



Inovações em pesquisas agrárias e ambientais

Volume V

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Luciano Façanha Marques
Organizadores



Pantanal Editora

2024

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Luciano Façanha Marques
Organizadores

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume V



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profª. MSc. Adriana Flávia Neu
Profª. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profª. MSc. Aris Verdecia Peña
Profª. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profª. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profª. Dra. Denise Silva Nogueira
Profª. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profª. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profª. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profª. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profª. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profª. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profª. Dra. Patrícia Maurer
Profª. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profª. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profª. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

I58

Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume V / Organização de Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera, Luciano Façanha Marques. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.
97p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-43-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756433>

1. Manejo sustentável do solo. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Marques, Luciano Façanha (Organizador). IV. Título.

CDD 631.59

Índice para catálogo sistemático

I. Manejo sustentável do solo



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

Bem-vindos ao mundo fascinante das pesquisas agrárias e ambientais! É com grande entusiasmo que apresentamos o e-book “Inovações em Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume V”.

No decorrer dos capítulos deste e-book, são explorados os seguintes tópicos: análise espacial de atributos do solo em área com pasto; características químicas do solo após a aplicação de doses de pó de rocha basáltica, em área cultivada com bananeira cv. Nanica; alface produzido em função de doses de esterco caprino; a relação entre o uso terra, emissões de gases de efeito estufa e mudanças na paisagem em Conceição das Alagoas em MG; sementes de Angico de bezerro, submetidas a diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação; influência da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo de sementes de angico coletadas em diferentes anos; a cromatografia de Pfeiffer para avaliar a saúde do solo sob o algodão em sistema agroflorestal e convencional; biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal; presença de *Fusarium* sp. em milho nativo cultivado sob diferentes regimes de irrigação. Esses capítulos fornecem uma análise prática e detalhada sobre técnicas de manejo de solo, cultivos e monitoramento ambiental em diferentes contextos agrícolas.

Agradecemos aos autores por suas contribuições e esperamos que este e-book seja uma fonte valiosa de conhecimento para estudantes, pesquisadores e profissionais interessados nessas áreas vitais.

Boa leitura!

Os organizadores


Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Análise espacial de atributos do solo em área com pasto	6
Capítulo 2	16
Características químicas do solo após a aplicação de doses de pó de rocha basáltica, em área cultivada com bananeira cv. Nanica	16
Capítulo 3	30
Alface produzido em função de doses de esterco caprino	30
Capítulo 4	36
A relação entre o uso terra, emissões de gases de efeito estufa e mudanças na paisagem em Conceição das Alagoas em MG	36
Capítulo 5	43
Sementes de Angico de bezerro, submetidas a diferentes procedimentos de superação de dormência e posterior ciclo de hidratação – desidratação	43
Capítulo 6	52
Influência da localidade de produção e da salinidade sobre o potencial germinativo de sementes de angico coletadas em diferentes anos	52
Capítulo 7	61
A cromatografia de Pfeiffer para avaliar a saúde do solo sob o algodão em sistema agroflorestal e convencional	61
Capítulo 8	71
Biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal	71
Capítulo 9	87
Presença de <i>Fusarium</i> sp. em maíces nativos cultivados bajo distintos regímenes de riego	87
Índice Remissivo	96
Sobre os organizadores	97

Biomarcadores em peixes de cultivo: uma perspectiva de monitoramento sanitário e ambiental para a defesa sanitária animal


Recebido em: 16/10/2024


Aceito em: 29/10/2024


 10.46420/9786585756433cap8


Clidilene Nogueira de Alencar Miranda 


Débora Martins Silva Santos 


Verdson Frazão Ferreira 

Natália Jovita Pereira 

Ingrid Caroline Moreira Lima 

Marianna D'Marco Araújo Laranja Pinto 

Cauã Farias Trindade Lins 

Denise da Silva Sousa 

INTRODUÇÃO

A pesca e a aquicultura continuam a ser mundialmente fontes importantes de alimentação, nutrição, renda e meios de subsistência para milhões de pessoas. De modo que em 2023, o consumo mundial per capita estimado de pescado atingiu o recorde de 20,7 kg, impulsionado pelo crescimento da aquicultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024).

No segmento da piscicultura, no mesmo ano, o Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo, classificando-se como o quarto maior produtor mundial de tilápia, a qual representou 65,3% (579.080 toneladas) da produção nacional dos peixes de cultivo. No entanto, a produção de peixes nativos teve um desempenho 1,3% inferior ao de 2022, com volume de produção de 263.479 toneladas (Associação Brasileira da Piscicultura [Peixe BR], 2024).

O avanço da piscicultura está relacionado, entre outros fatores, ao aumento da produtividade e competitividade, bem como ao aprimoramento das medidas de biossegurança e sanitárias (Barcellos, 2022). Em particular, este último fator tem sido protagonista no cenário da aquicultura brasileira, visto que a manutenção da sanidade dos animais é imprescindível para o futuro de qualquer criação. Essa responsabilidade é a principal atribuição do Serviço de Defesa Sanitária Animal, que executa medidas de profilaxia, controle e erradicação de enfermidades com impactos econômicos, sanitários ou de saúde pública (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA], 2018).

O reconhecimento da importância da questão sanitária vem associado às preocupações dos mercados consumidores relacionadas à segurança alimentar, à sustentabilidade e ao bem-estar animal. Dessa forma, as medidas sanitárias têm sido cada vez mais presentes e exigidas no comércio nacional e internacional de produtos de origem animal (Graça, Barreto & Ale, 2023). Nesse cenário, nos últimos

anos, o Brasil tem promovido políticas e formulado programas sanitários de controle e erradicação de diversas doenças de animais, na busca pela garantia da qualidade do produto nacional e pela consequente construção de uma imagem positiva no mercado externo (Menezes, 2019).

O Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos (PNSAA) tem por finalidade, garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção de animais aquáticos e a sanidade da matéria-prima obtida a partir dos cultivos nacionais e desempenha um papel importante na manutenção da saúde pública ao garantir as condições sanitárias adequadas dos animais destinados ao consumo humano. A atuação do programa se dá em duas frentes principais: sanidade em aquicultura e controle higiênico sanitário de moluscos bivalves (MAPA, 2020).

A base legal do PNSAA é a Instrução Normativa (IN) nº 4 de 04/02/2015 (Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura [MPA], 2015), alterada pela IN nº 4 de 28/02/2019 (MAPA, 2019) que serve como alicerce para a estruturação dos serviços de defesa sanitária que executam, nos estados, a política pública em sanidade dos peixes, crustáceos, moluscos e outros animais destinados à aquicultura, em qualquer fase de seu desenvolvimento na água. Por essa norma fica determinado que todo estabelecimento que cultiva ou mantém animais aquáticos para qualquer finalidade deve ser cadastrado no órgão de defesa agropecuária ou nas secretarias de agricultura, e a ocorrência de enfermidades em seus criatórios deve ser comunicada aos órgãos e instituições responsáveis pela fiscalização.

Os desafios enfrentados pelo Serviço Veterinário Oficial dos órgãos de Defesa Sanitária Animal na execução do PNSAA são diversos, como a implementação de programas de biossegurança; realização de diagnósticos precisos para identificar e tratar enfermidades; a certificação sanitária das propriedades aquícolas; a promoção de educação sanitária; capacitação dos produtores e por fim, a fiscalização e o monitoramento contínuo dos sistemas intensivos de criação (MAPA, 2015).

No contexto da fiscalização e diante da crescente demanda da produção aquícola, vários procedimentos para avaliar um conjunto de indicadores ambientais, contextualizados à piscicultura, estão sendo validados e disponibilizados, tendo em vista que a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos tem induzido o setor produtivo a mover-se em direção à busca de um sistema de gestão ambiental (Rotta & Queiroz, 2003). Sendo a avaliação da qualidade da água, um dos fatores mais importantes, diretamente relacionado ao sucesso da atividade.

Além da avaliação da água, outra abordagem amplamente utilizada em estudos de monitoramento ambiental é a análise dos peixes como bioindicadores, por meio das suas respostas biológicas denominadas de biomarcadores, que por sua vez, em áreas impactadas pela contaminação, podem indicar o grau de severidade na saúde desses organismos e os potenciais estressores envolvidos (van der Oost, Beyer & Vermeulen, 2003; Parente & Hauser-Davis., 2013). Desse modo, os bioindicadores são descritos na literatura como excelentes modelos biológicos em estudos de biomonitoramento (Schlenk, 1999; Lionetto, Caricato, Calisi, Giordano & Schettino, 2013). E para a piscicultura, poderá auxiliar na redução

de eventuais impactos negativos da atividade sobre o ambiente e, ainda contribuir para aumento da produtividade (Ishikawa, Queiroz, Nascimento, Pádua, & Martins, 2020).

MATERIAL E MÉTODOS

Para demonstrar a aplicabilidade do uso de biomarcadores em peixes de cultivo para monitoramento ambiental e sanitário foi realizada uma revisão de literatura sistemática integrativa de pesquisas sobre essa temática ampliada aos peixes de vida livre, por meio da busca de artigos na base de dados do Periódico CAPES do Ministério da Educação, que reúne dados das bases de periódicos científicos mais relevantes no âmbito mundial.

As etapas do processo de organização dessa revisão foram:

- 1) Elaboração de uma problemática de pesquisa ou elaboração da pergunta norteadora;
- 2) Condução da busca ou amostragem na literatura;
- 3) Especificação dos métodos de seleção e avaliação com detalhamento do procedimento de extração de dados dos artigos selecionados;
- 4) Indicação da abordagem para análise de dados.

Foram definidos para a busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações: “Biomarcador AND peixe”; “Biomarcadores AND peixes”; “Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento”; “Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento AND piscicultura”; “Biomarcadores AND peixes de cultivo”; “Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring”; “Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring AND pisciculture”; “Biomarkers AND farmed fish AND Biomonitoring”.

Para a seleção dos estudos, o uso dos descritores na base de dados da CAPES, permitiu a identificação de pesquisas que citavam as palavras chaves e que estavam dentro dos critérios dos filtros selecionados, que foram: artigos publicados nos idiomas português e inglês, no intervalo temporal de 2000 a 2024, em periódicos das áreas de agrárias, biológicas e multidisciplinar.

Considerando a elegibilidade para inclusão na revisão, foram selecionados os artigos originais, analíticos qualitativos e quantitativos, amostrais, direcionados ao tema de interesse. Para início da análise do estudo sistemático foram extraídas dos artigos, as seguintes informações: autores, título, data da publicação, objetivo do estudo, material e métodos (local de estudo, amostragem, instrumento de pesquisa, parâmetros analisados) e principais resultados. Como critério de exclusão foram considerados os estudos cuja abordagem não tivesse correlação com a temática pesquisada ou em desacordo com o objetivo da revisão, o tipo de metodologia empregada, artigos repetidos ou com inconsistências na base de dados utilizada.

Em seguida, os estudos remanescentes passaram por leitura criteriosa dos títulos e resumos para avaliação da qualidade metodológica de cada pesquisa, o que permitiu a coleta das principais informações para a avaliação das evidências apresentadas, sendo excluídas aquelas com resultados pouco esclarecidos.

Todas as pesquisas que avançaram pelo fluxo de elegibilidade foram submetidas a uma leitura completa, com a realização da síntese dos resultados de cada estudo.

Desse modo, a partir das estratégias de busca, 623 artigos foram identificados na base de dados da CAPES. Destes, 576 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão estabelecidos, resultando em 47 artigos selecionados para leitura do título e resumo (Tabela 1), dos quais 18 foram dispensados, por duplicação e/ou inconsistência após nova avaliação, restando na etapa final, 29 pesquisas para compor os resultados e discussão da presente revisão sistemática (Figura 1).

