



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS**

OSLÉIAS FERREIRA AGUIAR

**VALIDAÇÃO DA ESPÉCIE *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) COMO
ORGANISMO-TESTE PARA O USO EM ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS**

SANTARÉM, PARÁ

2022

OSLÉIAS FERREIRA AGUIAR

VALIDAÇÃO DA ESPÉCIE *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) COMO ORGANISMO-TESTE PARA O USO EM ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Biociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Fisiologia ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ruy Bessa Lopes

SANTARÉM, PARÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- A283v Aguiar, Osléias Ferreira
Validação da espécie *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) como organismo-
teste para o uso em ensaios ecotoxicológicos./ Osléias Ferreira Aguiar. – Santarém,
2022.
109 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Ruy Bessa Lopes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-reitoria de Pes-
quisa, Pós Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Biociências.
1. Carta de sensibilidade. 2. Substâncias químicas. 3. Toxicidade aguda. I. Lopes, Ruy
Bessa, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 597

OSLÉIAS FERREIRA AGUIAR

Validação da espécie *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) como organismo-teste para o uso em ensaios ecotoxicológicos

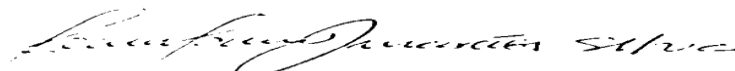
Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação em Biociências da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre. **Área de concentração:** Fisiologia ambiental

Conceito: APROVADA

Data da aprovação: 01/04/2022



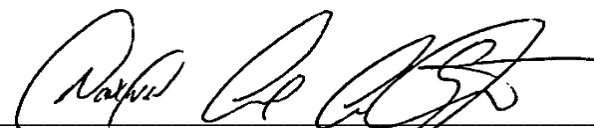
Prof. Dr. Ruy Bessa Lopes
Universidade Federal do Oeste do Pará (Orientador)



Prof. Dr. Joailson Guimarães Silva
Centro Universitário da Amazônia (UNAMA)



Prof. Dr. Ricardo Bezerra de Oliveira
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)



Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)

De todo meu coração dedico este trabalho a Deus, por ter me concedido a força e a determinação necessária, e especialmente saúde em tempos de pandemia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais (Edivaldo e Francineide), porque me incentivaram desde muito cedo, mesmo quando eles mesmos não tiveram a oportunidade de buscar conhecimento. Ao meu esposo (Gilmar) que não mediu esforços para me ajudar, em TUDO, do começo ao fim! A minha irmã (Eliane), minha mãe e meu esposo por terem cuidado com tanto carinho do meu príncipe (Oliver) desde quando ele tinha apenas 6 meses para que eu pudesse ir passar o dia todo no laboratório, inclusive em dias que eu ficava até tarde da noite, ou mesmo em feriados e fins de semana.

Ao meu orientador prof. Dr. Ruy Bessa Lopes pelas orientações, por acreditar no meu potencial, e por me apoiar ao longo desse processo. Ao prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana que também compartilhou comigo muito conhecimento, experiências e orientações. Meus sinceros agradecimentos também ao Dr. Eduardo Bertolotti, que foi muito gentil e atencioso em responder detalhadamente todos os enormes e-mails que enviei a ele.

Aos colegas de laboratório (João David, Thamires e Joisiane) que foram para mim companhia, amigos, ajudantes, psicólogos, químicos, inventores, tudo isso e mais um pouco!

Meus agradecimentos se estendem também ao grupo de pesquisa Neurociências e Amazônia do qual, orgulhosamente faço parte, e as técnicas do Laboratório de Química Aplicada a Toxicologia, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos (Mila e Jandira), por toda ajuda e suporte concedido durante o longo período de testes. A todos vocês, meu MUITO OBRIGADO!!!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Nas últimas décadas o aumento populacional e as diversas atividades antrópicas contribuíram gradativamente para a degradação dos ecossistemas terrestres e aquáticos, e se destacam nesse processo o uso excessivo de pesticidas/defensivos agrícolas. Os pesticidas possuem alta potencialidade de se transportar em diferentes matrizes ambientais. Para auxiliar em estudos de qualidade ambiental, a ecotoxicologia tem desenvolvido diversos métodos de ensaios utilizando organismos-teste sensíveis aos contaminantes. O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da espécie *Colossoma macropomum* como organismo-teste para o uso em ensaios ecotoxicológicos com ênfase nos critérios de aceitabilidade, sob o escopo da NBR 15088: ABNT, 2016. Foram realizados ensaios de sensibilidade (no total 10 repetições) com a substância de referência, dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e as médias das CL_{50-96H} de cada ensaio foram utilizadas para a elaboração da carta-controle, um gráfico que inclui uma linha central, um limite de controle superior e um limite de controle inferior. Utilizando os mesmos lotes de organismos-teste foram realizados paralelamente testes de toxicidade aguda e determinadas as concentrações letais medianas (CL_{50-96H}) para três substâncias químicas individuais: clorpirifós, imidacloprido e glifosato. Destaca-se que inicialmente foram realizados testes preliminares para determinação das concentrações definitivas de dicromato de potássio, assim como das demais substâncias toxicantes. Também foi realizada análise físico-química da água: pH, oxigênio dissolvido, temperatura, amônia e alcalinidade total. A média geral da CL_{50-96H} determinada a partir dos testes de sensibilidade com dicromato de potássio foi igual a 38.1 mg/L, e os testes de toxicidade aguda com os pesticidas: clorpirifós, imidacloprido e glifosato, tiveram valores de CL_{50-96H} igual a 50.1 μ g/L, 37.29 mg/L e 8.25 mg/L, respectivamente. Os resultados demonstraram que Juvenis de *C. macropomum* são sensíveis as substâncias químicas a que foram expostos neste estudo, e se mostram como um modelo animal promissor para ser empregado em testes de toxicidade aguda.

Palavras-Chave: Carta de sensibilidade. Substâncias químicas. Toxicidade aguda. Tambaqui.

ABSTRACT

In recent decades, population growth and various human activities have gradually contributed to the degradation of terrestrial and aquatic ecosystems, and the excessive use of pesticides/agricultural pesticides stands out in this process. Pesticides have a high potential to be transported in different environmental matrices. To assist in environmental quality studies, ecotoxicology has developed several test methods using test organisms sensitive to contaminants. The present study aimed to evaluate the viability of the species *Colossoma macropomum* as a test organism for use in ecotoxicological assays with emphasis on acceptability criteria, under the scope of NBR 15088: ABNT, 2016. Sensitivity assays were carried out (in total 10 repetitions) with the reference substance, potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) and the averages of the LC50-96H of each assay were used for the elaboration of the control chart, a graph that includes a central line, an upper control limit and a bottom control. Using the same batches of test organisms, acute toxicity tests were performed in parallel and the mean lethal concentrations (LC50-96H) were determined for three individual chemicals: chlorpyrifos, imidacloprid and glyphosate. It is noteworthy that initially preliminary tests were carried out to determine the definitive concentrations of potassium dichromate, as well as other toxic substances. Physical-chemical analysis of the water was also performed: pH, dissolved oxygen, temperature, ammonia and total alkalinity. The general mean LC50-96H determined from the sensitivity tests with potassium dichromate was equal to 38.1 mg/L, and the acute toxicity tests with the pesticides: chlorpyrifos, imidacloprid and glyphosate, had LC50-96H values equal to 50.1 μ g/L, 37.29 mg/L and 8.25 mg/L, respectively. The results showed that *C. macropomum* juveniles are sensitive to the chemical substances to which they were exposed in this study, and are a promising animal model to be used in acute toxicity tests.

Keywords: Sensitivity card. Chemical substances. Acute toxicity. Tambaqui.

LISTA DE ILUSTRÇÕES

Figura 1 - Exemplo de cartas de controle.....	21
Figura 2 - Processos que direcionam os agrotóxicos principalmente aos ecossistemas aquáticos.....	24
Mapa 1 - Estado do Pará, com destaque para região Oeste paraense.....	25
Quadro 1 - Glifosato, clorpirifós e imidacloprido: informações de registro, classificação e propriedades químicas.....	27
Quadro 2 - Estudos selecionados em três bancos de dados: web of Science, Scopus e CAB Direct utilizando peixes como organismo-teste em ensaios de ecotoxicidade.....	30
Quadro 3 - Espécies utilizadas nos testes de toxicidade, organizadas por família e ordem a que pertencem.....	36
Figura 3 - Fases de desenvolvimento de <i>C. macropomum</i>	38
Figura 4 - Organismo-teste: <i>Collossoma macropomum</i>	40
Figura 5 - Organização dos aquários em triplicata para os testes de ecotoxicidade com <i>Collossoma macropomum</i>	42
Figura 6 - Aquários equipados com sistemas de aeração.....	42
Figura 7 - Avaliação biométrica.....	43
Figura 8 - Dicromato de potássio.....	45
Figura 9 - Substâncias químicas utilizadas.....	47
Figura 10 - Sequência de diluição da substância química: adição da concentração e organismos-teste no aquário.....	49
Gráfico 1 - Carta de controle construída a partir dos testes de sensibilidade com dicromato de potássio.....	61
Gráfico 2 - Teste de toxicidade aguda com o inseticida clorpirifós: curva de dose-resposta.....	64
Gráfico 3 - Teste de toxicidade aguda com o inseticida clorpirifós: curva de dose-resposta.....	67
Gráfico 4 - Teste de toxicidade aguda com o inseticida glifosato: curva de dose-resposta.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados biométricos de juvenis de <i>C. macropomum</i> utilizados nos testes de sensibilidade e de toxicidade aguda.....	53
Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos: temperatura, pH e oxigênio dissolvido.....	53
Tabela 3 - Amônia total e alcalinidade total nos testes de sensibilidade com dicromato de potássio.....	54
Tabela 4 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações e os tempos experimentais.....	56
Tabela 5 - Amônia total e alcalinidade total no início e fim dos testes de toxicidade aguda com as diferentes substâncias químicas.....	56
Tabela 6 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações no início dos experimentos (T0H)	57
Tabela 7 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações das três substâncias químicas no tempo inicial (T0H) e tempo final (T96H) dos experimentos.....	57
Tabela 8 - Mortalidade dos juvenis de <i>C. macropomum</i> nos testes de sensibilidade com dicromato de potássio (K ₂ Cr ₂ O ₇) durante 96 horas de exposição.....	59
Tabela 9 - Concentração Letal Mediana (CL _{50-96H}) para cada teste de sensibilidade.....	60
Tabela 10 - Mortalidade de juvenis de <i>C. macropomum</i> no teste de toxicidade aguda com o inseticida clorpirifós.....	63
Tabela 11 - Mortalidade de juvenis de <i>C. macropomum</i> no teste de toxicidade aguda com o inseticida imidacloprido.....	66
Tabela 12 - Mortalidade de juvenis de <i>C. macropomum</i> no teste de toxicidade aguda com o herbicida glifosato.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CE₅₀: Concentração Efetiva Média

CENO: Concentração de Efeito Não Observado

CEO: Concentração de Efeito Observado

CL₅₀: Concentração Letal Mediana

CONCEA: Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal

CV: Coeficiente de Variação

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICSU: Committee of the International Council of Scientific Unions

LC: Limite Central

LIC: Limite Inferior de Controle

LSC: Limite Superior de Controle

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

NBR: Normas Brasileiras

OECD: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PH: Potencial (ou potência) Hidrogeniônico

US EPA: Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Ecotoxicologia: uma ferramenta para estudos de qualidade ambiental.....	17
2.1.1 Bioensaios.....	18
2.1.2 Testes agudos e crônicos: CL ₅₀ , CEO, CENO.....	19
2.2 Teste de sensibilidade.....	20
2.2.1 Carta de controle.....	21
2.3 O uso de agrotóxicos e os impactos sobre os ecossistemas e a saúde humana.....	22
2.4 Fronteiras agrícolas da amazônia brasileira: um destaque para o Oeste paraense.....	24
2.5 Glifosato, clorpirifós e imidacloprido: princípios ativos entre os mais utilizados em lavouras de cultivo.....	26
2.6 Peixes: espécies de vida livre como organismos-teste em ensaios de toxicidade.....	28
2.7 <i>Colossoma macropomum</i> (cuvier, 1818): uma espécie nativa com potencial para o uso em ensaios de ecotoxicidade aquática.....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Comitê de ética.....	39
3.2 Organismos-teste.....	39
3.3 Aclimatação e manutenção.....	41
3.4 Local do estudo.....	41
3.5 Análise físico-química da água.....	44
3.6 Delineamento experimental.....	44
3.7 Testes de sensibilidade.....	45
3.7.1 Testes preliminares e definitivos com o dicromato de potássio.....	46
3.8 Testes de toxicidade aguda com os toxicantes selecionados (clorpirifós, imidacloprido, glifosato)	47
3.8.1 Clorpirifós.....	48
3.8.1.1 Preparo da substância, testes preliminares e teste definitivo.....	48
3.8.2 Imidacloprido.....	49
3.8.3 Glifosato.....	50
3.9 Análises estatísticas.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1 Análises físico-químicas.....	53

4.1.1 Análises físico-químicas: testes de sensibilidade.....	54
4.1.2 Análises físico-químicas: testes de toxicidade aguda.....	57
4.2 Testes de sensibilidade e a construção da carta de controle.....	59
4.3 Teste de toxicidade aguda: clorpirifós.....	63
4.4 Teste de toxicidade aguda: imidacloprido.....	65
4.5 Teste de toxicidade aguda: glifosato.....	68
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS.....	73
ANEXO.....	109

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as atividades antrópicas, a expansão dos grandes centros urbanos e industriais, assim como o crescimento populacional associado à atividades humanas, como mineração, agricultura e pecuária, construções, hidrelétricas ou lançamentos de efluentes não tratados contribuíram gradativamente para a degradação dos ecossistemas terrestres e aquáticos, o que desperta para a necessidade do desenvolvimento de modelos de pesquisas capazes de avaliar os efeitos dessas atividades sobre populações e comunidades presentes nestes ambientes (CALLISTO et al., 2001).

