrega Ermelinda Maria Mota Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3651914081</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS NO MUNICÍPIO DE COMODORO – MT	
Jucilene Ferreira Barros Costa Valcir Rogério Pinto Elaine Maria Loureiro Cláudia Lúcia Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3651914082</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
AMBIENTALISMO, SUSTENTABILIDADE DENTRO DOS PENSAMENTOS DE AZIZ AB`SABER E JEAN PAUL METZGER, DIANTE DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL (12651/2012), COM A AVALIAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO C.A.R (CADASTRO AMBIENTAL RURAL)	
Giuliano Mikael Tonelo Pincerato Marcio Túlio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3651914083</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
ANÁLISE EXPLORATÓRIA E DESCRITIVA DAS DIMENSÕES DA ECOINOVAÇÃO: ESTUDO EM HABITATS DE INOVAÇÃO DO SUDOESTE DO PARANÁ	
Jaqueline de Moura Stephanye Thyanne da Silva Andriele de Prá Carvalho Paula Regina Zarelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3651914084</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
APLICAÇÃO DA ROBÓTICA NA MONITORAÇÃO AMBIENTAL	
Alejandro Rafael Garcia Ramirez Jefferson Garcia de Oliveira Tiago Dal Ross Fernandes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3651914085</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 58**

ARRANJO PRODUTIVO LEITEIRO COMO FORMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DE UMA REGIÃO DO INTERIOR DO CEARÁ

Erica Nobre Nogueira  
Daniel Paiva Mendes  
Sérgio Horta Mattos  
Valter De Souza Pinho  
Danielle Rabelo Costa

**DOI 10.22533/at.ed.3651914086**

**CAPÍTULO 7 ..... 68**

AVALIAÇÃO DA REMEDIAÇÃO DE ÁGUA POLUÍDA POR AZUL DE METILENO COM CASCAS DE BANANA DE ESPÉCIES VARIADAS

Rayssa Duarte Costa  
Jéssica Caroline da Silva  
Cintya Aparecida Christofolletti

**DOI 10.22533/at.ed.3651914087**

**CAPÍTULO 8 ..... 76**

BIOCOMBUSTÍVEIS: RELEVÂNCIA PARA O MEIO AMBIENTE

Eduarda Pereira de Oliveira  
Lucíola Lucena de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.3651914088**

**CAPÍTULO 9 ..... 80**

BIOMARCADORES PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Lígia Maria Salvo  
José Roberto Machado Cunha da Silva  
Divinomar Severino  
Magda Regina Santiago  
Helena Cristina Silva de Assis

**DOI 10.22533/at.ed.3651914089**

**CAPÍTULO 10 ..... 92**

BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA SUSTENTÁVEL

Bruno Vinicius Daquila  
Helio Conte

**DOI 10.22533/at.ed.36519140810**

**CAPÍTULO 11 ..... 106**

DESAFIOS DA CONSOLIDAÇÃO TERRITORIAL EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA: UMA EXPERIÊNCIA DE DEMARCAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO NA RESERVA EXTRATIVISTA DO CAZUMBÁ-IRACEMA

Carla Michelle Lessa  
Márcio Costa  
Patrícia da Silva  
Tiago Juruá Damo Ranzi  
Aldeci Cerqueira Maia  
Fabiana de Oliveira Hessel

**DOI 10.22533/at.ed.36519140811**

**CAPÍTULO 12 ..... 116**

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ECONOMIA CIRCULAR: CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM CENTRO URBANO

Anny Kariny Feitosa  
Júlia Elisabete Barden  
Odorico Konrad  
Manuel Arlindo Amador de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.36519140812**

**CAPÍTULO 13 ..... 124**

DISSEMINAÇÃO DE HORTAS ORGÂNICAS E ALIMENTAÇÃO CONSCIENTE

Franciele Mara Lucca Zanardo Bohm  
Paulo Alfredo Feitoza Bohm  
Guilherme de Moura Fadel  
Sarah Borsato Silva  
Sofia Alvim

**DOI 10.22533/at.ed.36519140813**

**CAPÍTULO 14 ..... 133**

FLOCULAÇÃO DE LODO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA POR FLOCULADORES TUBULARES HELICOIDAIS

Manoel Maraschin  
Keila Fernanda Soares Hedlund  
Andressa Paolla Hubner da Silva  
Elvis Carissimi

**DOI 10.22533/at.ed.36519140814**

**CAPÍTULO 15 ..... 143**

GEOTECNOLOGIA APLICADA À PERÍCIA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO CAPIM

Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Fernanda da Silva de Andrade Moreira  
Tássia Toyoi Gomes Takashima-Oliveira  
Dryelle de Nazaré Oliveira do Nascimento  
Diego Raniere Nunes Lima  
Renato Araújo da Costa  
Giovani Rezende Barbosa Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.36519140815**

**CAPÍTULO 16 ..... 152**

IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS DE ENCERRAMENTO DOS LIXÕES DO ESTADO DO ACRE – CIDADES SANEADAS

Vângela Maria Lima do Nascimento  
Patrícia de Amorim Rêgo  
Marcelo Ferreira de Freitas  
Jakeline Bezerra Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.36519140816**