Tabela 1. Número de artigos selecionados, conforme a combinação dos descritores escolhidos com aplicação dos filtros de elegibilidade desta revisão. Fonte: os autores.

Descritor	Número de Artigos
Biomarcador AND peixe	06
Biomarcadores AND peixes	09
Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento	05
Biomarcadores AND peixes AND biomonitoramento AND piscicultura	00
Biomarcadores AND peixes de cultivo	02
Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring	20
Biomarkers AND fishes AND Biomonitoring AND pisciculture	01
Biomarkers AND farmed fish AND Biomonitoring	04
Total	47

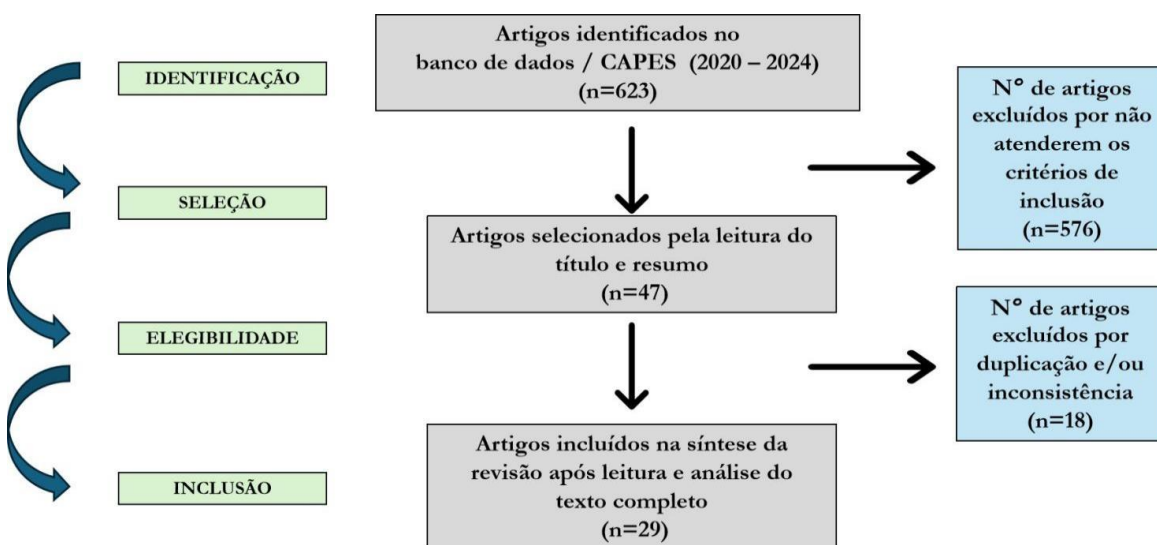


Figura 1. Fluxograma das etapas de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos artigos da revisão sobre uso de biomarcadores em peixes para biomonitoramento. Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor apresentação dos resultados sobre biomarcadores em peixes utilizados em estudos de biomonitoramento aquático, os 29 artigos eleitos foram estruturados e sintetizados em tópicos principais relacionados ao tema geral.

Peixes como bioindicadores de contaminação aquática

Com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental de diferentes recursos hídricos como estuários, represas, rios e lagos, assim como de sistemas de aquírios experimentais para desenvolvimento de ferramentas de monitoramento, as literaturas consultadas selecionaram cerca de 27 espécies de peixes como bioindicadores de poluição aquática e apenas na pesquisa de Labarrère, Menezes e Melo (2012), a identificação taxonômica limitou-se aos gêneros dos espécimes capturados (*Hoplias sp.*, *Hypostomus sp.*, *Piaractus sp.*, *Pimelodus sp.* e *Prochilodus sp.*). Sendo mais utilizados os exemplares de tilápia, *Oreochromis niloticus* (13,8%) analisados por Oliveira, Sousa, Almeida, Castro e Carvalho-Neta (2016); Corrêa, Abessa, Santos, Silva e Seriani (2016); Oliveira et al. (2023) e Lima et al. (2023); do bagre-branco, *Sciades herzbergii* avaliado de forma individual (10,3%) por Castro et al. (2018); Soares, Sousa, Jesus e Carvalho-Neta (2020) e Macedo et al. (2024) e em conjunto com o bandeirado, *Bagre bagre* (3,4%) na pesquisa de Sousa, Almeida e Carvalho-Neta (2013). O peixe traíra, *Hoplias malabaricus*, avaliado por Castro, Silva, Freitas e Carvalho-Neta (2014); de Jesus, Colombi, Ribeiro, Assis e Carvalho (2013), representou um percentual de 6,9% dos estudos (Tabela 2).

As justificativas mais apresentadas pelos pesquisadores para a escolha das espécies listadas na Tabela 2, foram a ampla distribuição nos ambientes estudados, a fácil captura, o valor comercial agregado e pela eficácia já comprovada como modelos de bioindicadores, principalmente para avaliação da qualidade da água, conforme registrado nos trabalhos de Nogueira, Castro, Vieira e Rigolin-Sá (2011) com espécies de *Pimelodus maculatus* presentes em reservatório de uma usina hidroelétrica (MG), nas pesquisas de Pereira et al. (2020) com exemplares de *Psectrogaster amazonica* oriundos do Rio Mearim (MA) e nos estudos realizados por Macedo et al. (2024) com *S. herzbergii* em sítios estuarinos na Baía de São Marcos (MA).

Já a potencialidade de *Astyanax bifasciatus* na Bacia do Rio Iguaçu (RS) foi associada, dentre outros fatores, à sua interação com vários níveis tróficos da cadeia alimentar com possível indicação de respostas a efeitos crônicos e acumulativos (Nimet, Amorim & Delariva, 2018).