Diante do cenário de degradação ambiental cada vez mais evidente, a ecotoxicologia aquática surgiu como uma ferramenta de auxílio no enfrentamento de problemas de contaminação dos corpos d'água por compostos químicos ou substâncias tóxicas chamados genericamente de xenobióticos (VAN DER OOST et al., 2003; MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008).

Segundo Buss et al. (2008) apenas a realização de análises físico-químicas para a avaliação ambiental não retrata adequadamente o impacto causado pelos poluentes ou substâncias químicas como os agrotóxicos por exemplo, visto que os resultados poderão apenas inferir sobre as potenciais causas, não demonstrando os efeitos tóxicos causados quando em contato com os diversos compartimentos bióticos do ecossistema, reforçando que, apenas sistemas biológicos são capazes de exibir respostas mensuráveis ao efeito tóxicos das substâncias.

Com o passar dos anos, vários métodos de ensaios para avaliação de ecotoxicidade foram desenvolvidos utilizando algas, microcrustáceos, moluscos, equinodermos, insetos, bactérias, plantas e peixes como organismos-teste (SOARES e CALOW, 1993; CETESB, 1994; OECD, 2019).

Todavia, quando se considera os grupos empregados nos bioensaios e os critérios exigidos para escolha dos organismos, os peixes destacam-se como sistemas modelos de excelência, pois são relativamente sensíveis às mudanças no ambiente e aos efeitos dos poluentes (WEPENER et al., 2011). São organismos de topo da cadeia trófica e são de grande importância comercial, já que fazem parte da dieta em muitos países e, em vários outros, são a principal fonte de proteínas da população (BEMVENUTI e FISCHER, 2010). Possuem sistemas orgânicos mais próximos histológica e fisiologicamente dos sistemas humanos (e dos outros vertebrados) que o são dos invertebrados, possibilitando, portanto, extrapolações mais

confiáveis, além disso, os peixes possuem boas respostas às substâncias, são de fácil aquisição, criação e manutenção em ambiente controlado (MELETTI, 2003).

Segundo Rand e Petrocelli (1985) a escolha do organismo-teste para o uso em testes de ecotoxicidade deve ser baseada em alguns critérios, como abundância e disponibilidade; cosmopolitismo da espécie; significância ecológica; sazonalidade; conhecimento da biologia, fisiologia e hábitos alimentares; estabilidade genética e uniformidade de suas populações; sensibilidade constante e apurada; seletividade elevada, importância comercial; facilidade de cultivo em ambiente controlado; e se possível a espécie deve ser nativa da região de estudo.

Apesar da dificuldade em encontrar uma espécie que reúna todas estas características e atributos, há aquelas que já foram padronizadas através de protocolos e métodos, podendo ser utilizadas nas mais variadas linhas de pesquisas, como o *Danio rerio* e o *Pimephales promelas* pertencentes a família Cyprinidae (NBR 15088: ABNT, 2016). Por outro lado, torna-se extremamente importante a realização de bioensaios com espécies naturais do ambiente de estudo, pois respondem melhor as condições encontradas no ambiente onde vivem (RAND e PETROCELLI, 1985; MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008).

De acordo com Damato e Barbieri (2011) quando se utiliza uma espécie nativa da região de estudo, torna-se possível estabelecer padrões de qualidade ambiental específicos para a mesma, porém no Brasil, onde ocorre uma grande diversidade de espécies naturais, ainda são poucos os estudos controlados que avaliam as respostas biológicas dessas espécies aos eventuais contaminantes presentes no ambiente (REIS, 2013).

Devido ao limitado número de espécies nativas validadas, grande parte dos ensaios ecotoxicológicos utilizam organismos padronizados, que em alguns casos pertencem a um ambiente totalmente diferente daquele estudado (JORGE e MOREIRA, 2005; LAITANO et al., 2008). Dessa forma, uma possível não adaptação ou mesmo influências de fatores abióticos sobre o organismo, podem impedi-lo de manifestar uma resposta que represente somente a ação do contaminante (BIANCHI, 2013).

Por esse motivo Krull e Barros (2012) concordam que o uso de espécies nativas, que representem de forma coerente as características do ambiente em questão deve ser considerado amplamente ao planejar um estudo envolvendo testes de ecotoxicidade aquática, pois além de aumentar a relevância dos dados e evidenciar as espécies regionais/locais, diminui os custos e evita a introdução de espécies exóticas, integrando aspectos ecológicos aos resultados. Estudos dessa natureza também são importantes para garantir ou incentivar a proteção da ictiofauna nativa e dos serviços ecossistêmicos que ela fornece (SOUZA, 2014).

Considerando o grande potencial para o uso em pesquisas da espécie *Colossoma*

macropomum o qual já foi demonstrado preteritamente por diversos autores, como: Veiga et al. (2002); Assis et al. (2007); Salazar-Lugo et al. (2009); Chapadense et al. (2009); Rocha (2009); Silva (2013); Silva (2016); Marques et al (2016), dentre outros, e que esta espécie reúne muitos dos principais requisitos exigidos para a escolha de um organismo-teste: é nativa da região amazônica, possui alta representatividade ecológica e econômica, é resistente e de fácil manejo e cultivo em condições controladas (BUCKUP et al., 2007). Este estudo, teve como objetivo avaliar a viabilidade da espécie *Colossoma macropomum* como organismo-teste para o uso em ensaios ecotoxicológicos, com ênfase nos critérios de aceitabilidade, sob o escopo da NBR 15088 (ABNT, 2016), especialmente para apoiar estudos de qualidade ambiental na Amazônia.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Ecotoxicologia: uma ferramenta para estudos de qualidade ambiental

Como mencionado por diversos autores na literatura o termo ecotoxicologia (derivado das palavras ecologia e toxicologia) foi sugerido pela primeira vez em junho de 1969, durante uma reunião do *Committee of the International Council of Scientific Unions* (ICSU), em Estocolmo, pelo toxicologista francês René Truhaut (TRUHAUT, 1977). E desde então tem refletido em uma crescente preocupação com os efeitos de produtos químicos em outras espécies que não os humanos, a partir de uma abordagem que se volta para o impacto desses produtos em um contexto ambiental e ecológico (WALKER et al., 2012).

Trata-se de uma ciência importante no monitoramento ambiental que é baseada principalmente na resposta de organismos pertencentes aos diversos níveis dentro da cadeia ecológica a estressores químicos, estuda a ação de contaminantes ambientais em todos os aspectos, tendo como finalidade impedir e/ou prevenir intoxicações (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Apesar dos inúmeros conceitos estabelecidos, a ecotoxicologia foi definida por BUTLER (1978) como “uma área especializada da toxicologia ambiental que centra seus estudos nos efeitos ocasionados por agentes estressores (químicos ou físicos) sobre populações e comunidades integrantes de ecossistemas definidos, descrevendo a relação entre os poluentes químicos, o ambiente em que são liberados e os organismos que ali vivem”. O objetivo da ecotoxicologia é proteger a flora e a fauna nativas em nível de população, comunidade e ecossistema (BELDEN, 2020).

A ecotoxicologia leva em consideração as diferentes respostas que os organismos podem manifestar quando expostos a um poluente, dessa forma, ela se torna uma importante ferramenta para auxiliar nas análises de impactos ambientais, pois estima a toxicidade das substâncias em relação aos seres vivos bem como ao ambiente/ecossistema em que vivem (WALKER, 2006).

Esta área da ciência ganhou destaque após a ocorrência de diversos eventos, contaminações e acidentes com produtos químicos, o que levou a um aumento gradativo do interesse humano pelas questões ambientais (ZAGATTO, 2006). Na década de 80, as agências ambientais do mundo todo, principalmente nos Estados Unidos (EUA) e na Europa, começaram

a desenvolver protocolos padronizados de testes de toxicidade utilizando organismos aquáticos (US EPA, 1996-2002; OECD, 1984-2004).

Reconhecidamente, os ensaios ecotoxicológicos conseguem caracterizar os efluentes líquidos de forma mais abrangente, englobando todos os seus constituintes químicos, principalmente pelo fato de avaliar a biodisponibilidade das substâncias presentes, bem como em detectar o efeito tóxico resultante das interações entre essas substâncias químicas (BERTOLETTI, 2008).

2.1.1 Bioensaios

Testes ou ensaios de toxicidade são classificados pelo tempo de exposição, pela concentração utilizada e pelo efeito observado (RAMSDORF, 2011). São instrumentos ecotoxicológicos, utilizados para a integração de dados biológicos, químicos e físico-químicos, além de importantes ferramentas em estudos ambientais, por causa das limitações existentes nos estudos baseados em evidências puramente químicas, as quais dificultam e prejudicam principalmente o processo de interpretação de resultados (RODRIGUES et al., 2009).

Os testes de toxicidade permitem avaliar a qualidade das águas e a carga poluidora de efluentes, porém fica claro que as análises físico-químicas são extremamente importantes e devem ser realizadas em conjunto com os testes de toxicidade (GHERARDI-GOLDSTEIN et al., 1990; HARMEL, 2004; RONCO, 2004; COSTA et al., 2008).

Hoffmam et al. (1995) e Zagatto (1999) consideram os ensaios de toxicidade como análise indispensável ao controle da poluição hídrica, por se fundamentarem na utilização de organismos vivos os quais são diretamente afetados pelos desequilíbrios que eventualmente ocorrem nos ecossistemas aquáticos onde vivem, detectando os efeitos sobre a biota residente.

De meados da década de setenta até a atualidade, já foram desenvolvidos e adaptados vários métodos de ensaios de toxicidade aguda e crônica, de longa e curta duração, utilizando alguns grupos de organismos, dentre os quais se destacam as algas (ABNT, 1992; CETESB, 1994), microcrustáceos (ABNT, 1993; CETESB, 1994) e peixes (CETESB, 1990; ABNT, 2004) de águas continentais e marinhas, além de organismos para uso em testes com sedimentos (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2006).

Brentano (2006) afirma que os testes toxicológicos mesmo os realizados em laboratório

são considerados bons instrumentos para auxiliar nas decisões que visam a preservação da biota aquática, pois permitem uma avaliação bastante segura do potencial tóxico de substâncias em meios contaminados e dos riscos causados por substâncias potencialmente tóxicas ao meio ambiente. Para Boock (1999) isso ocorre porque estes testes obedecem a um modelo geral de procedimento já padronizado que consiste na exposição de organismos-teste a diferentes concentrações do agente tóxico, sob rigoroso controle das condições ambientais.