<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>165</b>
LOGÍSTICA REVERSA E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL DOS PNEUS INSERVÍVEIS NO BRASIL	
Camila Simonetti Anderson Leffa Bauer Fernanda Pacheco Bernardo Fonseca Tutikian	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140817</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>177</b>
MAPEAMENTO DE BIÓTOPOS APLICADO À CONSERVAÇÃO - PLANEJAMENTO AMBIENTAL COM RASTREABILIDADE CARTOGRÁFICA	
Markus Weber Leonardo Cardoso Ivo Allan Christian Brandt	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140818</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>190</b>
O AGRO QUE NÃO É “POP”: A VERDADE SILENCIADA	
Tatiane Rezende Silva Carlos Vitor de Alencar Carvalho Viviane dos Santos Coelho Ronaldo Figueiró	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140819</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>199</b>
O USO DO MÉTODO DE INTERCEPTO DE LINHA PARA O MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO DO ECOSSISTEMA DE DUNAS DO PARQUE ESTADUAL DE ITAÚNAS	
Schirley Costalonga Scheylla Tonon Nunes Frederico Pereira Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140820</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>207</b>
PAISAGISMO ECOSSISTÊMICO: DESIGN DE ESTRUTURAS VERDES	
Gustavo D’Amaral Pereira Granja Russo Dalva Sofia Schuch	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140821</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>215</b>
PRODUÇÃO DE HIDRATOS DE DIÓXIDO DE CARBONO E DE METANO	
Aglaer Nasia Cabral Leocádio Nayla Xiomara Lozada Garcia Lucidio Cristovão Fardelone Daniela da Silva Damaceno José Roberto Nunhez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140822</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>239</b>
SÍNTESE DE HDL DE MAGNÉSIO PARA RECUPERAÇÃO DO CAROTENOIDE DO ÓLEO DE PALMA Iris Caroline dos Santos Rodrigues Marcos Enê Chaves de Oliveira Jhonatas Rodrigues Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140823</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>249</b>
USLE COMO FERRAMENTA PARA PLANEJAMENTO DE USO DO SOLO: ESTUDO DE CASO BACIA CACHOEIRA CINCO VEADOS, RS Elenice Broetto Weiler Jussara Cabral Cruz José Miguel Reichert Fernanda Dias dos Santos Bruno Campos Mantovanelli Roberta Aparecida Fantinel Marilia Ferreira Tamiosso Edner Baumhardt	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140824</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>263</b>
AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DA BIORREMEDIAÇÃO EM TERMOS DE REMOÇÃO DA ECOTOXICIDADE ASSOCIADA AO SEDIMENTO SEMA Odete Gonçalves Paulo Fernando de Almeida Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella Ana Maria Álvares Tavares da Mata	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36519140825</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>281</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>282</b>

## BIOMARCADORES PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

### **Lígia Maria Salvo**

Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP). Av. Prof. Lineu Prestes, 1524, sala 409. CEP: 05508-900, SP, Brasil.  
ligiams@usp.br

### **José Roberto Machado Cunha da Silva**

Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP). Av. Prof. Lineu Prestes, 1524, sala 409. CEP: 05508-900, SP, Brasil.

### **Divinomar Severino**

Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ/USP), São Paulo – SP, Brasil.

### **Magda Regina Santiago**

Instituto Biológico, Laboratório de Toxicologia, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental, São Paulo – SP, Brasil.

### **Helena Cristina Silva de Assis**

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Farmacologia, Curitiba – PR, Brasil.

**RESUMO:** O uso de biomarcadores possibilita avaliar os efeitos de diferentes classes de contaminantes nos ecossistemas, suas interações e prognosticar se os contaminantes poderão ou não exercer efeitos deletérios em uma comunidade específica antes que as situações se tornem irremediáveis. Os biomarcadores de contaminação ambiental podem ser definidos como alterações biológicas em resposta à exposição dos organismos vivos aos poluentes ambientais, indicando a presença

e, em alguns casos, o grau de contaminação, evidenciado desde o nível mais básico de organização biológica. Apesar de suas limitações, como em qualquer método, o uso de biomarcadores de contaminação ambiental associados às análises físico-químicas das águas e sedimentos tem se mostrado o meio mais efetivo para a biomonitoramento de ecossistemas aquáticos e recursos hídricos em áreas suscetíveis à contaminação ambiental assim como a gestão da remediação e controle das áreas já impactadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomarcadores de contaminação ambiental; Ecossistemas aquáticos; Recursos hídricos; Biomonitoramento.

Os biomarcadores podem ser definidos como alterações biológicas em resposta à exposição dos organismos vivos aos poluentes ambientais as quais podem ser mensuradas, indicando a presença e, em alguns casos, o grau de contaminação. Evidenciado desde o nível mais básico de organização biológica, o uso dos biomarcadores possibilita avaliar os efeitos de diferentes classes de contaminantes nos ecossistemas e suas interações e prognosticar se eles poderão ou não exercer efeitos deletérios em uma comunidade específica antes que os mesmos se tornem irremediáveis. Apesar de suas limitações, como em qualquer método, o uso de biomarcadores de contaminação

ambiental associados às análises físico-químicas das águas e sedimentos tem se mostrado o meio mais efetivo para a biomonitoramento de ecossistemas aquáticos e recursos hídricos em áreas suscetíveis à contaminação ambiental assim como a gestão da remediação e controle das áreas já impactadas.

## BIOMARKERS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF AQUATIC ECOSYSTEMS

**ABSTRACT:** The use of biomarkers allows to evaluate the different classes of contaminants effects on the ecosystem and their interactions and prognosticate if they will be able or not to exert deleterious effects on a specific community before they become irremediable. The biomarkers can be defined as biological changes in response to the exposure of living organism to environmental pollutants which can be measured, indicating the presence and in some cases the degree of contamination. Evidenced since the most basic level of biological organization. Despite their limitations, as any method, the use of biomarkers of environmental contamination associated with the chemical analyzes of waters and sediments has been shown to be the most effective way for biomonitoring of aquatic ecosystems in areas susceptible to environmental contamination, as well as to the management and control of areas already impacted.