Nos resultados de Santos et al. (2019) foi destacado na validação das alterações branquiais de *Pseudocondrostoma duriense* e *Luciobarbus bocagei* como biomarcadores histológicos, recolhidos da Bacia do Rio Douro, em Portugal, a necessidade de utilizar mais de uma espécie de peixe nos estudos de monitoramento aquático, visto que as respostas celulares às perturbações dos cursos d'água, variam de acordo com a espécie, sendo algumas mais sensíveis que outras.

Essa avaliação diversificada de espécies em regiões geográficas distintas e sob influências variadas, demonstrou que os peixes, de um modo geral, podem ser utilizados como modelos biológicos que expressam os efeitos provocados por estressores presentes em ambientes aquáticos naturais ou artificiais, contaminados e/ou modificados.

Tabela 2. Espécies de peixes avaliadas como bioindicadores para biomonitoramento ambiental. Fonte: os autores.

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	Nº de artigos (%)
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi-amarelo	01 (3,4)
Siluriformes	Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>	Bagre-branco	01 (3,4)
		<i>Bagre bagre</i>	Bandeirado	
Siluriformes	Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>	Bagre-branco	03 (10,3)
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus multispinnis</i>	Cascudinho	01 (3,4)
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus puarum</i>	Cascudo	01 (3,4)
Characiformes	Anostomidae;	<i>Leporinus fasciatus</i> ;	Piau cabeça-gorda;	
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	02 (6,9)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bifasciatus</i>	Lambari de rabo vermelho	01 (3,4)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax jacubiensis</i>	Lambari de rabo amarelo	01 (3,4)
Characiformes	Serrasalmidae	<i>Metynnis argenteus</i>	Pacu-prata	01 (3,4)
Characiformes	Serrasalmidae	<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	01 (3,4)
Characiformes	Curimatidae	<i>Psectrogaster amazonica</i>	Branquinha	01 (3,4)
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i>	Piaba	01 (3,4)
		<i>Astyanax altiparanae</i>	Lambari-tambiú	
		<i>Characidium fasciatum</i>	Canivete	
Siluriformes	Clariidae	<i>Clarias gariepinus</i> ;	Bagre-africano;	01 (3,4)
Perciformes	Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilápia de Moçambique	

Perciformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia do Nilo	04 (13,8)
Perciformes	Gobiidae	<i>Pomatoschistus microps</i>	Caboz-comum	01 (3,4)
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo branco	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Pseudocondrostoma duriense</i> ; <i>Luciobarbus bocagei</i>	Boga-do-douro; Barbo-comum	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Zacco platypus</i>	-	01 (3,4)
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Barbus meridionalis</i>	Barbo-mediterrâneo	01 (3,4)
Cyprinodontiformes	Anablepidae	<i>Anableps anableps</i>	Tralhoto	01 (3,4)
Beloniformes	Adrianichthyidae	<i>Oryzias latipes</i>	-	01 (3,4)
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Tainha	01 (3,4)
Characiformes, Siluriformes	Erythrinidae, Serrasalminidae, Prochilodontida, Loricariidae, Pimelodidae	Não identificada <i>Hoplias sp</i> , <i>Piaractus sp</i> , <i>Prochilodus sp</i> , <i>Hypostomus sp</i> e <i>Pimelodus sp</i>)		01 (3,4)
				29

De modo complementar às pesquisas de biomarcadores, em algumas literaturas foram aferidos *in situ* por meio de sondas multiparamétricas, os principais parâmetros físico-químicos: temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido, da água do ambiente onde os peixes foram capturados em períodos sazonais distintos (Castro et al., 2018; Santos et al., 2019; Pereira et al., 2020; Soares et al., 2020; Guedes & Correia, 2021).

Outras variáveis físico-químicas foram selecionadas por Marchand, van Dyk, Barnhoorn e Wagenaar (2012) ao analisarem a qualidade da água em uma represa hipereutrofizada na África do Sul. Eles verificaram que o pH, amônia, nitrogênio, cloreto e fósforo estavam acima dos níveis recomendados e correlacionaram esses dados com as alterações histopatológicas nos órgãos-alvo de *Clarias gariepinus* e *Oreochromis mossambicus*, sendo a maioria das lesões de natureza regressiva e localizadas no fígado.

No estudo conduzido por Macedo et al. (2024) para o biomonitoramento do complexo industrial e portuário de São Luís (MA) foi realizada a análise integrada de múltiplos marcadores bioquímicos de peixes, suas medidas biométricas e parâmetros físico-químicos da água nas estações chuvosa e seca de

2021 e 2022, no qual foi demonstrado que a contaminação química dos estuários influencia diretamente a expressão de enzimas de estresse oxidativo em *S. herxbergii*, prejudicando a saúde dos peixes.

Nos experimentos laboratoriais desenvolvidos por Lima et al. (2023) em um sistema modular de aquários, foi comprovado que a alta concentração de resíduos metabólicos, como a amônia total no ambiente hídrico, pode provocar alterações na série vermelha de juvenis de *Oreochromis niloticus*. Essas modificações hematológicas foram indicadas como biomarcadores de qualidade da água e bem-estar animal. Entretanto, Gueretz et al. (2022), ao estudarem biomarcadores enzimáticos para o estabelecimento de parâmetros bioquímicos padronizados no sangue de *Mugil curema*, não observaram correlação dos valores encontrados com os parâmetros de qualidade da água do Rio Parati (SC). Segundo os autores, os biomarcadores enzimáticos na espécie *M. curema* podem ser utilizados como instrumentos de avaliação de efeitos negativos ambientais, desde que sejam estabelecidos os parâmetros bioquímicos da espécie e suas variações em diferentes ambientes.