2.1.2 Testes agudos e crônicos: CL_{50} , CEO, CENO

Testes de toxicidade são experimentos, onde os organismos vivos são expostos à compostos ou substâncias químicas e suas reações são observadas e registradas e posteriormente avaliadas comparando-se com um grupo controle (HARMEL, 2004). Segundo Goldstein (1988) o objetivo deste tipo de teste é avaliar os efeitos deletérios causados a organismos aquáticos representativos do ambiente em várias concentrações de uma ou mais substâncias, durante um determinado período de tempo.

Os testes de toxicidade podem ser de dois tipos: agudos ou crônicos, onde os testes agudos avaliam uma resposta severa e rápida dos organismos aquáticos a um estímulo que se manifesta, em geral, num intervalo de 0 a 96 horas (RAND e PETROCELLI, 1985), proporcionando rápidas respostas na estimativa dos efeitos letais de um agente tóxico sobre organismos aquáticos (LOMBARDI, 2004). Tem por objetivo determinar a Concentração Letal Mediana (CL_{50}) ou a Concentração Efetiva Média (CE_{50}), isto é, a concentração do agente tóxico que causa mortalidade ou imobilidade, respectivamente, a 50% dos organismos-teste depois de um determinado tempo de exposição (MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008; ANDRADE, 2004).

Em contrapartida, os testes crônicos são realizados por um período que pode abranger parte ou todo o ciclo de vida do organismo-teste, permitindo avaliar os possíveis efeitos sob condições de exposições prolongadas a concentrações que possibilitam a sobrevivência dos organismos, mas que afetam suas funções biológicas, como crescimento, desenvolvimento ou funções reprodutivas (COSTA et al., 2008).

Os testes de toxicidade crônica dependem diretamente dos resultados dos testes de toxicidade aguda, uma vez que as concentrações subletais são calculadas a partir da CL_{50} ,

quando comparado com os testes agudos, estes testes são mais sensíveis à diluição esperada em amostras ambientais, avaliando a ação dos poluentes cujo efeito traduz-se pela resposta a um estímulo que continua por um longo período de tempo sobre determinado organismo (RAND e PETROCELLI, 1985).

Em testes de toxicidade para estudo de efeitos crônicos, os resultados podem ser expressos em CENO (Concentração de Efeito Não Observado) cuja definição segundo a NBR-13373 (ABNT, 2017) é a “maior concentração testada da amostra que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução nas condições de ensaio” ao contrário da Concentração de Efeito Observado (CEO) que representa a menor concentração da amostra que causa efeito (ANDRADE, 2004; ALEGRE, 2009).

2.2 Teste de sensibilidade

A sensibilidade de um organismo com relação à qualidade do ambiente em que vive, pode se manifestar a nível bioquímico, fisiológico, genético, morfológico, ou comportamental, dependendo também de características individuais de cada espécie, de fatores bio-ecológicos e ambientais, e estes fatores tornam-se extremamente importantes na padronização de organismos bioindicadores/sentinelas, pois se estabelecem como condições de total relevância em programas de monitoramento e em ensaios ecotoxicológicos (MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008; BELDEN, 2020).

Testes de sensibilidade são utilizados para avaliar a sensibilidade relativa de uma população ou grupo de organismos que serão utilizados em testes de toxicidade, e também para estimar a precisão e confiabilidade dos dados produzidos em laboratório (ENVIRONMENT CANADA, 1992; RESGALLA Jr e LAITANO, 2002)

Segundo Sundfeld (2010), para que um ensaio de toxicidade seja confiável, são utilizados organismos sensíveis a uma diversidade de agentes químicos. Esta sensibilidade deve ser relativamente constante, de maneira que possibilite a obtenção de resultados precisos, garantindo a boa repetibilidade e reprodutibilidade dos testes.

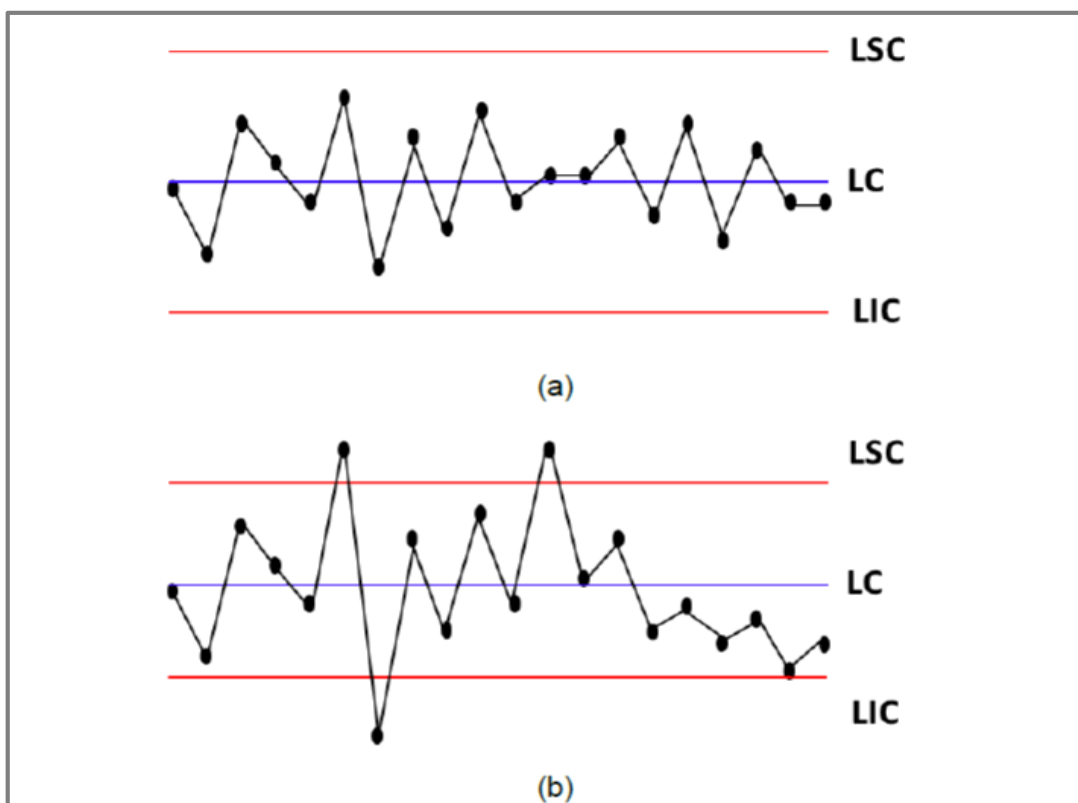
Neste tipo de teste, os organismos são expostos a diversas concentrações de uma substância de referência/padrão, dentre estas destaca-se o cloreto de sódio (NaCl), o cloreto de potássio (KCl), o dodecil sulfato de sódio (DSS), o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e o sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), para ser considerada como uma substância padrão ou

de referência a substância precisa preencher alguns requisitos, tais como: ter meia vida longa e estável, estar disponível na forma pura, apresentar uma boa curva de concentração-resposta para o organismo, ser estável em solução aquosa e apresentar um baixo risco a saúde humana (ENVIRONMENT CANADA, 1992; ABNT, 2016).

2.2.1 Carta de controle

Segundo Oliveira et al. (2013) cartas (ou gráficos) de controle são utilizadas para monitorar o desempenho de um processo de medição. Estes gráficos determinam estatisticamente uma faixa denominada limites de controle, que é limitada por uma linha superior (limite superior de controle-LSC) e uma linha inferior (limite inferior de controle-LIC), além de uma linha central (limite central-LC). A Figura 1 mostra exemplos de cartas-controlre.

Figura 1 - Exemplo de cartas de controle. (a) Sob controle estatístico. (b) Fora de controle estatístico



Fonte: Oliveira et al. (2013).

De acordo com a NBR 15088 (ABNT, 2016), a carta-controle pode ser elaborada com no mínimo cinco resultados de ensaios ecotoxicológicos (teste de sensibilidade) utilizando uma substância de referência, e diferentes lotes de organismos. Com esses resultados deve-se calcular os valores para a média (\bar{x}) da CL_{50-48h} e/ou CL_{50-96h} , o desvio padrão (σ) e o coeficiente de variação ($CV < 30$)^[1], em seguida, plotar no gráfico da carta-controle o valor médio e os limites superior e inferior, com linhas perpendiculares ao eixo que apresenta o resultado dos ensaios.

A mesma norma (NBR 15088: ABNT, 2016) afirma que o teste de sensibilidade deve ser realizado conforme as condições do teste definitivo e que este deve ser realizado em paralelo com cada lote de organismos-teste. Após a carta-controle ser plotada os resultados obtidos durante o ensaio com a substância-teste deve estar dentro dos limites da carta, caso não estejam o ensaio com a substância de referência (teste de sensibilidade) e com a amostra devem ser repetidos utilizando um novo lote de organismos.

2.3 O uso de agrotóxicos e os impactos sobre os ecossistemas e a saúde humana

Termos como, agrotóxico, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas, biocidas, agroquímicos, produtos fitofarmacêuticos ou produtos fitossanitários são utilizados atualmente para definir produtos e agentes (físicos, químicos ou biológicos), cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, principalmente no setor agrícola (BRASIL, 1989; BILAL et al., 2019).

No Brasil, a cada ano, toneladas de pesticidas são lançados no meio ambiente, poluindo rios, lagos, nascentes, solos e florestas (BRASIL, 2002; LIU et al., 2019). De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) substâncias químicas como os agrotóxicos possuem ingredientes ativos com elevado grau de toxicidade aguda comprovada e que causam problemas neurológicos, dermatológicos, reprodutivos, de desregulação hormonal, entre outros (BRASIL, 2011).

O uso em larga escala de agrotóxicos tem trazido sérios danos e modificações ao meio ambiente, seja pela contaminação das comunidades de seres vivos ou pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas, o que tem gerado um sério problema ambiental (PERES e MOREIRA, 2003).

Reconhecidamente diversos problemas surgem a partir da prática do uso intensivo de

agrotóxicos, levando ao aumento da dependência destes nas lavouras (CAMPANHOLA et al., 1998). Ocorrem desequilíbrios biológicos a partir da eliminação não intencional de inimigos naturais das pragas, e conseqüentemente, este processo favorecerá a reincidência de grandes populações de pragas e patógenos (ressurgência), assim como o aparecimento de outras novas que estavam sob controle natural (BERTI FILHO, 2010).

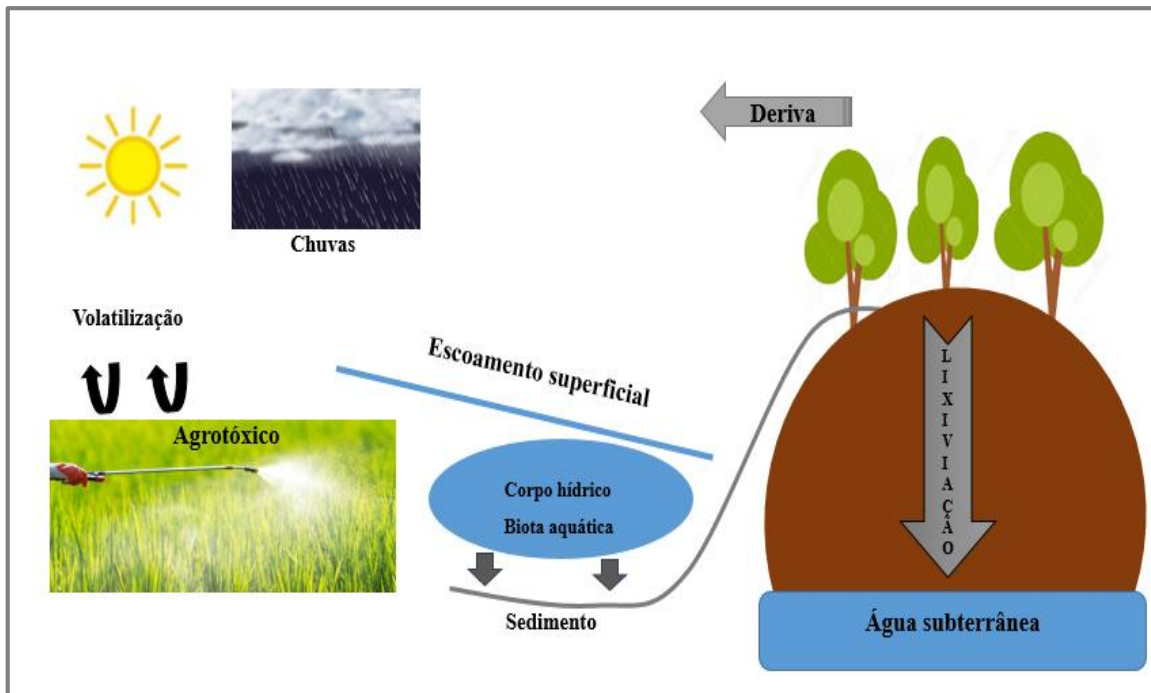
Além da questão do desenvolvimento de resistência pelas pragas, um outro aspecto importante a ser mencionado é o dano causado à saúde das pessoas que manipulam e aplicam os agrotóxicos no campo, além dos trabalhadores das indústrias de pesticidas (produção, transporte e comercialização) e trabalhadores do setor agropecuário, os quais são diretamente afetados. A população também se expõe quando utiliza ou consome água e alimentos contaminados, e com certeza o envenenamento humano e as doenças são certamente o maior impacto causado pelo uso de agrotóxicos (CAMPANHOLA et al., 1998; BRASIL, 2002; LOPES e ALBUQUERQUE, 2018).