**KEYWORDS:** Biomarkers of environmental contamination; Aquatic ecosystems; Water resources; Biomonitoring.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos, tanto os costeiros quanto os continentais, sofrem cada vez mais com os impactos das atividades antropogênicas. A contaminação dos recursos hídricos por diferentes classes de poluentes ambientais está diretamente relacionada ao crescimento populacional associado ao desenvolvimento desenfreado das atividades econômicas nas mais diversas áreas de atuação. A agricultura em especial tem contribuído de forma significativa para a contaminação dos ecossistemas, devido ao uso intensivo de agrotóxicos, cujos resíduos já foram identificados em alimentos, na atmosfera, nas precipitações secas e úmidas, no solo, e em águas superficiais e subterrâneas (Dellamatrice & Monteiro, 2014). As atuais práticas de produção de alimentos resultam na utilização de uma indiscriminada mistura de classes de poluentes como organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides dentre outros, os quais podem causar sérios impactos no meio hídrico (Salvo *et. al*, 2018).

A presença de resíduos de agrotóxicos, metais e outros contaminantes em corpos d'água, podem ser realizadas por análises químicas, métodos de separação, os quais permitem maior especificidade e quantificação para efeitos de cumprimento de regulação, bem como para servir de suporte para remediações ou interdições preventivas em benefício da saúde pública.



A técnica de separação e quantificação mais aplicada é de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE, ou HPLC) (Readman *et al.*, 1986; Santiago-Moreira *et al.*, 2013). São vários os métodos e sistemas de separação e detecção possíveis por esta técnica, sendo os mais efetivos aqueles acoplados a um espectrômetro de massa, para identificação das moléculas ou de seus metabólitos primários e secundários. Geralmente requer um processo de extração ou derivatização para isolar efeitos de interferentes das matrizes mais complexas.

Se os contaminantes forem moléculas orgânicas, a maioria dos métodos são bem estabelecidos por cromatografia líquida ou gasosa; se os contaminantes forem metálicos as técnicas analíticas mais indicadas são as de absorção ou emissão atômica, as quais requerem digestão prévia da amostra e consistem em vaporização por chama ou plasma para atomização dos metais que emitem luz e a detecção é feita num detector de luz visível, ultravioleta ou infravermelho com filtros específicos para detectar emissões de um determinado metal e quantificar o mesmo a partir de padrões com concentrações conhecidas.

No que se refere aos ecossistemas costeiros, outros contaminantes muito frequentemente causadores de problemas tanto em sedimento quanto em água são os derivados de petróleo (gasolina, diesel, ou o próprio petróleo bruto). Os derramamentos são frequentes e a remediação depende essencialmente de análise para dimensionar a extensão e profundidade da contaminação; **da** presença de substâncias aromáticas tóxicas e carcinogênicas em plantas, animais, alimentos, sedimento, solo ou água. Essas análises podem ser **realizadas** também por extração, separação e quantificação usando cromatografias líquida e gasosa ou ainda para o caso específico dos componentes aromáticos as análises podem ser **realizadas** por fluorescência *in loco* ou por amostragem, sem a necessidade de abertura e tratamento da amostra. Muitas vezes uma análise qualitativa em um fluorímetro é suficiente para diagnosticar a extensão da contaminação e dar suporte para o tratamento da área.

Há outros métodos de análises mais complexos que podem ser lançados mão. Por exemplo, um microscópio acoplado a um fluorímetro pode dar mais detalhes da biodisponibilidade dos componentes aromáticos em rochas, grânulos de areia em suspensão no mar ou rios, em sedimentos ou em superfícies de frutos e folhas. Microscópios de super-resolução com lasers potentes para excitação com dois fótons permitem acessar e identificar moléculas fluorescentes em matrizes complexas que absorvem muita luz nas regiões do visível e do ultravioleta. Altas absorções de luz nessas regiões podem gerar interferências que atrapalham muito a decifração dos contaminantes aromáticos. A absorção de dois fótons em sistemas com capacidade de medir o espectro e o tempo de vida das moléculas permite uma avaliação mais específica de cromóforos e fluoróforos livres de efeitos de matriz. Já a Microscopia Eletrônica de Varredura acoplada a um detector EDX permite análises de metais na superfície de amostra, identificando de forma não destrutiva uma fração pequena e representativa de amostras sólidas (Qi *et al.*, 2003).

O monitoramento ambiental de produtos químicos é realizado para fornecer informações sobre a distribuição de produtos químicos no ambiente e suas tendências temporais. Além das análises químicas para determinação de diferentes classes de contaminantes ambientais temos as Avaliações de Risco Ecológico (ARE). De acordo com a Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), a ARE seria o processo que avalia a probabilidade de efeitos nocivos ecológicos que podem ocorrer ou estão ocorrendo, como resultado da exposição à um ou mais estressores ambientais (EPA, 1992). A ARE tem sido bastante utilizada pela maioria das agências governamentais ambientais de todo mundo, inclusive no Brasil (CETESB, 2017), para avaliar as situações de risco em áreas suscetíveis a contaminação por poluentes ou o monitoramento de áreas já impactadas. Essas avaliações são efetuadas com a finalidade de reduzir os riscos de dano ambiental (Suter, 1993), porém, frequentemente são realizadas com base nas avaliações das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) por meio de testes de toxicidade. Esses procedimentos geralmente visam determinar as concentrações letais à exposição aguda dos organismos aos xenobióticos, os quais na maioria das vezes resultam na morte dos mesmos trazendo poucas informações a respeito do que está realmente acontecendo no meio ambiente como um todo em níveis mais sutis de exposição. Outras formas de avaliação são os bioensaios com organismos testes (algas, bactérias, invertebrados ou peixes) onde os níveis de concentração sem efeitos observáveis (*NOEL - No Observed Effect level*) e os níveis de concentração mínima com efeitos observáveis (*LOEL - Lowest Observed Effect level*) são determinados. A partir dos resultados obtidos nesses testes, é que serão determinados os valores de referência de toxicidade de um determinado xenobiótico, onde uma concentração “segura” seria estabelecida inclusive com a extrapolação dos resultados para outras espécies animais, incluindo o homem. Outras dificuldades substanciais envolvidas na extrapolação desses resultados seria: Como comparar os efeitos observados nos experimentos de curta duração realizados em laboratório para efeitos a longo prazo no meio ambiente? Quais os efeitos das interações sinérgicas ou antagonistas desses químicos? Em quais compostos se transformam quando degradados no meio ambiente e quais seus efeitos nos organismos que nele habitam? Não é possível avaliar os efeitos de múltiplos estressores na análise de risco inclusive quando são considerados também os processos de bioacumulação e biomagnificação nas inúmeras espécies que compõe os ecossistemas aquáticos. Mas, é justamente a partir desses valores de referência obtidos nesses bioensaios que são elaborados os planos de gerenciamento e monitoramento ambiental de recursos hídricos pelas agências governamentais reguladoras, assim como posteriormente, são gerados os subsídios para elaboração de políticas públicas pertinentes ao tema.