Esses achados evidenciam que a combinação de dados de qualidade da água (fatores abióticos) e biomarcadores (fatores bióticos) fornece uma visão mais abrangente sobre as condições ambientais e os impactos cumulativos de poluentes em nível celular, bioquímico e/ou molecular nos peixes. As pesquisas também demonstram que, para aumentar a confiabilidade dos resultados no desenvolvimento de um programa de monitoramento ambiental, é importante que, no local de avaliação, os peixes sejam coletados em diferentes pontos e em estações do ano distintas, além de terem pesos e comprimentos semelhantes, para evitar erros de interpretação dos resultados.

Biomarcadores mais pesquisados nos peixes

Quanto aos tipos de biomarcadores mais pesquisados dessa revisão (Quadro 1), os histológicos foram utilizados com maior frequência (41,4%), dentre os órgãos-alvo escolhidos se destacaram as brânquias, avaliadas em todos os estudos teciduais, seguida pelo fígado, rim, ovário, testículo, coração e musculatura (Nogueira et al., 2011; Labarrère et al., 2012; Marchand et al., 2012; Sousa et al., 2013; Castro et al., 2014; Oliveira et al., 2016; Castro et al., 2018; Nimet et al., 2018; Santos et al., 2019; Batista, Rodrigues, Rosa Neto, Gehlen & Silva, 2018; Pereira et al., 2020; Soares et al., 2020).

Santos et al. (2019) consideraram a gravidade e a extensão das lesões branquiais dos peixes (*P. duriense* e *L. bocagei*) como indicador preciso do nível de poluição da Bacia Hidrográfica do Douro, em Portugal, sendo as alterações proliferativas dos epitélios lamelar e filamentoso, as principais lesões categorizadas nesse estudo, de acordo com o protocolo de Monteiro et al. (2008).

Em outras pesquisas com brânquias de peixes em áreas potencialmente contaminadas, além das alterações já citadas foram observadas: deslocamento do epitélio, congestão, aneurisma, fusão lamelar, hiperplasia, dilatação capilar e necrose. Essas lesões foram avaliadas, em sua maioria, pelo cálculo do Índice de Alteração Histopatológica (IAH) conforme metodologia de Poleksic e Mitrovic – Tutundzic (1994), baseado no grau de severidade de cada lesão e confirmaram a eficácia do uso das alterações

branquiais como biomarcador de contaminação ambiental em diferentes espécies (Castro et al. 2014; 2018; Nogueira et al., 2011; Soares et al., 2020).

Estudos de biomarcadores enzimáticos representaram um percentual de 31,0% dos trabalhos (Quadro 1). A exemplo da pesquisa desenvolvida com *Hoplias malabaricus* exposta em condições experimentais ao metil mercúrio (MeHg), na qual foi constatada a inibição da atividade da colinesterase (ChE) no músculo do peixe, indicando essa enzima como um biomarcador eficaz às formas orgânicas do mercúrio (de Jesus et al., 2013). Em outro trabalho, realizado em sistemas de aquários com o peixe pacú-prata (*Metynnis argenteus*) exposto ao paclobutrazol por 28 dias, foi verificado o aumento das atividades enzimáticas de lactato desidrogenase (LDH) e glutathione S-transferase (GST), indicando-as como biomarcadoras de exposição a esse agroquímico muito utilizado em culturas de frutíferas no nordeste brasileiro (Jonsson, Ferracini, Paraíba, Rangel & Aguiar, 2002).

Já os resultados obtidos no estudo de uma bacia hidrográfica urbana na Coreia, com o *Zacco platypus*, sugerem que respostas bioquímicas, como atividades das enzimas Etoxiresorufina-o-deetilase (EROD) e da Acetilcolinesterase (AChE), podem depender do tipo de produto químico presente no ambiente ou do estágio de desenvolvimento do peixe (Park, Kim, G. E., Kim, D. W., Kim, S., & Yeom, 2021).

Em laboratório, a atividade acetilcolinesterásica como biomarcador de contaminação por endossulfano foi avaliada na espécie *Ancistrus multispinnis* e não demonstrou correlação com o sexo dos animais. Entretanto, uma correlação negativa foi encontrada entre o peso e comprimento dos peixes em relação à atividade da enzima (Klemz & Silva de Assis, 2005). Com relação ao biomonitoramento da contaminação por trifluralina em corpos d'água, Silvia et al. (2015) conseguiram demonstrar in vitro que a inibição da AChE em *C. macropomum* pode ser empregada como biomarcador para esse herbicida.

Labarrère et al. (2012) ao analisarem amostras de órgãos-avulsos, carcaça e musculatura de peixes dos gêneros *Hoplias* sp. e *Hypostomus* sp procedentes de cinco pontos distintos do Rio São Francisco, próximo à cidade de Três Marias (MG), verificaram por espectrofotometria de absorção atômica, concentrações elevadas de Zn, especialmente no fígado. O estudo validou o tecido hepático de *Hoplias* sp como melhor biomarcador da contaminação por esse metal, ao contrário das amostras musculares, que apresentaram baixas concentrações.

Outros biomarcadores que se destacaram foram os hematológicos, correspondendo a 17,2% dos estudos (Quadro 1), principalmente as pesquisas de micronúcleo e alterações morfológicas nucleares (Silva et al., 2015; Aguiar et al., 2017; Oliveira et al., 2023). No modelo experimental de monitoramento realizado por Oliveira et al. (2023), a exposição subcrônica ao agente radioativo crômio-51 (⁵¹Cr) resultou em um aumento significativo de anormalidades nucleares e da frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos de *Oreochromis niloticus*, evidenciando a eficácia desses parâmetros na avaliação de biomarcadores citogenéticos em alimentos e ambientes aquáticos contaminados pela radiação

Dados como esses corroboram que alguns biomarcadores indicam com maior precisão os efeitos de contaminantes específicos e demonstram a sua aplicabilidade para a saúde pública, visto que os peixes representam fonte importante de nutrientes para os seres humanos e quando submetidos a condições ambientais adversas, pela capacidade de acumular contaminantes em seus tecidos, podem representar riscos à saúde quando consumidos.