Segundo Bortoluzzi et al. (2006), as moléculas de agrotóxicos dos ecossistemas terrestres são transferidas aos ecossistemas aquáticos de forma constante e contínua, sendo mais evidente em corpos d'água próximos a áreas agrícolas, por causa do uso indiscriminado dessas moléculas nesses locais e em quantidades elevadas. Esta realidade faz com que os inúmeros ecossistemas aquáticos existentes próximos a locais de cultivo funcionem como sumidouros de contaminantes químicos (SOARES et al., 2017).

É importante mencionar que depois que a substância é lançada no ambiente (sobre cultivos, pelo ar ou no solo), ela poderá sofrer processos de transformação ou potencialização (Figura 2). Segundo Frighetto (1997), o destino dos agrotóxicos no ambiente são direcionados por fenômenos como: retenção, transformação química e bioquímica e transporte para a atmosfera, água subterrânea e água superficial, sendo que em algumas situações o agrotóxico original é metabolizado em outras moléculas químicas que apresentam características distintas da molécula inicial, podendo ser, inclusive, mais tóxicas.

A avaliação dos riscos ecotoxicológicos causados por pesticidas aos ecossistemas aquáticos é baseada em dados sobre a toxicidade e os efeitos das preparações de pesticidas em organismos não-alvos. Os peixes estão entre o grupo de organismos aquáticos não-alvos (VELISEK et al., 2007).

Figura 2 - Processos que direcionam os agrotóxicos principalmente aos ecossistemas aquáticos



Fonte: Adaptado de Tomita e Beyruth (2002).

2.4 Fronteiras agrícolas da amazônia brasileira: um destaque para o oeste paraense

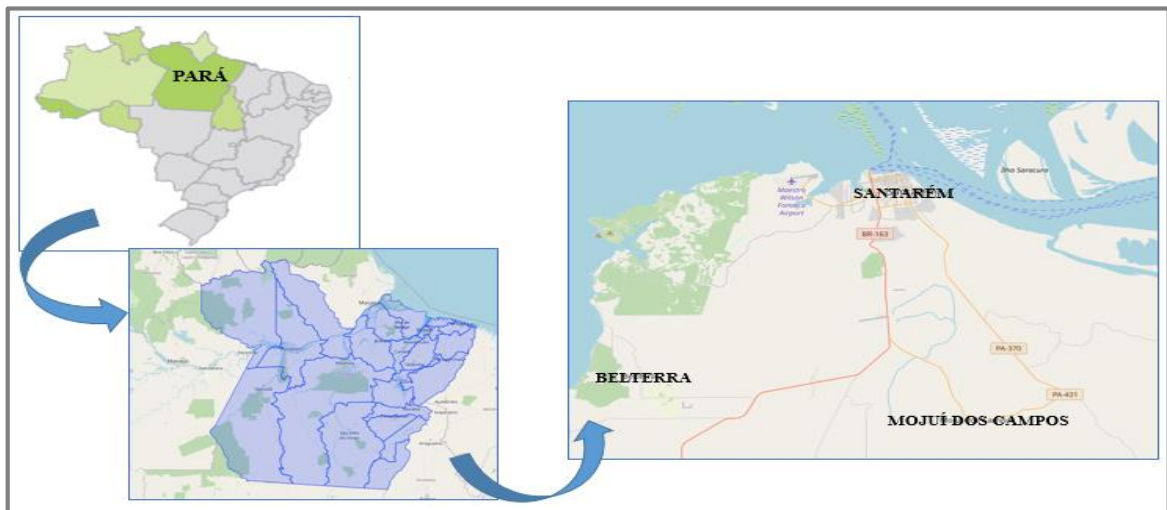
O processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil alcançou a Amazônia e acarretou em profundas mudanças nos sistemas produtivos da região (SAUER, 2018). Sistemas antes baseados no extrativismo e conduzidos por populações tradicionais estão sendo substituídos por práticas produtivas baseadas em premissas especializadas de cultivo, a exemplo da cultura da soja (OSÓRIO, 2018).

O estado do Pará (mapa 1) possui extensão territorial de cerca de 1,248 milhão Km², dos quais 1,6% é destinado ao cultivo agrícola, o equivalente a pouco mais de 20 mil Km² distribuídos em lavouras temporárias e permanentes. (BOLETIM AGROPECUÁRIO DO PARÁ, 2021). No ano de 2020, as lavouras temporárias corresponderam a 1.363.760 hectares da área plantada, onde as culturas de soja e milho juntas somaram uma porcentagem de 70,69% desse total (SIDRA, IBGE, 2020). É importante destacar que, de acordo com as projeções do agronegócio, para os anos de 2029/2030, é previsto ainda, um acréscimo de 56,4% na produção de soja no estado do Pará (MAPA, 2020).

Segundo o boletim anual de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil, somente no ano de 2020 a região norte comercializou 34.511.30 toneladas de ingredientes ativos, e nesse cenário, o estado do Pará ocupa o primeiro lugar, tendo comercializado 12.578.75 toneladas desse total (IBAMA, 2020).

Os municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos destacam-se como potenciais produtores de soja dada a inserção do agronegócio na região Oeste paraense, sobretudo, por causa da logística de escoamento da produção (pavimentações de rodovias, viabilização da hidrovía Araguaia-Tocantins, ampliação e implantação de Portos graneleiros nesta região, entre outros fatores) (SCHLESINGER e NORONHA, 2006).

Mapa 1 – Estado do Pará, com destaque para região Oeste paraense (Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra)



Fonte: IBGE (2017)

De acordo com Oliveira et al. (2013) e Neto et al. (2019) a produção de grãos (arroz, milho e soja) nestes municípios utiliza práticas de mecanização, adubos químicos e corretivos de solo, bem como defensivos para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas. Dessa forma, as monoculturas prejudicam o meio ambiente, principalmente com a contaminação química das fontes de água e rios da bacia do Tapajós, a partir de áreas de cultivos situadas às margens de corpos hídricos (SAUER, 2018; MORGADO, 2019), ocasionando alterações quantitativas e qualitativas nas águas superficiais, assim como a mortalidade de espécies aquáticas, especialmente de peixes (LEMOS et al., 2010; AGUIAR et al., 2014).

Os municípios de Santarém e Belterra compreendem uma das últimas fronteiras de reservas florestais do Pará e abrigam uma grande biodiversidade, por esse motivo, os riscos da

utilização excessiva de agrotóxicos nessa região são ampliados, principalmente pela possibilidade de afetar direta ou indiretamente organismos nativos ou endêmicos de vida livre, de importante papel para esses ecossistemas (ARANHA, 2011; SAUER e PIETRAFESA, 2013).

2.5 Glifosato, clorpirifós e imidacloprido: princípios ativos entre os mais utilizados em lavouras de cultivo

Dentre os 10 princípios ativos mais comercializados no Brasil estão o glifosato (herbicida), clorpirifós (inseticida) e o imidacloprido (inseticida), em 1º, 9º e 10º lugar respectivamente no ranking dos mais vendidos (IBAMA, 2020; PIGNATI et al., 2017).

O glifosato é a substância ativa dos herbicidas mais usados em todo o mundo, principalmente em cultivos de soja e milho. No entanto, questões sobre a segurança de herbicidas à base de glifosato são levantadas periodicamente e estudos recentes indicam que o glifosato pode não ser tão seguro quanto se supõe, principalmente devido aos aditivos/surfactantes em suas formulações (SIHTMÄE et al., 2013). Estes aditivos/surfactantes podem aumentar a temperatura e o pH de ambientes aquáticos, produzir efeitos tóxicos para peixes e invertebrados, e ocasionar em seres humanos dermatites, irritações nos olhos e sistema respiratório ou síndrome tóxica por ingestão acidental (JUNIOR e SANTOS, 2002). A Organização Mundial de Saúde (OMS) classificou o glifosato, como “possivelmente cancerígeno para seres humanos” (BOZZINI, 2020).

O clorpirifós, foi introduzido pela primeira vez no mercado em 1965, e desde então tem sido utilizado globalmente como inseticida para controlar pragas agrícolas, domésticas e para controle de mosquitos (EATON et al., 2008). Pesquisas de campo realizadas em muitos países sugeriram que o clorpirifós é um dos principais contaminantes das águas superficiais e subterrâneas (CHEN et al., 2016), sendo altamente tóxico para peixes (KHALIL et al., 2013).

A respeito da saúde humana, as vias de exposição incluem ingestão, inalação e exposição cutânea, sendo que as exposições dietéticas a níveis residuais de clorpirifós em produtos alimentares parecem ser a principal fonte de exposições não ocupacionais ao clorpirifós, tanto no passado como no presente (EATON et al., 2008).

Já o imidacloprido, é um inseticida neonicotinóide que tem sido amplamente utilizado para controlar insetos na agricultura em todo o mundo e como revestimento de sementes

(WANG et al., 2015; HLADIK et al., 2017). US EPA (2008) classificou o imidacloprido como altamente tóxico para invertebrados aquáticos, com base em seu uso disseminado, persistência e toxicidade aquática. O potencial de transporte deste inseticida de campos agrícolas para águas superficiais é uma preocupação (STARNER e GOH, 2012).

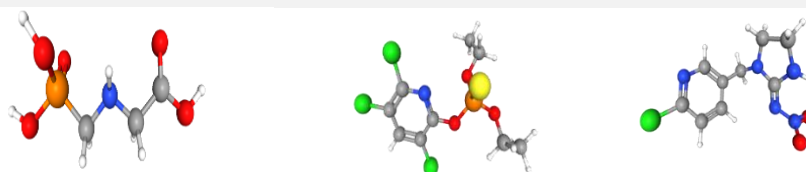
Vários estudos têm demonstrado efeitos prejudiciais do imidacloprido à uma ampla gama de espécies não-alvo, incluindo polinizadores e inimigos naturais de pragas de plantações e ecossistemas (HLADIK et al., 2017). Geralmente é persistente na água e não é facilmente biodegradável, têm efeitos cumulativos com o tempo de exposição, além disso, efeitos indiretos do imidacloprido na cadeia alimentar também podem ser esperados (VAN DIJK et al., 2013). O quadro 1 mostra um resumo com informações de registro, classificação e propriedades químicas destas substâncias químicas:

Quadro 1 - Glifosato, clorpirifós e imidacloprido: informações de registro, classificação e propriedades químicas.