Uma das grandes desvantagens desse método, é que por ser baseado na abundância e /ou diversidade de espécies, os efeitos dos contaminantes no meio ambiente não sejam percebidos até que as populações ou comunidades sejam significativamente afetadas. Porém, o conceito de monitoramento biológico pode

ser estendido para estabelecer uma ligação entre uma resposta entre os níveis mais básicos de organização biológica com os parâmetros individuais e populacionais considerando assim os aspectos ecológicos mais relevantes, estes são muitas vezes referidos como biomarcadores ou marcadores biológicos.

Os biomarcadores de contaminação ambiental podem ser definidos como alterações biológicas em resposta a exposição dos organismos vivos aos poluentes ambientais, as quais podem ser mensuradas, indicando a presença e, em alguns casos, o grau de contaminação (Walker *et al.*, 1996). Evidenciado desde os níveis mais básicos de organização biológica, os biomarcadores permitem avaliar os efeitos dos xenobióticos nos ecossistemas e suas interações, e prognosticar se os mesmos serão capazes de exercer ou não efeitos deletérios sobre uma comunidade específica (Huggett *et al.*, 1992). Apresentam relativa especificidade toxicológica, rapidez e baixo custo de análises comparado as análises químicas (Stegeman *et al.*, 1993; Hahn, 2001). Têm sido utilizados com sucesso em monitoramento e avaliação ambiental de ecossistemas aquáticos em vários países a fim de detectar a exposição e os efeitos de diferentes classes de contaminantes químicos nos organismos. Muitos biomarcadores diferentes foram usados ou estão em desenvolvimento, e todos eles têm características próprias, alguns possuem especificidade para determinadas classes de contaminantes ambientais e outros maior relevância ecológica. Por exemplo, a enzima EROD (etoxisorufina- O-deetilase), presente tanto em organismos vertebrados quanto em invertebrados, tem o papel de transformar estes xenobióticos lipofílicos em compostos mais hidrofílicos favorecendo a excreção destas substâncias após a exposição da biota aquática à xenobióticos como dioxinas, PCBs planares, certos hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) e outros produtos químicos com estruturas semelhantes (Silva de Assis *et al.*, 2004; Salvo *et al.*, 2012; CSEMP, 2012).

A determinação de HPAs na bile de peixes por meio de espectrofotometria de fluorescência (Aas *et al.*, 2001; Salvo *et al.*, 2016), também tem permitido detectar e quantificar os metabólitos, produtos da biotransformação dos HPAs na bile de peixes, caracterizando a exposição desses animais a esses compostos no meio ambiente (Van der Oost *et al.*, 2003; Page *et al.*, 2004). Estes metabólitos, produtos hidroxilados e conjugados, refletem a exposição dos peixes aos HPAs de dois a três dias, fazendo com que a migração dos mesmos não seja um fator limitante para esse método (Ariese *et al.*, 1993). Vários estudos têm demonstrado que a análise da bile de peixes para detecção de HPAs, é uma excelente ferramenta no monitoramento ambiental de áreas suscetíveis a contaminação por esses compostos (Vuontisjärvi *et al.*, 2004, Santos *et al.*, 2018).

Os biomarcadores celulares apesar de inespecíficos (Wester *et al.*, 2002), são de extrema importância para correlacionar às alterações bioquímicas e fisiológicas causadas por xenobióticos (Salvo *et al.*, 1995, Salgado *et al.*, 2019, De Oliveira *et al.*, 2019). As subsequentes exposições dos organismos a estressores ambientais podem induzir a síntese de enzimas específicas, resultando na formação de altas

concentrações de intermediários tóxicos as quais podem exceder os mecanismos protetores da célula, levando à toxicidade e consequente necrose tecidual (Hugget *et al.*, 1992).

A ocorrência de alterações celulares e teciduais em fígado e brânquias de peixes, decorrentes da exposição a estressores ambientais como PCBs, HPAs, organoclorados, organofosforados, metais dentre outros, têm sido relatadas por vários autores (Bainy *et al.*, 1996; Oliveira Ribeiro, *et al.*, 2000; Salvo *et al.*, 2008, Salvo *et al.*, 2016; Salgado *et al.*, 2019).

As avaliações dos parâmetros genotóxicos por meio das determinações de alterações morfológicas nucleares e formação de micronúcleos tem-se se mostrado um excelente biomarcador para estimar o nível de exposição aos contaminantes principalmente em peixes que possuem os eritrócitos nucleados. O método é de fácil execução além de ter um baixo custo em comparação com análises químicas e tem grande relevância ecológica, já que essas alterações indicam à exposição dos organismos à agentes potencialmente carcinogênicos (Hayashi *et al.*, 1998; Bombail *et al.*, 2001). Esse teste mede o dano cromossômico estrutural ou numérico e tem sido usado para avaliar genotoxicidade, sendo um indicador recomendado para estudos ambientais tanto em condições laboratoriais como no campo (Al-Sabti, 1986; Salvo *et al.*, 2016; Salgado *et al.*, 2019, De Oliveira *et al.*, 2019).