Quanto a confiabilidade dos resultados apresentados nas literaturas consultadas, todos foram submetidos a avaliação estatística por testes variados, para verificação do nível de significância das alterações histológicas, enzimáticas, hematológicas e dos parâmetros físico-químicos da água avaliados em diferentes estações do ano e pontos de coleta, sendo consideradas validadas àquelas no nível de probabilidade de 5% ($p \leq 0,05$).

Quadro 1. Tipos de biomarcadores em peixes objeto de pesquisa dos artigos selecionados para a revisão integrativa. Fonte: os autores.

Biomarcadores	Enzimas, proteínas, células, órgãos e sinais comportamentais avaliados	Número de Artigos (%)	Total (%)
Alterações histológicas	Brânquias;	06 (20,7)	12 (41,4)
	Brânquias e Fígado;	04 (13,8)	
	Brânquias, Fígado e Musculatura;	01 (3,4)	
	Brânquias, Fígado, Ovários, Testículos, Rim e Coração;	01 (3,4)	
Alterações hematológicas	Micronúcleo (MN) e Alterações Morfológicas Nucleares (AMN);	03 (10,3)	05 (17,2)
	Série vermelha (eritograma);	01 (3,4)	
	Glóbulos brancos (leucograma)	01 (3,4)	
Alterações enzimáticas	Acetilcolinesterase (AChE);	02 (6,9)	09 (31,0)
	Acetilcolinesterase (AChE) e Etoxiresorufina-o-deetilase (EROD);	01 (3,4)	
	TGO (AST)/LDH / GST	01 (3,4)	
	Acetilcolinesterase (AChE) e Butirilcolinesterase (BChE);	01 (3,4)	

	AST /ALT/ALP; Glicose, Proteínas totais e Glicose;	01 (3,4)	
	Superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione peroxidase (GPX), Glutathione-S-transferase (GST), Glutathione (GSH), Substâncias reativas ao ácido tiobarbátúrico (TBARS);	01 (3,4)	
	Peroxidação Lipídica - (LPO) e enzima de biotransformação	01(3,4)	
	Peroxidação Lipídica - (LPO), Catalase (CAT), Superóxido dismutase (SOD), Glutathione-S-transferase (GST) e Substâncias reativas ao ácido tiobarbátúrico (TBARS)	01 (3,4)	
Alterações genéticas, enzimáticas e hematológicas	DNA, Peroxidação Lipídica - (LPO), celulares (anormalidade nuclear dos eritrócitos - ENA) e teciduais (imunexpressão de 8-OHdG)	01 (3,4)	01 (3,4)
Alterações endócrinas	Proteína semelhante a VtG	01 (3,4)	01 (3,4)
Alterações comportamentais	Velocidade de natação, posição na água e entropias	01 (3,4)	01 (3,4)
			29

Consolidação dos estudos sobre biomarcadores em peixes

As pesquisas sobre biomarcadores em peixes avançaram significativamente na última década, oferecendo novas alternativas para a avaliação da qualidade ambiental e a verificação das condições sanitárias das pisciculturas. Dos 29 artigos revisados, 25 (86,2%) foram publicados entre 2012 e 2024 (Tabela 3), destacando o aprimoramento e a padronização das metodologias de análise. Esse período também reflete a busca pela proposição de parâmetros bióticos específicos, relacionados a cada ambiente investigado, validando e consolidando o uso de biomarcadores em peixes.

Tabela 3. Período de publicação dos artigos selecionados para a revisão. Fonte: os autores.

Período	Número de Artigos (%)
2000 a 2005	02
2006 a 2011	02

2012 a 2017	11
2018 a 2023	13
2024	01
Total	29

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como um dos objetivos deste trabalho foi aplicar a técnica da revisão sistemática na busca por artigos disponíveis no portal da CAPES, sobre biomarcadores em peixes correlacionados a estudos de monitoramento sanitário e ambiental, deve-se considerar a possibilidade de que outras literaturas de relevância sobre essa temática não tenham sido compiladas devido aos descritores escolhidos na metodologia. Entretanto, a partir das pesquisas selecionadas, foi possível demonstrar a importância dos biomarcadores como ferramenta de biomonitoramento, já utilizada em diferentes regiões do Brasil e do mundo, com espécies variadas de peixes e com a validação de múltiplos biomarcadores para uso, não apenas na avaliação dos ambientes aquáticos naturais, mas também aplicáveis às pisciculturas, como forma de indicar os efeitos da ação antrópica sobre a sanidade dos peixes e dessa forma, evitar prejuízos econômicos decorrentes de agravos sanitários em sistemas intensivos de criação.

Nesse contexto, a perspectiva do Serviço Veterinário Oficial de estabelecer um protocolo de biomonitoramento em pisciculturas, com coleta amostral de exemplares durante as ações de fiscalização e vigilância ativa, para pesquisa laboratorial de biomarcadores, além do aspecto inovador para a defesa agropecuária, poderá possibilitar através de diagnósticos preventivos, a detecção antecipada de problemas sanitários nos peixes. É válido destacar que a adoção de medidas preventivas e de controle são atribuições do serviço público previstas no Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo, estabelecido pelo MAPA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, E. M., Araújo, F. F., Pires, G. S., Stragliotto, L. K. D., da Paz, F. S., da Paz, D. S., Carvalho-Neta, R. N. F., & Pinheiro-Sousa, D. B. (2017). Alterações genotóxicas como biomarcadores em peixes de uma área protegida do sul do Maranhão. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 11(1), 13-28. <https://doi.org/10.18817/repesca.v11i1.1485>
- Associação Brasileira da Piscicultura. (2024). Anuário da piscicultura 2024. Peixe BR. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>
- Batista, J. R., Rodrigues, G. Z. P., da Rosa Neto, E., Gehlen, G., & Basso da Silva, L. (2018). Analysis of histopathological abnormalities in the gills of *Astyanax jacuhiensis* (Characidae) for assessment of water quality in the Ijuí River, southern Brazil. *Acta Toxicológica Argentina*, 26(3), 99-103.