Princípio ativo	GLIFOSATO	CLORPIRIFÓS	IMIDACLOPRIDO
Classe	Herbicida Aminofosfonato	Inseticida, formicida, acaricida Organofosforado	Inseticida Neonicotinóide
Cor/forma	Cristais brancos	Cristais granulados brancos	Cristais incolores
Odor	Inodoro	Odor suave de mercaptano	Leve odor característico
Nº CAS	1071-83-6	2921-88-2	138261-41-3
P. Mol	169,07 g/mol	350,6 g/mol	255,66 g/mol
F. molecular	C3H8NO5P	C9H11Cl3NO3PS	C9H10ClN5O2
Densidade	1,7 g/cm ³	1,4 g/cm ³	1,54 g/cm ³
P. fusão	189,5°C	41-42°C	144,0°C
P. ebulição	187 °C	375,90°C	442,30°C

Solubilidade	Em água, 10,5 g/L em água a pH 1,9 e 20°C	Em água, 1,4 mg/L a 25°C	Em água, 6,1X10+2 mg/L a 20°C
P. vapor	A 20 °C: desprezível	A 25°C: 0,0024	A 20 °C: desprezível
Constantes de Dissociação	pKa1 = 2,34 (20°C)/ácido fosfato;/ pKa2 = 5,73 (20°C)/amina secundária;/ pKa3 = 10,2 (25°C)/ácido carboxílico	Praticamente não dissociativo por natureza	pKa1 = 1,56; pKa2 = 11,12
Estabilidade/ validade	O glifosato e todos os seus sais não são voláteis, não se degradam fotoquimicamente e são estáveis ao ar.	Estável sob as condições de armazenamento recomendadas.	Estável sob as condições de armazenamento recomendadas.

F. Estrutural



Fonte: Anvisa (2020); Pubchem: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>

2.6 Peixes: espécies de vida livre como organismos-teste em ensaios de toxicidade

Os peixes possuem boas respostas a micropoluentes, e quando expostos a diversos contaminantes e são capazes de reagir ao estresse, alterando respostas comportamentais, bioquímicas e fisiológicas, que se reconhecidas a tempo e de forma correta podem servir como biomarcadores da poluição ambiental, evitando assim, consequências deletérias à comunidade aquática (HALLARE et al., 2011; XIA et al., 2018).

Algumas espécies padronizadas se destacam como organismo-teste, *Danio rerio* é uma espécie tropical do sul da Ásia amplamente distribuído, endêmico desta região, pode ser encontrado em pequenos riachos, rios, canais agrícolas, arrozais e piscinas fixadas em grandes corpos d'água (SHUKLA e BHAT, 2017), é um organismo modelo, padronizado, e mundialmente utilizado em pesquisas nos mais variados campos, incluindo a toxicologia, essa

popularidade não é uma coincidência, pois trata-se de uma espécie de peixes pequenos (comprimento máximo 3.8 cm (FROESE e PAULY, 2021), de fácil aquisição e manutenção, e que compartilham um alto grau de similaridade genética com os humanos (HOWE et al., 2013; SREELEKSHMI et al., 2022).

Outros teleósteos, como, o medaka (*Oryzias latipes*) de origem e distribuição no continente asiático; o peixinho raro chinês (*Gobiocypris rarus*), espécie nativa chinesa; o peixinho gordo (*Pimephales promelas*), de ampla distribuição geográfica em ecossistemas de água doce na América do Norte e Central; *Cyprinus carpio*, a carpa comum, um ciprinídeo de água doce, naturalmente distribuído da Europa a Ásia (FROESE e PAULY, 2021; HAO et al., 2021); *Carassius auratus*, o peixinho dourado, uma espécie de água doce temperada, encontrado dentro e ao redor do continente euro-asiático e *Poecilia reticulata*, uma espécie de água doce, amplamente distribuída na América do Sul, inclusive no Norte do Brasil (TRIGUEIRO et al., 2021; FROESE e PAULY, 2021; SALAKO et al., 2020; DAL PONTE et al., 2019; PARRINO et al., 2018; SANTOS et al., 2017; ZHELEV et al., 2016), destacam-se como organismos-teste, recomendados por órgãos internacionais (OECD, 2019; US EPA, 2016) e são amplamente utilizados como modelo biológico em testes de toxicidade aquática e avaliação de segurança química (HONG e ZHA, 2019).

Pelo fato de algumas espécies padronizadas não serem nativas da América do Sul, como o *Danio rerio*, por exemplo, se levanta a questão da importância do uso de espécies de vida livre, nativas ou endêmicas de regiões com clima tropical para avaliar como a exposição a produtos químicos afeta essas espécies, dessa forma, novos teleósteos comuns nas águas sul-americanas surgem como modelos animais para inovar a pesquisa na área da toxicologia ambiental (YOUSEFI et al., 2020; SOUZA et al., 2019).

Como observado, nas últimas décadas, diversos são os fatores que ameaçam a diversidade aquática amazônica, dentre eles, construções de hidrelétricas (MONAGHAN et al., 2020; CELLA-RIBEIRO et al., 2017), desmatamento (ARANTES et al., 2018), atividades de mineração (AZEVEDO et al., 2021), uso intensivo de pesticidas na agricultura (GUIDA et al., 2018), além de substâncias químicas utilizadas no controle de vetores de doenças endêmicas, como a malária, dengue, chikungunya e zika (SOUZA et al. 2020), os efeitos dessas atividades afetam direta ou indiretamente os corpos hídricos e os organismos aquáticos (CARAZO-ROJAS et al., 2018).

Foi realizado um levantamento cienciométrico com o objetivo de avaliar o uso de peixes nativos, de vida livre como organismos-teste em pesquisas ecotoxicológicas. A busca por referências baseou-se em artigos publicados entre os anos de 2018 e 2021 em três bancos de

dados: Web of Science, Scopus e *CAB Direct*. Foram utilizados os seguintes descritores em português: “*teste de toxicidade e peixes nativos de água doce, teste de toxicidade e peixes nativos neotropicais, teste de toxicidade e peixes amazônicos*” ou *toxicity test and freshwater natiel fish, toxicity test and neotropical native fish, toxicity test and Amazonian fish* em inglês. Empregou-se os operadores booleanos “AND” e “OR”.

Os critérios de inclusão foram: artigos completos em português e inglês, publicados entre os anos de 2018 e 2021 no Brasil; avaliações de toxicidade que empregaram espécies de peixes de água doce como modelo biológico; critérios de exclusão foram: artigos que utilizaram outros organismos para os testes de toxicidade (que não peixes), artigos que utilizaram espécies padronizadas como organismo-teste, artigos de revisão, estudos de caso, capítulo de livros, dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos duplicados e publicações anteriores ao ano de 2018. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 90 artigos foram selecionados, analisados e tabulados no programa Microsoft® Excel® 2013 (quadro 2).

Quadro 2 - Estudos selecionados em três bancos de dados: web of Science, Scopus e *CAB Direct* utilizando peixes como organismo-teste em ensaios de ecotoxicidade.

AUTOR, ANO	TESTE DE TOXICIDADE	SUBSTÂNCIA
SILVA <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Amônia e nitrito
DANTZGER <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Diflubenzuron e produto de sua degradação p-cloroanilina
CUNHA <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Deltametrina
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Óleo essencial de <i>Lippia origanoides</i>
PERSCH <i>et al.</i> , 2018	Crônica	Roundup (glifosato), Primoleo (atrazina) e Facet (quinclorac)
VICARI <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Nanopartículas de dióxido de titânio (NpTiO ₂) e chumbo
AMARAL <i>et al.</i> , 2018	Crônica	Agrotóxicos
COELHO <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Vinhaça lixiviada da cana-de-açúcar
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018	Aguda	Metais
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2018	Aguda e crônica	Atrazina

TAVARES et al., 2018	Aguda	Cianotoxinas
CARMO et al., 2018	Aguda e crônica	Nanopartículas de dióxido de titânio
MATUS et al., 2018	Aguda	Paracetamol e propranolol
VIANA et al., 2018	Aguda	Água de local impactados
SILVA et al., 2018	Crônica	Cianotoxinas
MORAES et al., 2018	Aguda	Inseticida cipermetrina
LAND et al., 2018	Crônica	Metais
VIEIRA et al., 2018	Aguda	Imidacloprid
DUARTE et al., 2018	Aguda	Água de formação (FoW) um subproduto da produção de petróleo e gás
BRAZ-MOTA et al., 2018	Aguda	Nanopartículas de óxido de cobre
VIANA et al., 2018	Crônica	Água poluída
ALVIM e MARTINEZ, 2019	Crônica e ensaio cometa	Inseticidas lambda-cialotrina e imidacloprid
BARBIERI et al., 2019	Aguda	Nitrogenio amoniacal
ZEBRAL et al., 2019	Aguda	Cobre
STECKERT et al., 2019	Crônica	Oligoelementos
MAIA et al., 2019	Aguda	Hidrolato de <i>Lippia alba</i>
ESLAVA-MOCHA et al., 2019	Aguda	Surfactantes não iônicos de seboamina-polietoxilato
FERNANDES et al., 2019	Aguda	Cianopeptídeos de duas cepas de <i>Microcystis</i>
SÁNCHEZ et al., 2019	Aguda	Herbicida à base de glifosato (roundup)
GAILÃO et al., 2019	Aguda	Lixiviado de aterro sanitário tratado
SAKURAGUI et al., 2019	Aguda, crônica e ensaio cometa	Cianotoxina
SOUZA et al., 2019	Crônica	Nanopartículas de dióxido de titânio

MARTINS et al., 2019	Aguda	Microcistina
CARMO et al., 2019	Aguda e crônica	Nanopartículas de dióxido de titânio
ABOU ANNI et al., 2019	Crônica	Cobre
AMÉRICO-PINHEIRO et al., 2019	Crônica	Imidacloprido
SANTOS et al., 2019	Crônica	Tiroxina, levotiroxina e tiroxina complexadas em ciclodextrina – hormônios
OLIVEIRA et al., 2019	Aguda e crônica	Levamisol e ivermectina
SADAUSKAS-HENRIQUE et al., 2019	Aguda	Carbono orgânico
SILVA et al., 2019	Aguda e ensaio cometa	Glifosato (roundup)
CRÉMAZY et al., 2019	Aguda e de embriotoxicidade	Cobre
MENDES et al., 2019	Crônica	Diclorodifeniltricloroetano (DDT) e mercúrio
FERREIRA et al., 2019	Aguda	Óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> (hortelã-pimenta)
NEVES et al., 2020	Aguda	Formalina
TESSER et al., 2020	Aguda	Cobre e nanopartículas de cobre
MONTES et al., 2020	Crônica	Metais
SILVA et al., 2020	Aguda	Metais pesados
DUNCAN et al., 2020	Aguda	Triclorfon
SILVA et al., 2020	Aguda	Triclorfom
CHAVES et al., 2020	Aguda	Pesticida à base de deltametrina
MATTIOLI et al., 2020	Aguda	Florfenicol
CANTANHÊDE et al., 2020	Aguda	Eugenol
SOUZA et al., 2020	Aguda	Malathion
JACAÚNA et al., 2020	Aguda	Águas residuais urbanas

BITTARELLO et al., 2020	Crônica	Mercúrio
SOUZA et al., 2020	Aguda	Deltametrina
RODA et al., 2020	Aguda	Microplásticos e cobre
CHISTE et al., 2020	Aguda	Atrazina
AMARAL et al., 2020	Crônica	Reservatório de Passo Real, em uma região subtropical do Sul do Brasil
ZEBRAL et al., 2020	Aguda	Combinação de temperatura elevada com cobre aquoso
BALDISSERA et al., 2020	Aguda	Cobre
NIMET et al., 2020	Crônica	Corpos receptores na vizinhança da áreas agrícolas
SEIXAS et al., 2020	Aguda	Produtos nutracêuticos comerciais (Natumix® e BioFish®)
MENESES et al., 2020	Aguda	Extrato aquoso de <i>Terminalia catappa</i>
SEIXAS et al., 2020	Aguda	Oleorresinas do gênero <i>Copaifera</i>
SHIROMA et al., 2020	Aguda	Florfenicol
SEIXAS et al., 2020	Crônica	Avaliação da contaminação por mercúrio em peixes da bacia de Guanabara
BEZERRA et al., 2020	Crônica	Água contaminada por descargas de dejetos tóxicos
FERRI et al., 2020	Aguda e crônica	Pesticida triclorfom
GONÇALVES et al., 2020	Crônica	Avaliação da contaminação por ação antrópica do sistema estuarino de Santos
VIANA et al., 2020	Crônica	Metais
BARRETO et al., 2020	Aguda e de embriotoxicidade	Água de corpo receptor contaminado por efluentes urbanos
SILVA et al., 2021	Aguda	Diflubenzuron (DFB) um inseticida
GUIMARÃES et al., 2021	Crônica	Partículas de nanopoliestireno
OYA-SILVA et al., 2021	Aguda	Nanopartículas de dióxido de titânio (NPTiO ₂) e chumbo inorgânico (PbII)
ALMEIDA et al., 2021	Aguda	Imidacloprid

BLASCO et al., 2021	Aguda	Roundup Transorb®, um herbicida à base de glifosato
DE PAULA et al., 2021	Aguda	Cobre
LEÃO-BUCHIR et al., 2021	Crônica	Éter 2,2', 4,4'-tetrabromodifenílico (BDE-47)
RIBEIRO et al., 2021	Crônica	Bisfenol A
PINHEIRO et al., 2021	Aguda	Alumínio
AZEVEDO et al., 2021	Crônica	Mercúrio
MACCORMACK et al., 2021	Aguda	Nanopartículas de óxido de boro
MOREIRA et al., 2021	Aguda	Inseticida fipronil e o herbicida 2,4-D
MACIEL e AFFONSO, 2021	Aguda	Praziquantel (PZQ): medicamento anti-helmíntico
LUZ et al., 2021	Aguda	Óleo essencial (OE) de <i>Alpinia zerumbet</i>
QUEIROZ et al., 2021	Crônica	Mercúrio
VIANA et al., 2021	Crônica	Áreas com diferentes níveis de contaminação (baía de São José, Maranhão)
ZUFFO et al., 2021	Aguda	Amônia
HENRIQUES et al., 2021	Aguda	Propiconazol (fungicida triazol – DMI)

Teste de toxicidade aguda: até 96 horas de exposição. **Teste de toxicidade crônica:** a partir de 96 horas de exposição. (Fonte: ABNT, 2016; ARAGÃO e ARAÚJO, 2006)

Os estudos selecionados utilizaram como organismos-teste em avaliações de toxicidade aquática 50 diferentes espécies de peixes de vida livre, as quais estão distribuídas em 25 famílias e 07 ordens, listadas no quadro 3.