Muitos xenobióticos interferem no sistema imune de organismos aquáticos e biomarcadores de imunotoxicidade também podem ser investigados. Em peixes teleósteos, o sistema imune inato compreende todos os componentes protetores que estão presentes antes da infecção do patógeno e inclui barreiras físicas, respostas inflamatórias, migração de leucócitos do sistema circulatório para o local de dano tecidual, extravasamento e mecanismos de defesa enzimáticos e celulares.

A fagocitose é um dos principais mecanismos de resistência natural a infecção e faz parte do sistema imune inespecífico sendo vital para a sobrevivência dos organismos, especialmente aqueles que não possuem sistema imune específico, ou seja, mediado por anticorpos. Esse mecanismo de defesa não específico desempenha um importante papel na identificação de alterações de fatores bióticos e abióticos possibilitando que vários parâmetros imunológicos possam ser utilizados como biomarcadores em várias espécies animais (Bergamini *et al.*, 2019), inclusive peixes (Silva *et al.*, 2002; Carlson *et al.*, 2004). Dentre estes parâmetros imunológicos destacam-se: *status* de linfócitos; peso e morfologia de leucócitos; identificação e contagem de macrófagos e centros de melanomacrófagos; quantificação da produção de óxido nítrico (Ribas *et al.*, 2017) assim como as determinações dos índices e atividades fagocíticas (Silva *et al.*, 2004, ).

Para a detecção dos efeitos de pesticidas organofosforados e carbamatos em diversas espécies animais, inclusive nos humanos, tem sido utilizada a determinação da atividade enzimática da acetilcolinesterase (AChE) tanto plasmáticas quanto teciduais tendo em vista sua alta especificidade para estes compostos (Silva de Assis, 1998, Salvo *et al.*, 2008; Guiloski *et al.*, 2013).



No caso da exposição à metais tóxicos, a determinação das concentrações das metalotioneínas (MTs) em tecidos de organismos aquáticos tem sido amplamente utilizada (Viarengo *et al.*, 1997). Devido ao grande número de grupamentos tiol, a função biológica das MTs nos sistemas vivos está relacionada ao controle da concentração de elementos traços livres como zinco (Zn) e cobre (Cu), no transporte de íons metálicos para outras proteínas, e na ação como agente de eliminação para metais como o cádmio (Cd) e mercúrio (Hg). Além disso, possui um papel protetor nas condições de estresse oxidativo, por seqüestro de metais (Arias e Santos, 2008).

A determinação da inibição da atividade da enzima ácido delta amino-levulínico (ALA-D) nos eritrócitos, também tem sido utilizada nas avaliações de exposição ao chumbo. É possível observar uma correlação negativa entre a ALA-D e o Pb/sg. Por isso, representa um adequado biomarcador para exposição ambiental ao chumbo (Sassa, 1982).

Outros importantes tipos de biomarcadores são as enzimas de conjugação de xenobióticos e as antioxidantes. Durante a fase I de biotransformação, podem ser gerados metabólitos intermediários eletrofílicos, tais como o radical ânion superóxido ( $O_2^-$ ), o radical hidroxila (OH) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) que podem reagir com as biomoléculas desencadeando processos citotóxicos ou genotóxicos. Esses metabólitos são, na maioria das vezes, conjugados a moléculas endógenas de baixo peso molecular para aumentar sua hidrossolubilidade e facilitar sua excreção. Dentre os principais biomarcadores de estresse oxidativo podemos destacar as atividades da catalase (CAT); da superóxido dismutase (SOD) e da glutathione S-transferase (GST) (Bainy *et al.*, 1996; Salvo *et al.*, 2012; Salvo *et al.*, 2016; ).

Em vários países, o estudo e desenvolvimento de novos biomarcadores de contaminação ambiental em programas de biomonitoramento, inclusive na gestão de recursos hídricos, têm sido amplamente aplicados. Na Suécia, biomarcadores têm sido utilizados para o monitoramento de peixes costeiros em duas espécies, a *Perca fluviatilis* e a *Zoarces vivíparos*. Aproximadamente 25 biomarcadores são analisados anualmente, dentre eles destacam-se a EROD, o índice hepatossomático, metalotioneínas, centros de melanomacrófagos, enzimas do estresse oxidativo e outros; No Reino Unido, o *UK Clean Seas Environment Monitoring Program* (CSEMP) possui uma rede de 45 estações fixas em áreas intermediárias onde diferentes agências marinhas analisam em conjunto protocolos padronizados de biomarcadores. O programa evolui continuamente para incorporar novos requisitos legislativos e melhorar a capacidade de detectar tendências. À medida que as tendências são estabelecidas e os riscos são confirmados ou refutados, o esforço é focado nas áreas de maior risco. EROD, metabólitos da PAH na bile e adutos de DNA são medidos em peixes para estimar a exposição e os efeitos dos HPAs e outros contaminantes (CSEMP, 2012).

No Brasil, em estudos científicos de campo, os biomarcadores tem sido amplamente utilizados e com excelentes resultados (Freire *et al.*, 2015, Salvo, 2018a;

Santos *et al.*, 2018; Salgado *et al.*, 2019; De Oliveira, *et al.*, 2019). Porém, o uso de biomarcadores em diferentes níveis de organização biológica nas avaliações e monitoramento de ecossistemas aquáticos por agências governamentais precisam ser estabelecidos. Até mesmo as análises químicas para se detectar importantes classes de contaminantes comumente presentes em nossos recursos hídricos necessitam de padronização.