https://www.researchgate.net/publication/332269163_Histopathological_abnormalities_in_the_gills_of_Astyanax_jacuhiensis

- Barcellos, L. J. G. (2022). Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/boas-praticas-de-producao-animal/arquivos/Manual_BP_cultivo_ISBN_ok2.pdf
- Castro, J. S., Silva, J. S., Freitas, L. C., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2014). Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes, Erythrinidae) em uma Unidade de Conservação de São Luís (MA). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(6), 1687–1694. <https://doi.org/10.1590/1678-7414>
- Castro, J. S., França, C. L., Fernandes, J. F. F., Silva, J. S., Carvalho-Neta, R. N. F., & Teixeira, E. G. (2018). Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no Complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(2), 413-418. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9906>
- Colin, N., Maceda-Veiga, A., Monroy, M., Ortega-Ribera, M., Llorente, M., & de Sostoa, A. (2017). Trends in biomarkers, biotic indices, and fish population size revealed contrasting long-term effects of recycled water on the ecological status of a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.048>
- Corrêa, S. A. S., Abessa, D. M. S., Santos, L. G., Silva, E. B., & Seriani, R. (2016). Differential blood counting in fish as a nondestructive biomarker of water contamination exposure. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 99(3), 482-491. <https://doi.org/10.1080/02772248.2016.1189554>
- de Jesus, T. B., Colombi, J., Ribeiro, C., de Assis, H., & de Carvalho, C. (2013). Cholinesterase activity in methylmercury and mercury chloride exposure fish. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 8(1), 147–148. <https://periodicos.univali.br/index.php/eec/article/view/4624>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Guedes, M. E. G., & Correia, T. G. (2021). Plasma energetic substrates and hepatic enzymes in the four-eyed fish *Anableps anableps* (Teleostei: Cyprinodontiformes) during the dry and rainy seasons in the Amazonian Island of Maracá, extreme north of Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 19(4), e210078. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0078>
- Gueretz, J. S., Murasaki, J., Boeing, M., Schwegler, E., Cancelier, C. D., & Martins, M. L. (2022). Parâmetros bioquímicos de parati (*Mugil curema*) em ambiente estuarino. *Science and Animal Health*, 10(1), 2-13. <https://doi.org/10.15210/sah.v10i1.23239>
- Graça, B. A., Barreto, E. M., & Ale, V. M. M. (2023). A importância da certificação sanitária para garantir a segurança alimentar em produtos de origem animal. *Brazilian Journal of Health Review*, 6(2), 6557–6573. <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n2-169>

- Ishikawa, M. M., Queiroz, J. F., Nascimento, J. L., Pádua, S. B., & Martins, M. L. (2020). Uso de biomarcadores em peixe e boas práticas de manejo para a piscicultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218648/1/Ishikawa-Uso-biomarcadores-2020.pdf>
- Jonsson, C. M., Ferracini, V. L., Parafba, L. C., Rangel, M., & Aguiar, S. R. (2002). Alterações bioquímicas e acúmulo em pacus (*Metynnis argenteus*) expostos ao paclobutrazol. *Scientia Agricola*, 59(3), 441–446. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000300005>
- Klemz, C., & da Silva de Assis, H. C. (2005). Efeitos do endossulfano na atividade da acetilcolinesterase de cascudo (*Ancistrus multispinnis*, Fish, Teleostei). *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 3(4), 51–58. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v3i4.9231>
- Labarrère, C. R., Menezes, B. D., & Melo, M. M. (2012). Avaliação dos teores de zinco em brânquias, carcaça, fígado e musculatura de diferentes espécies de peixes capturados no rio São Francisco (MG, Brasil). *Geonomos*, 20(1), 86-91. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v20i1.31>
- Lima, T. A., Pimentel, S. C. R., Soares, M. P., Guimarães, V. A. A. C., Ribeiro, I. S., Queiroz, J. F., & Ishikawa, M. M. (2023). Avaliação de biomarcadores hematológicos em Tilápia mantida em diferentes sistemas de aquários experimentais. *Revista Observatório de La Economia Latino-Americana*, 21(10), 16044-16060. <https://doi.org/10.55905/oelv21n10-083>
- Lionetto, M. G., Caricato, R., Calisi, A., Giordano, M. E., & Schettino, T. (2013). Acetylcholinesterase as a biomarker in environmental and occupational medicine: New insights and future perspectives. *BioMed Research International*, 2013(1), 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/321213>
- Marchand, M., van Dyk, J., Barnhoorn, I., & Wagenaar, G. (2012). Histopathological changes in two potential indicator fish species from a hyper-eutrophic freshwater ecosystem in South Africa: a baseline study. *African Journal of Aquatic Science*, 37(1), 39–48. <https://doi.org/10.2989/16085914.2011.636902>
- Macedo, G. H. R. V., Castro, J. S., Jesus, W. B., Torres H. S., Moreno, L. C. G. A. I., Rosa, R. G., Carvalho-Neta, R. N. F., & Sousa, D. B. P. (2024). Biomarkers of oxidative stress in an estuarine catfish species caught near a port complex on the Brazilian Amazon coast. *Regional Studies in Marine Science*, 69, 103306. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103306>
- Menezes, T. C. (2019). Desafios do Brasil na Defesa Sanitária Animal. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/desafios-do-brasil-na-defesa-sanitaria-animal.aspx>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2015). Instrução Normativa N° 4, de 4 de fevereiro de 2015. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/arquivos-programas-sanitarios/IN04de04defevde2015AgriculturacomSanidade.pdf>