Quadro 3 – Espécies de peixes de vida livre utilizadas nos testes de toxicidade aguda, crônica e de embriotoxicidade, organizadas por família e ordem a que pertencem.

ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax altiparanae</i>	
		<i>Astyanax bifasciatus</i>	
		<i>Astyanax bimaculatus</i>	
		<i>Astyanax lacustris</i>	
		<i>Paracheirodon axelrodii</i>	
		<i>Deuterodon iguape</i>	
		<i>Hemigrammus rhodostomus</i>	
		<i>Salminus brasiliensis</i>	
		<i>Hyphessobrycon eques</i>	
		Serrasalmidae	<i>Colossoma macropomum</i>
	<i>Serrasalmus rhombeus</i>		
	<i>Piaractus mesopotamicus</i>		
	<i>Piaractus brachypomus</i>		
	<i>Mylossoma duriventre</i>		
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i>	
		<i>Prochilodus nigricans</i>	
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	
		<i>Hoplias intermedius</i>	
	Hemiodontidae	<i>Anodus orinocensis</i>	
		<i>Hemiodus unimaculatus</i>	
Curimatidae	<i>Psectrogaster amazonica</i>		
	<i>Curimata vittata</i>		
Iguanodectidae	<i>Bryconops caudomaculatus</i>		
Bryconidae	<i>Brycon amazonicus</i>		
Gasteropelecidae	<i>Carnegiella strigata</i>		
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus blochii</i>	
		<i>Pimelodina flavipinnis</i>	
		<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	
	Loricariidae	<i>Loricariichthys anus</i>	
		<i>Hypostomus ancistroides</i>	
	Callichthyidae	<i>Corydoras schwartzi</i>	
		<i>Hoplosternum litoralle</i>	
	Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i>	
	Pseudopimelodidae	<i>Lophiosilurus alexandri</i>	
	Ariidae	<i>Sciades herzbergii</i>	
	Perciformes	Sciaenidae	<i>Plagioscion squamosissimus</i>
		Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>
		Gerreidae	<i>Eugerres brasilianus</i>

	Haemulidae	<i>Orthopristis ruber</i>
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia vivípara</i> , <i>Phalloceros harpagos</i>
	Anablepidae	<i>Jenynsia multidentata</i>
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Microsternarchus bilineatus</i>
	Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i>
Cichliformes	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i> ,
		<i>Apistogramma agassizii</i>
		<i>Geophagus brasiliensis</i>
		<i>Cichlasoma amazonarum</i>
		<i>Cichla pleiozona</i>
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Ctenopharyngodon idella</i>

Fonte consultada para organização das ordens e famílias: ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES (FICK et al., 2021); dados de comprimento máximo disponível em (<http://www.fishbase.org>).

Diversos estudos tem empregado espécies de peixes de vida livre, nativos e endêmicos de regiões tropicais como organismos-teste em ensaios de ecotoxicidade aquática (FERRO et al., 2021), demonstrando assim, o potencial dessas espécies como modelos biológicos úteis na avaliação da toxicidade de substâncias químicas, o que as reforça como potenciais indicadoras da qualidade e saúde dos ecossistemas de água doce, tendo em vista o importante papel que desempenham nesses ecossistemas (SOUZA, 2014).

Destaca-se a necessidade de validação e padronização desses organismos nativos de vida livre e o desenvolvimento de protocolos para o uso destes, visto que não foi encontrado na literatura trabalhos com esta finalidade. Torna-se cada vez mais evidente a importância da construção de uma base de dados sobre as respostas destas espécies quando expostas aos diversos agentes toxicantes em ensaios de ecotoxicidade, levando em consideração testes agudos, crônicos, de embriotoxicidade e as demais ferramentas atualmente utilizadas pela ecotoxicologia aquática (TEREKHOVA et al., 2018; ZAGATO, 2006; BERTOLETTI, 2008).

2.7 *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818): uma espécie nativa com potencial para o uso em ensaios de ecotoxicidade aquática

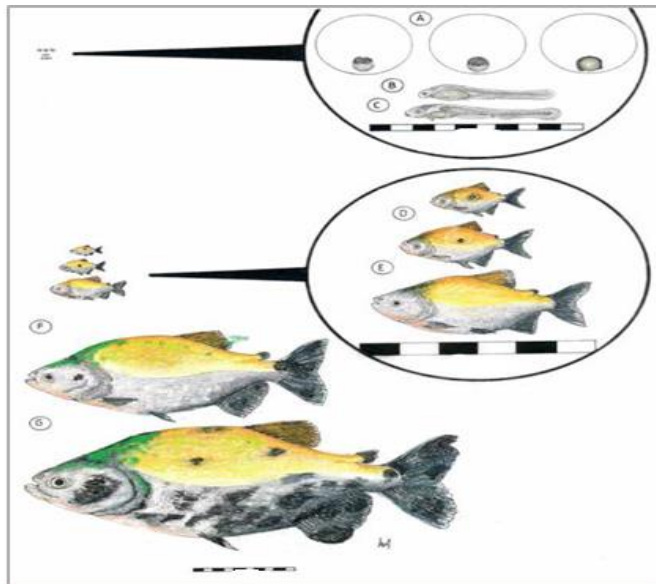
Conhecido popularmente como tambaqui, *Colossoma macropomum* é o segundo maior peixe de escama da América do Sul e foi descrito em 1818 pelo filósofo, naturalista e anatomista francês George Cuvier (ISAAC e RUFFINO, 1996). A espécie, nativa dos rios Amazonas, Orinoco e seus afluentes, é pertencente à classe Actinopterygii, ordem Characiformes e família Serrasalminidae (BUCKUP et al., 2007).

É um peixe rústico e de grande porte, conhecido como o maior caracídeo da Amazônia, sua carne é saborosa possuindo baixo acúmulo de gordura e por isso importante também para a pesca comercial (PENNA et al., 2005; MENEZES, 2010; GARCEZ e FREITAS, 2010; GOMES et al., 2010).

Em seu habitat natural esta espécie realiza migração reprodutiva, se deslocando em determinada época do ano do local de alimentação e crescimento para um local de reprodução, fenômeno conhecido como piracema; já quando cultivado artificialmente se faz necessário receber estímulo neuro-hormonal exógeno para indução à espermiacção e ovulação (WOYNAROVICH, 1993; MARIA et al., 2010; STREIT Jr et al., 2012; LIMA et al., 2013).

Os alevinos (de aproximadamente 40 dias de idade) apresentam uma mancha preta - um “olho” - acima da linha lateral, no centro, em ambos os lados que desaparecem lentamente com a idade. O tambaqui juvenil e pré-adulto têm forma rombóide arredondada, enquanto os adultos tornam-se até certo ponto alongados com a idade (Figura 3). Sua cor depende do tipo de água em que o peixe vive e pode mudar em alguns dias (FAO, 2021).

Figura 3 - Fases de desenvolvimento de *C. macropomum*: (A) ovo fértil e embrião em diferentes estágios de desenvolvimento; (B e C) desenvolvimento de larvas; (D) alevinos de diferentes tamanhos; (E) Juvenil (F) pré-adulto; (G) peixes adultos



Fonte: FAO (2021).

O tambaqui (*C. macropomum*) ocupa um lugar de destaque entre as espécies com valor comercial (a segunda espécie de água doce mais utilizada comercialmente no Brasil) sendo muito apreciado na região Amazônica e por isso altamente explorado pela pesca desde o século XIX (MENEZES et al., 2008; LOBO et al., 2015). Sua dieta varia de acordo com o regime das chuvas, apresentando adaptações morfofisiológicas que o permitem explorar uma ampla gama de itens alimentares (RODRIGUES, 2014). Em cativeiro devido à espécie ser onívora, apresenta fácil adaptação à ração artificial (NUNES et al., 2006).

Diversos trabalhos já publicados destacam o importante papel do tambaqui tanto como fonte de alimento, como para a piscicultura, e também para as relações ecológicas dentro das comunidades aquáticas de rios amazônicos, no seu habitat natural, é uma espécie bem adaptada, tolerante e altamente resistente, sendo encontrado em lagos e rios de águas brancas, claras e pretas, com valências de temperaturas de 27-30°C, pH: 5-8 e oxigênio dissolvido na faixa de 4-8 mg/L (VAL et al., 1998; SAINT-PAUL, 1986; CUNHA e SANTOS, 2011; REIS, 2015; WOOD et al., 2018).

C. macropomum se destaca também como organismo-teste em testes de ecotoxicidade, exemplos de estudos foram desenvolvidos por diversos autores, como: Assis et al. (2007); Salazar-Lugo et al. (2009); Chapadense et al. (2009); Rocha (2009); Veiga et al. (2002); Silva (2013); Silva (2016); Marques et al (2016), dentre outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, foi utilizado como base a norma técnica da ABNT 15088 (2016) que especifica um método para avaliação da toxicidade aguda de amostras líquidas e substâncias químicas solúveis ou dispersas em água, empregando as espécies padronizadas *Danio rerio* e *Pimephales promelas* como organismo-teste, esta norma também traz em sua redação orientações sobre a construção da carta-controle, a partir de testes de sensibilidade.

3.1 Comitê de ética

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Oeste do Pará, sob o protocolo de Nº 0120210118.

3.2 Organismos-teste

O tambaqui (*C. macropomum*) foi escolhido como modelo animal para a realização deste trabalho por possuir alta representatividade bioecológica e econômica, ser de fácil aquisição durante todo o ano, devido a espécie ser a segunda mais cultivada no Brasil. É altamente adaptável em ambiente controlado por suportar grandes variações de temperatura, de pH, de dureza da água e possuir uma boa sensibilidade para diversas substâncias químicas (GOMES et al., 2010; REIS, 2015).

Considerando a amplitude bioecológica do tambaqui, descrita anteriormente, verifica-se que esta espécie apresenta potencial para o uso em ensaios e testes ecotoxicológicos. A espécie *C. macropomum* (figura 4) tem sido utilizada em inúmeros trabalhos, e resultados muito satisfatórios já foram observados, principalmente em pesquisas que avaliam sua resposta a toxicantes ambientais, tais como os agrotóxicos, sendo, portanto demonstrado que a espécie possui um patamar suficiente em termos de sensibilidade a diversas substâncias, em estudos de

análises bioquímicas, imunológicas e mutagênicas que a credencia ser formalmente um organismo-teste (ROCHA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2018) .

Muito embora a espécie *C. macropomum* possa ser usada em ensaios de toxicidade aguda, apenas na sua fase de vida inicial (alevinos e juvenis) sua resposta aos efeitos da exposição tem fornecido dados relevantes quanto a saúde e qualidade dos cursos d'água assim como de seus impactos (PRESTES et al., 2013; SOARES et al., 2016; CUNHA et al., 2018; JACAÚNA et al., 2020).