A utilização de biomarcadores de contaminação ambiental em vários níveis de organização biológica são ferramentas de extrema importância na avaliação dos efeitos da exposição dos organismos às diferentes classes de contaminantes ambientais. Por serem mais sensíveis à exposição aos agentes estressores e estarem diretamente relacionados aos efeitos na saúde dos organismos, permitem uma melhor avaliação dos riscos ecológicos envolvidos. Portanto, os investimentos nos estudos da aplicabilidade e desenvolvimentos de novos biomarcadores de contaminação ambiental nas áreas de gestão de recursos hídricos e saúde ambiental são cada vez mais necessários.

## REFERÊNCIAS

Aas, E.; Beyer J.; Goksoyr, A. Fixed wavelength fluorescence (FF) of bile as a monitoring tool for polyaromatic hydrocarbon exposure in fish: an evaluation of compound specificity, inner filter effect and signal interpretation. *Biomarkers*, v. 5, n.1, p. 9-23, 2001.

Al-Sabti, K. Clastogenic effects of live carcinogenic-mutagenic chemicals on the cells of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 85C, p.5-9, 1986.

Arias, A. R. L.; Santo S, V. G. Metalotioneína: processos celulares e moleculares. *Cadernos Saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v.16, Issue 4, p.701-716, 2008.

Ariese, F.; Burgers, I.; Oudhoff, K.; Rutten, T.; Stroomberg, G.; Vethaak, D. Comparison of analytical approaches for PAH metabolites in fish bile samples for marine and estuarine monitoring. *Institute for Environmental Studies*, 1997.

Bainy, a. C. D.; Saito, E.; Carvalho, P. S. M.; Junqueira, V. B. C. Oxidative stress in gill, erythrocytes, liver and kidney of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from a polluted site. *Aquatic Toxicology*, v. 34, p. 151-162, 1996.

Bergami, E. Emerenciano, A. Krupinski. González-Aravena, M, Cárdenas, C. AHernández P., Silva, J. R. M. C., Corsi, I. Polystyrene nanoparticles affect the innate immune system of the Antarctic sea urchin *Sterechinus neumayeri*. *Polar Biol* (2019) 42: 743, 2019.

Bombail, V.; Aw, D.; Gordon, E.; Batty, J. Application of the comet and micronucleus assays to butterfish (*Pholis gunnellus*) erythrocytes from the Firth of Forth, Scotland. *Chemosphere*, v.44, p.383-392, 2001.

Carlson, E.A., Li, Y., Zelikoff, J.T. Benzo[a]pyrene-induced immunotoxicity in Japanese medaka (*Oryzias latipes*): relationship between lymphoid CYP1A activity and humoral immune suppression. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, v. 201, p. 40-52, 2004.

CEFAS (2012): Monitoring of the quality of the marine environment, 2008–2010. Science Series Aquatic Environment Monitoring Report no. 63: 111pp. CEFAS Lowestoft.

CETESB (2017): Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo, e Relatório de qualidade

das águas interiores no estado de São Paulo. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>>. ISBN 978-85-9467-062-5.

CETESB, 2010. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/documentos/terminais.asp>> Acesso em: 12 jan.2018.

Chung, S.; Secombes, C. J. Analysis of events occurring within teleost macrophages during the respiratory burst. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 89, p. 539-544, 1988.

Crouch, R.K.; Gandy, S.C.; Kimsey, G. The inhibition of islet superoxide dismutase by diabetogenic drugs. *Diabetes*, v. 30, p. 235-241, 1981.

CSEMP (2012). Clean Seas Environment Monitoring Program. GREEN BOOK July 2012. Disponível em < <https://www.cefas.co.uk/publications/greenbook/greenbookv15.pdf> >. Acesso em: agosto de 2018.

Dellamatrice, P. M.; Monteiro, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.12, p.1296-1301, 2014.

De Oliveira, Fernando Garrido; Lirola, Juliana Roratto; Salgado, Lilian Dalago; De Marchi, Gustavo Henrique; Mela, Maritana; Padial, André Andrian; Guimarães, Ana Tereza Bittencourt; Cestari, Marta Margarete; Silva de Assis, Helena Cristina. Toxicological effects of anthropogenic activities in *Geophagus brasiliensis* from a coastal river of southern Brazil: A biomarker approach. *Science of the Total Environment*, v. 667, p. 371-383, 2019.

Environment Canada. (2012<sup>a</sup>). Fifth National Assessment of Environmental Effects Monitoring. Data from Pulp and Paper Mills Subject to the Pulp and Paper Effluent Regulations. National Environmental Effects Monitoring Office, Industrial Sector Directorate, Environment Canada. Cat. No.: En14-84/2013E-PDF. ISBN 978-1-100-21715-4.

Environment Canada. (2012<sup>b</sup>). Second National Assessment of Environmental Effects Monitoring. Data from Metal Mines Subjected to the Metal Mining Effluent Regulations. National Environmental Effects Monitoring Office, Forestry, Agriculture and Aquaculture Division, Environment Canada. Cat. No.: En14-64/2012E-PDF. ISBN: 978-1-100-20588-5.

USEPA, 1992. Disponível em: <http://epa.gov/riskassessment/ecological-risk.htm>. Acesso em: 18 janeiro de 2019.

Fenech, M.; Morley, A. A. Measurement of micronuclei in lymphocytes. *Mutat Res*, v.147, p.29 – 36, 1985.

Guiloski, Izonete Cristina; Rossi, Stefani Cibele ; Silva, Cesar Aparecido da ; Silva de Assis, H. C. Insecticides biomarker responses on a freshwater fish *Corydoras paleatus*. *Journal of Environmental Science and Health. Part B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* , v. 48, p. 272-277, 2013.