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2018). Defesa agropecuária: Histórico, ações e perspectivas. MAPA. <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/195/1/livro-defesa-agropecuaria.pdf>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). Aquicultura com sanidade: Programa nacional de sanidade de animais aquáticos de cultivo: Manual orientado aos órgãos executores de sanidade agropecuária. MAPA/AECS. <https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Sa%C3%BAde-Animal/manual-aquicultura-com-sanidade-versao-orientada-ao-orgao-executor-de-sanidade-agropecuaria>
- Monteiro, S. M., Rocha, E., Fontainhas-Fernandes, A., & Sousa, M. (2008). Quantitative histopathology of *Oreochromis niloticus* gills after copper exposure. *Journal of Fish Biology*, 73(6), 1376–1392.
- Nimet, J., Amorim, J. P. de A., & Delariva, R. L. (2018). Histopathological alterations in *Astyanax bifasciatus* (Teleostei: Characidae) correlated with land uses of surroundings of streams. *Neotropical Ichthyology*, 16(1), e170129. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170129>
- Nimet, J., Guimarães, A. T. B., & Delariva, R. L. (2017). Use of muscular cholinesterase of *Astyanax bifasciatus* (Teleostei, Characidae) as a biomarker in biomonitoring of rural streams. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 99, 232–238. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2111-9>
- Nogueira, D. J., Castro, S. C., Vieira, R. C. A., & Rigolin-Sá, O. (2011). Use of the gills of *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes, Pimelodidae) as a biomarker of pollution in the reservoir of UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, Minas Gerais, Brazil. *Biotemas*, 24(3), 52-58. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n3p51>
- Oliveira, L. W., Takabatake, T. T., Perez, P. M., Messas, A. C., Sakita, G. Z., Abdalla, A. L., & Bremer, H. N. (2023). Micronúcleos e anormalidades nucleares em peixes como biomarcadores de citotoxicidade e genotoxicidade de radiação gama, cromo 51, em ambiente aquático. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 19(5), 127-138. <https://doi.org/10.17271/1980082719520234183>
- Oliveira, S. R. S., Sousa, D. B. P., Almeida, Z. S., Castro, J. S., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2016). Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (osteichthyes, cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 9(1), 12-26. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v20i1.31>
- Parente, T. E. M., & Hauser-Davis, R. A. (2013). The use of fish biomarkers in the evaluation of water pollution. In E. A. de Almeida & C. A. de O. Ribeiro (Eds.), *Pollution and fish health in tropical ecosystems* (pp. 57-149). CRC Press. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2263.2804>
- Park, C.-B., Kim, G.-E., Kim, D.-W., Kim, S., & Yeom, D.-H. (2021). Biomonitoring the effects of urban-stream waters on the health status of pale chub (*Zacco platypus*): A comparative analysis of

- biological indexes and biomarker levels. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111452. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111452>
- Pereira, N. J., Santos, M. M., Maião, J. P. L. S., Campos, J. S. P., Silva, N. D., Mendes, D. C. S., Lenz, T. M., & Santos, D. M. S. (2020). Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do rio Mearim, nordeste brasileiro / Histological biomarkers in fish gills in the assessment of environmental contamination of the Mearim river, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 56600-56616. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-297>
- Poleksic, V., & Mitrovic-Tutundzic, V. (1994). Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In R. Muller & R. Lloyd (Eds.), *Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish* (pp. 339-352). Oxford: Fishing News Books.
- Rotta, M. A., Queiroz, J.F. (2003). Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: Embrapa Pantanal.
- Santos, D., Luzio, A., Coimbra, A. M., Varandas, S., Fontainhas-Fernandes, A., & Monteiro, S. M. (2019). A gill histopathology study in two native fish species from the hydrographic Douro Basin. *Microscopy and Microanalysis*, 25, 236–243. <https://doi.org/10.1017/S1431927618015490>
- Schlenk, D. (1999). Necessity of defining biomarkers for use in ecological risk assessments. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-2), 48-53. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00015-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00015-6)
- Silva, S. V. S., Dias, A. H. C., Dutra, E. S., Pavanin, A. L., Morelli, S., & Pereira, B. B. (2015). The impact of water pollution on fish species in southeast region of Goiás, Brazil. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 78(1), 8-16. <https://doi.org/10.1080/15287394.2015.1099484>
- Silva, J. M., Santos, F. L. B., Tenório, H. A., Pereira, H. J. V., Costa, J. G., Santana, A. E. G., Machado, S. S., & de Abreu, F. C. (2015). In vivo and in vitro inhibition of cholinesterase activity in *Colossoma macropomum* (tambaqui) fingerlings by the herbicide trifluralin. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 10(1), 23-30. <https://doi.org/10.5132/eec.2015.01.04>
- Sousa, D. B. P., Almeida, Z. S., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2013). Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 369–376. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200011>
- Soares, S. H. C., Sousa, D. B. P., Jesus, W. B., & Carvalho-Neta, R. N. F. (2020). Biomarcadores histológicos em *Sciades herzbergii* (Pisces, Ariidae) para avaliação de impactos em ambientes estuarinos da Baía de São Marcos, Maranhão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72(4), 1403–1412. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11701>
- van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13(2), 57–149. [https://doi.org/10.1016/s1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/s1382-6689(02)00126-6)

Índice Remissivo

C

Caatinga, 52

E

Emissões, 37, 39

Épocas de amostragem, 20, 21, 23

Esterco, 32, 33

F

Fusarium sp, 87, 88, 90, 91, 93

P

Pityrocarpa moniliformis, 43, 44, 46, 47, 49

R

Remineralizadores, 17

S

Sementes, 43

Z

Zea mays, 87, 92

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós-Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-

books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 130 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 61 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Luciano Façanha Marques**

Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE (1997). Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2006). Mestre em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2009). Doutor em Agronomia (Solos e nutrição de plantas) pela Universidade Federal da Paraíba (2012). Professor Adjunto IV, Universidade Estadual do Maranhão. Contato: lucianomarques@professor.uema.br



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br



9786585756433