Destaca-se que organismos jovens são geralmente mais sensíveis às substâncias tóxicas do que os adultos e por esta razão é recomendado o uso de organismos em estágios iniciais de vida em testes de toxicidade, além disso, todos os organismos utilizados devem ter aproximadamente a mesma idade e serem provenientes de uma mesma cultura (US EPA, 2002b; ZAGATO e BERTOLETTI, 2006).

Os juvenis de *C. macropomum* utilizados neste estudo foram adquiridos da Estação de Piscicultura Fazenda Brasil, localizada na Rodovia Everaldo Martins, comunidade São Braz, Santarém – PA.

Figura 4 - Organismo-teste: *Colossoma macropomum*



Fonte: Autora (2022)

3.3 Aclimação e manutenção

Os juvenis de *C. macropomum* foram estocados em área próxima ao Laboratório de Química Aplicada a Toxicologia, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos - UFOPA, campus Tapajós, onde foram aclimatados por um período de 3 semanas em tanques circulares de 500L, com garantia de fotoperíodo natural.

Os tanques foram previamente preparados, equipados com bombas de recirculação e sistema de aeração conectadas a pedras porosas para facilitar a difusão na água. Foi verificado diariamente a temperatura da água dos tanques que se manteve entre 26 e 30°C, pH = 7 ($\pm 0,5$) e os níveis de oxigênio dissolvido que se mantiveram em valores $\geq 6 \text{ mg.L}^{-1}$.

Os animais foram alimentados uma vez ao dia com ração comercial, em quantidade correspondente a 3% do peso dos animais. O processo de sifonagem foi realizado diariamente para a retirada de dejetos e resíduos alimentares não aproveitados pelos animais, onde cerca de 25% do volume da água substituído. Todas essas práticas propostas acima foram realizadas a fim de manter os organismos-teste na mais apropriada condição de conforto e bem-estar animal.

A água usada na manutenção diária foi de origem subterrânea (poço artesiano), e teve seu pH de 4,2 a 4,5 corrigido com sal de Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3) para valores entre 6,8-7,5, considerando-se níveis toleráveis para a espécie e adequados para os bioensaios.

3.4 Local do estudo

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química Aplicada a Toxicologia, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Campus Tapajós. Utilizou-se 18 aquários de vidro com tampa, medindo 35x25x20cm, com capacidade útil para 16 litros (organizados como mostra a Figura 5 abaixo), sendo usado apenas 15L do volume total na realização dos testes sempre respeitando a relação biomassa/volume o mais próxima possível de 1g/L.

Figura 5 - Organização dos aquários em triplicata para os testes de ecotoxicidade com *Colossoma macropomum*

CONTROLE	C1	C2	C3	C4	C5
CONTROLE	C1	C2	C3	C4	C5
CONTROLE	C1	C2	C3	C4	C5

Fonte: Autora (2022)

Os aquários foram equipados com sistema de aeração contínua através de aeradores da marca 'Sobo Aquarium Air Pump' (modelo SB 648A), com saídas de ar conectadas a pedras porosas, e durante os testes, os aquários ficaram cobertos com suas tampas, e recobertos com plástico filme a fim de minimizar a volatilização do meio (figura 6).

Figura 6 - Aquários equipados com sistema estático e aeração forçada

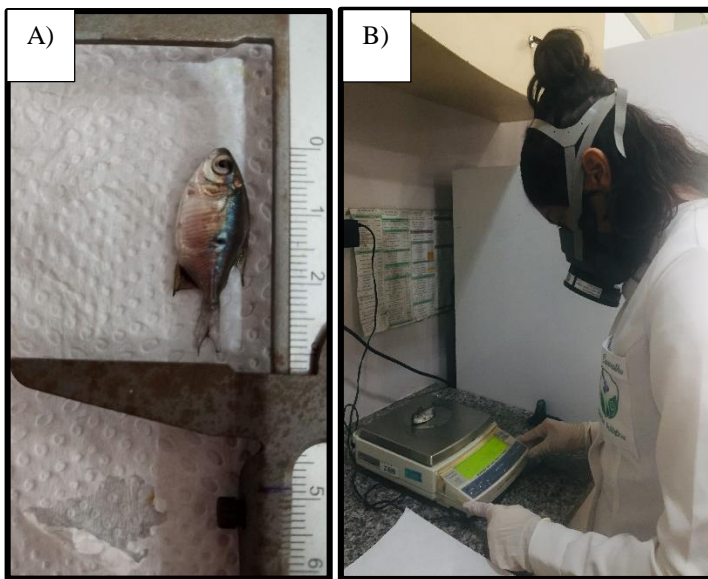


Fonte: Autora (2022).

Os juvenis de *C. macropomum* não foram alimentados durante o período dos testes para que os dejetos não interferissem no pH ou concentração de amônia presente na água de experimento. Os testes de toxicidade aguda ocorreram em 96 horas, sob sistema estático, sem renovação de água e/ou sifonagem.

A avaliação biométrica (peso total, comprimento parcial e total), figura 7, dos animais que foram considerados como mortos (sem atividade opercular) foi realizada imediatamente. Os animais que se mantiveram vivos após o período de 96h de exposição ao tóxico foram eutanasiados, via banho com solução de eugenol por 15 minutos (conforme preconiza a diretriz da prática de eutanásia do CONCEA, 2018; CONCEA, 2013).

Figura 7: Avaliação biométrica: A) medição e B) pesagem



Fonte: Autora (2022)

Após os experimentos e o processo de eutanásia, todos os animais foram embalados em papel e transferidos para sacos plásticos brancos fechados, com indicação e inscrição “LIXO PATOLÓGICO” em seguida foram descartados em local apropriado (conforme anexo da resolução normativa nº 44 de 01 de agosto de 2019, do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA, 2016).

3.5 Análise físico-química da água

Tendo em vista a importância do estudo em conjunto de ensaios ecotoxicológicos e fatores físico-químicos, foram realizadas análises físico-química da água no início e no fim dos testes. A temperatura, o pH e o oxigênio dissolvido foram verificados por meio de equipamento portátil multiparâmetro - AK88.

Para análise da amônia total e alcalinidade total foram coletados 40 ml de água em todos os grupos experimentais (uma amostra por concentração, incluindo o controle, de forma simples ao acaso) tanto nos testes de sensibilidade quanto nos testes de toxicidade aguda, posteriormente esses parâmetros foram medidos por meio de kits de testes químicos HANNA.

Para medir a alcalinidade foi utilizado o HI3811, um kit de teste químico que realiza medições de alcalinidade por titulação com ácido clorídrico, pelo método químico Fenoltaleína/azul de bromofenol. Para medir a amônia foi utilizado o kit de teste HI3824, o qual usa uma adaptação do método Nessler para medir amônia em água doce. As análises das amostras foram realizadas por meio de um Fotômetro Multiparâmetro Hanna, modelo HI83399-02.

3.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental para este estudo foi inteiramente casualizado, sendo adotadas e adaptadas as orientações da norma técnica da ABNT 15088 (2016), segundo a qual para a construção de uma carta/gráfico de controle, se faz necessário a realização de no mínimo cinco e no máximo 20 testes de sensibilidade com diferentes lotes de organismos-teste.

Neste estudo, foram utilizados cinco diferentes lotes de organismos-testes provenientes do mesmo fornecedor, e para cada lote foram realizados duas repetições do teste de sensibilidade, ao final totalizaram-se 10 testes de sensibilidade. Foi utilizado como substância de referência para o teste de sensibilidade o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e a partir das médias expressas em CL_{50-96H} resultantes dos testes de sensibilidade foi elaborado a carta de controle.

Com relação aos testes de toxicidade aguda foram realizados utilizando juvenis de *Colossoma macropomum* dos três últimos lotes de organismos-teste, onde foi avaliado a

toxicidade de uma substância química por vez, dentre as três selecionadas previamente (clorpirifós, imidacloprido e glifosato).

3.7 Testes de sensibilidade

Tanto os testes de sensibilidade quanto os teste de toxicidade aguda com as diferentes substâncias químicas, tiveram duração de 96 horas, e os organismos-teste foram avaliados quanto ao quantitativo de mortalidade nos intervalos de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48, 72 e 96 horas.

Para os testes de sensibilidade, como mencionado anteriormente foi utilizado o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), um composto sólido cristalizado (figura 8), classificado quimicamente como sal inorgânico oxidante, possui tom de coloração laranja avermelhado (SOUZA, et al., 2014). Este composto é recomendado pela USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) para testar a sensibilidade de organismos aquáticos em ensaios laboratoriais, para o controle de letalidade e como substância referência de positividade (LOUREIRO et al., 2011; SOUZA et al., 2014).

Figura 8 - Dicromato de potássio



Fonte: Autora (2022)

De acordo com Aragão e Araújo (2006), é indispensável que haja o conhecimento e/ou avaliação prévia da sensibilidade tóxica dos organismos-teste como referência positiva de mortalidade, conferindo assim, melhor confiabilidade e consistência aos resultados obtidos em ensaios de toxicidade com outros agentes químicos.

A partir de concentrações utilizadas em outros trabalhos empregando a mesma espécie, e a mesma substância (SILVA, 2018; SANTOS, 2019; LISBOA, 2019), as concentrações utilizadas foram estabelecidas. O volume de dicromato de potássio foi calculado pela fórmula ($C_i.V_i = C_f.V_f$) de acordo com a concentração, e em seguida pesado em balança analítica e diluído em béquer para 0,5 litro de água (isenta de toxicante).

A solução era imediatamente adicionada no aquário, sendo esse procedimento repetido para todas as concentrações e as replicatas, feito isso, os peixes eram separados com o auxílio de um puçá (um apetrecho de pesca confeccionado com rede e ensacador, instalado em uma armação em forma de aro) em grupos de 10 em 10 no caso dos testes definitivos e de 5 em 5 nos testes preliminares em béquer com 0,5 litro de água sem contaminante e em seguida adicionados aos aquários completando assim os 15L total (volume final).

3.7.1 Testes preliminares e definitivos com o dicromato de potássio

Foram realizados cinco testes preliminares, afim de ajustar os intervalos de classe para uso no ensaio principal, das concentrações definitivas. Nos testes preliminares foram utilizados apenas uma replicata (n=5) para cada concentração mais o controle (aquário em que não havia nenhuma concentração da substância) totalizando 30 animais por teste.

A faixa de letalidade foi estimada entre 5 a 90 mg/L da substância de referência dicromato de potássio, e a concentração Letal Mediana CL_{50} em 96 horas foi estabelecida no intervalo entre a concentração (em que não houve mortalidade) e a concentração (onde houve 100% de mortalidade).

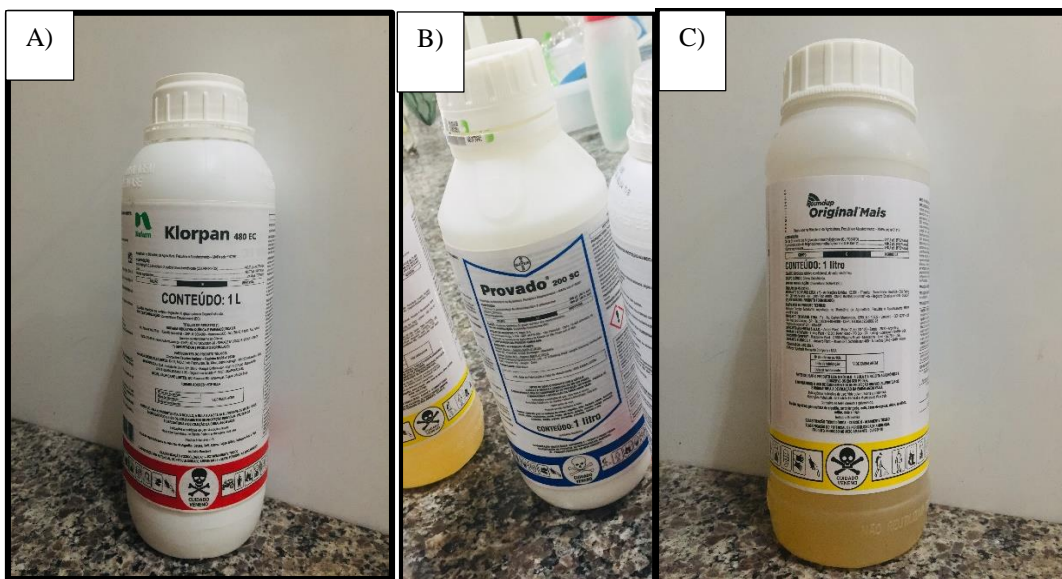
Foram realizados dez testes definitivos com o dicromato de potássio. Para os testes definitivos, os organismos-teste foram distribuídos em triplicatas (três aquários contendo a mesma concentração), 10 juvenis por aquário, (n=30) por concentração, incluindo o controle, totalizando 180 indivíduos por teste. Os grupos receberam as seguintes concentrações nominais do dicromato de potássio: Grupo Controle: 0mg/L; concentração 1 (C1): 5mg/L; concentração 2 (C2): 25mg/L; concentração 3 (C3): 35mg/L; concentração 4 (C4): 45mg/L; concentração 5

(C5): 90mg/L. Os valores de CL_{50-96h} gerados em cada ensaio foram então utilizados para construção da carta de controle.