Hahn, M. E. Biomarkers and bioassays for detecting dioxin-like compounds in the marine environment. *Science Total Environment*, v. 289, p. 49-69, 2001.

Hayashi, M. et al. Development of genotoxicity assays systems that use aquatic organisms. *Mutation Research*, v.399, p.125-133, 1998.

Heddle, J. A. A rapid in vivo test for chromosomal damage. *Mutat. Res.*, v.18, p.187-190, 1973.

Huggett, R.J.; Kimerie, R.A.; Mehrie Jr., P.M.; Bergman, H.L. (1992) *Biomarkers: Biochemical, Physiological and Histological Markers of Anthropogenic Stress*. Boca Raton: Lewis Publishers.

Hylland K, Ruus A, Grung M, Green N. Relationships between physiology, tissue contaminants, and biomarker responses in Atlantic Atlantic cod (*Gadhus morhua* L.). J. Toxicol. Environ. Health, Part A: v. 72; p.226-233, 2009.

Johnston, E.P. & Baumann, P.C. Analysis of fish bile with HPLC/fluorescence to determine environmental exposure to benzo(a)pyrene. Hydrobiologia, v. 188, p. 561-566, 1989.

Keen, J.H., Habig, W.H., Jakoby, W.B. Mechanism for several activities of the glutathione-S-transferase. Journal Biology and Chemistry, v.251, p. 6183-6188, 1976.

Lee, R.F.; Anderson, J.W. Significance of cytochrome P450 system responses and levels of bile fluorescent aromatic compounds in marine wildlife following oil spills. Marine Pollution Bulletin, v.50, p. 705-723, 2005.

Lu, G.H.; Wang, C.; Zhu, Z. The dose-response relationships for EROD and GST induced by polyaromatic hydrocarbons in *Carassius auratus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v.2; 82, p.194-199, 2009.

Matsumoto, S. T. et al. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. Genetics and Molecular Biology, v.29, p.148-158, 2006.

Oliveira Ribeiro, C. A.; Pelletier, É.; Pfeiffer, W. C. E Rouleau, C. Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and nordic freshwater fish. Environmental Research Section A, v.83, p.286-292, 2000.

Page, D.S.; Huggett, R.J.; Stegeman, J.J.; Parker, K.R., Woodin, B.; Brown, J.S.; Bence, A.E. Polycyclic aromatic hydrocarbon sources related to biomarker levels in fish from Prince William Sound and the Gulf of Alaska. Environmental Science Technology, v.38, p 4928–4936, 2004.

Readman, J.W.; Preston, V; Mantoura, R.F.C. An integrated technique to quantify sewage, oil and PAH pollution in estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin. v.17, (7), p.298-308, 1986.

Ribas, João L.C. ; Sherry, James P. ; Zampronio, Aleksander R. ; Silva de Assis, Helena C. ; Simmons, Denina B.D. . Inhibition of immune responses and related proteins in *Rhamdia quelen* exposed to diclofenac. Environmental Toxicology and Chemistry , v. 20, p. 1, 2017.

Salgado, Lilian Dalago; Marques, Antonio Ernesto Meister Luz; Kramer, Rafael Duarte; Oliveira, Fernando Garrido De; Moretto, Sarah Lott; Lima, Barbara Alves De; Prodócimo, Maritana Mela; Cestari, Marta Margarete; Azevedo, Júlio Cesar Rodrigues De; Silva de Assis, Helena Cristina. Integrated assessment of sediment contaminant levels and biological responses in sentinel fish species *Atherinella brasiliensis* from a sub-tropical estuary in south Atlantic. Chemosphere, v. 219, p. 15-27, 2019.

Salvo, L. M. (2018a). Biomarcadores de Contaminação Ambiental. In: Antônia Cecília Amaral, Alexander Turra, Aurea Maria Ciotti, Carmen Wongtschowski, Yara Schaeffer-Novelli. Métodos de Estudo em Ecossistemas Costeiros: Biodiversidade e Funcionamento. 10ed. Campinas, SP: Biblioteca/ UNICAMP, p. 236-272.

Salvo, L.M.; Santiago, M.R.; Silva de Assis, H.C. Biomarkers as a tool to evaluate environmental quality of aquatic ecosystems susceptible to pesticide contamination. Periódico Tchê Química v.15, n. 30, p. 56-64, 2018 b.

Salvo, L.M.; Bairy, A.C.D.; Ventura, E.C.; Marques, M. R. F.; Silva, J.R.M.C.; Klemz, C.; Assis, H.C.S. Assessment of the sublethal toxicity of the organochlorine pesticide endosulfan in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Environmental Science and Health, Part A, v. 47, p. 1652–1658, 2012.



Salvo, L.M.; Malucelli, B.E.; Bacila, M.; Sanchez, D.O.; Nicaretta, L.C. Klemz, C.; Silva de Assis, H.C. Effects of endosulfan sublethal concentrations: on carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758): morphometric hystologic, ultrastructural analyses and cholinesterase activity evaluation. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science: BJVRAS, v.45, p.87-94, 2008.

Salvo, L.M.; Severino, D.; Silva, J.R.M.C.; Assis, H.C.S. Photochemical degradation increases polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) toxicity to the grouper *Epinephelus marginatus* as assessed by multiple biomarkers". Chemosphere, v.144, p. 540-547, 2016.

Santiago-Moreira, M.R.; Mucci, J.L.N.; Ciscato, C.H.P.; Monteiro, S.H.; Abakerli, R.B. Estudo do inseticida carbofurano em solo e sedimento de área de produção de arroz irrigado e controle do gorgulho aquático

*Oryzophagus oryzae*, Taubaté, São Paulo, Brasil. Arq. Inst. Biol., vol.80, no.1, p.125-128, 2013.

Sassa, S. Delta- aminolevulínico acid dehydratase assay. Enzyme, New York, v. 28, p. 133-145, 1982

Santos, G.S. ; Piancini, L.D.S. ; Tincani, F.H. ; Klingelfus, T. ; Yamamoto, F.Y. ; Ribeiro, C.A.O. ; Guiloski, I.C. ; Assis, H.C.S. ; Cestari, M.M. . Liver Damage in Two Neotropical Fish Species from a Polluted Estuarine Area. Ecotoxicology and Environmental Contamination, v. 13, p. 39-50, 2018.

Sies, H.; Koch, O.R.; Martino, E.; Boveris, A. Increased biliary glutathione disulfide release in chronically ethanol-treated rats. FEBS Letters, v.103, p.287-290, 1979.

Silva de Assis, H. C.; Nicareta, L. C.; Salvo, L. M.; Klemz, C.; Truppel, J.; Santos, R. Biochemical biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Ancistrus multispinis*. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 52, p. 1401-1407, 2009.

Silva de Assis, H.C. Der einsatz von biomarkern zur summarischen erfassung vom gewässerverschmutzungen. [Tese de doutorado. Universidade Técnica de Berlin. Alemanha]. 220 pp., 1998.

Silva, J. R. M. C.; Portoneto, L; Borges, J. S.; Jensch Junior, B. E. Phagocytosis and germicide capacity of macrophages in vitro of the antarctic fish *Notothenia coriiceps* (Richardson, 1844) at 0oC. Polar Biology , Alemanha, 2004.

Silva, J. R. M. C.; Blazquez, F. H.; Barbieri, R. L. Induced inflammatory process in the antarctic fish *Notothenia neglecta*. Polar Biology , Alemanha, v. 20, p. 206-212, 1998.

Silva, J. R. M. C.; Stainess, N. A.; Blazquez, J. H.; Portoneto, L. R. ; Borges, J. C. S. Phagocytosis and giant cell formation at 0oC by macrophage (M0) of *Notothenia coriiceps*. Journal of Fish Biology , Inglaterra, v. 60, p. 466-478, 2002.

Stegeman, J.J. Cytochrome P450 Forms in Fish. In: SCHENKMAN, J.B.; GREIM, H. Handbook of Experimental Pharmacology, Volume 105 – Cytochrome P450. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1993.

Timbrell, J.A. (1991). Principle of biochemical toxicology. Ed., Taylor & Francis, Londres, pp.219.

Van Der Oost, R; Beyer, J.; Vermeulen, N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 13, p. 57-149, 2003.

Viarengo, A.; Ponzano, E.; Dondero, F.; Fabbri, R. A. Simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs. Mar. Environ. Res. n. 44, p.69–84, 1997.

Walker, C.H.; Hopkin, S.P.; Sibly, R.M.; Peakall, D.B. (1986). Principles of Ecotoxicology. Taylor & Francis, Bristol, PA.

Qi, Yadong; Lian, Kun Lian; Chin, Kit L.; Ford, Robert L. Using EDX/SEM to Study Heavy Metal Uptake and Elemental Composition in Plant Tissues. Microsc Microanal 9 (Suppl 2), 2003.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**Alan Mario Zuffo:** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 75

Agricultura 11, 23, 92, 120, 147, 149, 157, 197, 213, 255, 257, 260, 261, 281

Agrotóxicos 131, 194, 196, 197, 198

Águas pluviais 15, 21, 156, 171, 207, 210, 211

Alimentos 132, 194

Ambiental 12, 23, 24, 25, 26, 27, 36, 37, 42, 56, 75, 76, 80, 83, 88, 89, 110, 122, 133, 142, 150, 156, 174, 175, 188, 189, 198, 213, 250, 260

### B

Bacia Hidrográfica 250, 252, 254, 262

Bactérias 92

Biocombustível 76, 79

Biomarcadores de Contaminação Ambiental 89

Biomonitoramento 80

### C

Caracterização 4, 17, 142, 151, 231

Combustível 76

### D

Desenvolvimento 2, 5, 10, 36, 56, 67, 80, 106, 116, 117, 121, 122, 123, 142, 149, 161, 205, 261, 281, 282, 283

Design de Estruturas Verdes 9, 207

Dunas 199, 201

### E

Empreendedorismo 38

Entomopatógenos 92

Erosão Hídrica 23, 250, 261

### F

Fatores Socioambientais 12

### I

Inovação 38, 43, 57, 143

Intercepto de Linha 199

### L

Logística Reversa 116, 122

## **M**

Meio Ambiente 2, 5, 10, 37, 56, 57, 76, 106, 123, 142, 152, 154, 157, 164, 170, 172, 173, 174, 176, 177, 180, 189, 197, 199, 206, 252, 261, 281, 282, 283

## **P**

Paisagismo Ecosistêmico 207, 213

Planejamento Ambiental 189, 250

Poluição 44

Pragas 92

processo erosivo 15, 249, 258, 261

Processo erosivo 12

produtores 25, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 70, 126, 127

## **R**

Recursos Hídricos 199, 261

Rio de Janeiro 23, 24, 36, 67, 79, 87, 93, 103, 122, 123, 131, 142, 150, 151, 175, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 198, 248, 260, 262

Robótica 44, 57

Rstudio 52

## **S**

Síntese 233, 244

Solos 12, 24, 248, 261

Sustentabilidade 38, 57, 79, 123, 176

## **U**

Unidade de Conservação 7, 106, 107, 178, 183, 184, 185, 186, 188, 199, 200

## **V**

Vigilância 196, 197, 198

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-536-5



9 788572 475365