3.8 Testes de toxicidade aguda com os toxicantes selecionados (clorpirifós, imidacloprido, glifosato)

Foram selecionados três princípios ativos: clorpirifós, imidacloprido e glifosato (figura 9), escolhidos pelo seu amplo uso como defensivos agrícolas e principalmente, por já existir outros estudos com estas substâncias. Santos (2019) realizou um teste de toxicidade aguda utilizando o clorpirifós), Souza (2014) realizou um teste de toxicidade aguda utilizando o imidacloprido e Moura (2009) testou a toxicidade aguda do herbicida glifosato, o que facilitou no estabelecimento da metodologia a ser utilizada e na determinação prévia da Concentração Letal Mediana (CL_{50-96H}). O volume a ser utilizado de cada substancia foi calculado pela fórmula ($Ci.Vi = Cf.Vf$) de acordo com cada concentração.

Figura 9 – Substâncias químicas utilizadas: A) clorpirifós (nome comercial: klorpan); B) imidacloprido (nome comercial: provado); C) glifosato (nome comercial: roundup)



Fonte: Autora (2022)

3.8.1 Clorpirifós

O princípio ativo clorpirifós, de nome comercial klorpan[®] (480 EC), produzido pela Nufarm Ltda., registrado sob o N^o 07899 no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Inseticida de contato e ingestão, pertence ao grupo químico dos organofosforados. Classificação toxicológica, considerado um produto moderadamente tóxico (classe III), e ambientalmente é classificado como produto muito perigoso (classe II) (Bula do produto). Para a realização deste teste, foi adaptado e utilizado a metodologia de Santos (2019).

3.8.1.1 Preparo da substância, testes preliminares e teste definitivo

Para o teste de toxicidade foram feitas duas diluições de klorpan[®] 480 EC (480 g/L), onde primeiro retirou-se 5mL do produto (volume medido em uma proveta graduada) e diluiu-se para 495mL de água destilada em béquer, na razão de diluição 1:100 (m/v), em seguida, foi retirado 50mL desta solução (por meio de uma proveta graduada) e diluído em outro béquer para 450mL de água destilada, na razão de 1:10 (m/v).

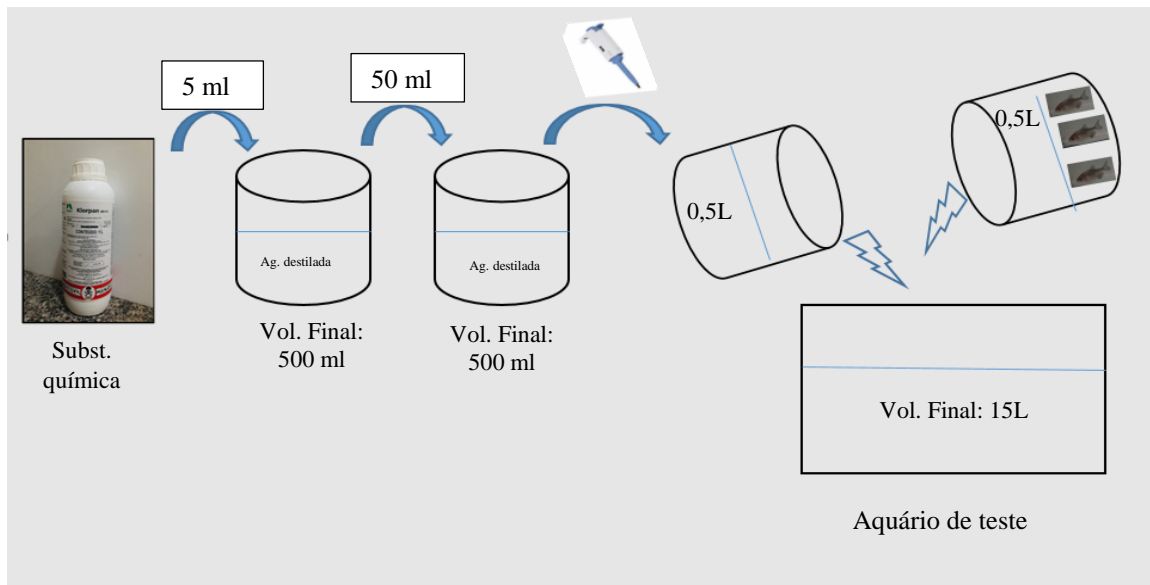
As respectivas concentrações foram imediatamente pipetadas desta última solução para um béquer com 0,5 litro de água sem toxicante e em seguida adicionado aos aquários. Na sequência de aplicação das concentrações em cada replicata, foram adicionados os organismos-teste. Os juvenis foram retirados da caixa de manutenção, com o auxílio de um puçá e colocados em um outro béquer com 0,5 litro de água sem toxicante, para então serem transferidos aos aquários, 10 animais por vez. Esse procedimento foi repetido para cada aquário de forma individual, adotou-se essa metodologia para evitar estresse aos peixes, completando assim, o volume final de 15litros (figura 10).

Foram realizados três ensaios preliminares com uma replicata (n=5) para cada concentração mais o controle, sendo estimada a faixa de letalidade do clorpirifós[®] entre 5 e 150µg/L. A Concentração Letal Mediana (50%) em 96 horas foi estabelecida no intervalo entre a concentração (em que não houve mortalidade) e a concentração (onde houve 100% de mortalidade).

No teste definitivo, as concentrações foram testadas em triplicatas, três aquários para cada concentração, e utilizou-se 10 organismos-teste por aquário (n=30) por concentração,

incluindo um controle, sem o tóxico, também em triplicata, totalizando 180 juvenis de *C. macropomum*. Os grupos receberam as seguintes concentrações nominais de clorpirifós®: controle: 0 µg/L; C1: 5 µg/L; C2: 25 µg/L; C3: 50 µg/L; C4: 75µg/L; C5: 150 µg/L.

Figura 10 – Sequência de diluição da substância química: adição da concentração e organismos-teste no aquário



Fonte: Autora (2022).

3.8.2 Imidacloprido

O princípio ativo imidacloprido, de nome comercial provado® (200 SC), produzido pela Bayer S.A, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob nº 06301. Um inseticida sistêmico de aplicação foliar do grupo químico dos neonicotinóides. Quanto a classificação toxicológica, é considerado um produto pouco tóxico (classe IV), e ambientalmente é classificado como produto perigoso (classe III) (Bula do produto). Para a realização deste teste, foi adaptado e utilizado a metodologia de Souza (2014).

Para o teste de toxicidade foi realizada apenas uma diluição do inseticida provado® (200 g/L). Foi retirado do frasco 125mL do produto (por meio de uma proveta graduada) e diluído para 375mL de água destilada em béquer, dessa forma, a concentração no béquer passou a ser de 50 mg/L.

$$\begin{aligned}
 &\text{Inseticida: } 200\text{g}/1\text{L} = 200.000\text{mg}/1000\text{ml} \\
 &200.000\text{mg}/1000\text{ml} \\
 &200\text{mg}/\text{ml} \\
 &125\text{ml} * 200\text{mg} = 25.000 \text{ mg} \\
 &125 \text{ ml} + 375 \text{ ml } \text{águ}a \text{ destilada} = \text{Vol. final} = 500\text{ml} \\
 &25.000\text{mg}/500\text{ml} = 50\text{mg}/\text{ml}
 \end{aligned}$$

As respectivas concentrações foram imediatamente pipetadas desta última solução para um béquer com 0,5 litro de água sem toxicante e em seguida adicionado aos aquários. Na sequência de aplicação das concentrações em cada replicata, foram adicionados os organismos-teste. Os juvenis foram retirados da caixa de manutenção, com o auxílio de um puçá e colocados em um outro béquer com 0,5 litro de água sem toxicante, para então serem transferidos aos aquários, 10 animais por vez. Esse procedimento foi repetido para cada aquário de forma individual, adotou-se essa metodologia para evitar estresse aos peixes, completando assim, o volume final de 15litros.

Foram realizados cinco ensaios preliminares com uma replicata (n=5) para cada concentração mais o controle, sendo estimada a faixa de letalidade entre 15 e 75mg/L do imidacloprido[®]. A concentração Letal Mediana (50%) em 96 horas foi estabelecida no intervalo entre a concentração (em que não houve mortalidade) e a concentração (onde houve 100% de mortalidade).

No teste definitivo, as concentrações foram testadas em triplicatas, três aquários para cada concentração, e utilizou-se 10 organismos-teste por aquário (n=30) por concentração, incluindo um controle, sem o tóxico, também em triplicata, totalizando 180 juvenis de *C. macropomum*. Os grupos receberam as seguintes concentrações nominais de imidacloprido[®]: controle: 0mg/L, C1:15mg/L, C2: 35mg/L, C3: 40mg/L, C4: 45mg/L, C5: 75mg/L.

3.8.3 Glifosato

O princípio ativo glifosato, de nome comercial roundup[®] original mais, produzido pela Monsanto do Brasil Ltda, registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o nº 01119. Roundup[®] é composto por (sal de Di-amônio de N-

(phosphonomethyl)glycine - 577,0 g/L) e equivalente ácido de Glifosato, 480 g/L, herbicida seletivo condicional, de ação sistêmica, não classificado toxicologicamente, produto perigoso ao meio ambiente (classe III) (Bula do produto). Para a realização deste teste, foi adaptado e utilizado a metodologia de Moura (2009).

Para o teste de toxicidade foi realizada apenas uma diluição do herbicida roundup (480 g/L). Foi retirado do frasco 50mL do produto (por meio de uma proveta graduada) e diluído para 430mL de água destilada em béquer, dessa forma, a concentração no béquer passou a ser de 50 mg/L.

<p>Herbicida: 480g/1L = 480.000mg/1000ml</p> <p>480.000mg/1000ml</p> <p>480mg/ml</p> <p>50ml*480 mg = 24.000 mg (em 50 ml)</p> <p>50 ml+430 água destilada = Vol. final = 480ml</p> <p>24.000/480 = 50mg/ml</p>

As respectivas concentrações foram imediatamente pipetadas desta última solução para um béquer com 0,5 litro de água sem toxicante e em seguida adicionado aos aquários. Na sequência de aplicação das concentrações em cada replicata, foram adicionados os organismos-teste. Os juvenis foram retirados da caixa de manutenção, com o auxílio de um puçá e colocados em um outro béquer com 0,5 litro de água sem toxicante, para então serem transferidos aos aquários, 10 animais por vez. Esse procedimento foi repetido para cada aquário de forma individual, adotou-se essa metodologia para evitar estresse aos peixes, completando assim, o volume final de 15litros.

Foram realizados cinco ensaios preliminares com uma replicata (n=5) para cada concentração mais o controle, sendo estimada a faixa de letalidade entre 1 e 30mg/L do glifosato[®]. A concentração Letal mediana (50%) em 96 horas foi estabelecida no intervalo entre a concentração (em que não houve mortalidade) e a concentração (onde houve 100% de mortalidade).

No teste definitivo, as concentrações foram testadas em triplicatas, três aquários para cada concentração, e utilizou-se 10 organismos-teste por aquário (n=30) por concentração, incluindo um controle, sem o tóxico, também em triplicata, totalizando 180 juvenis de *C.*

macropomum. Os grupos receberam as seguintes concentrações nominais de glifosato®: controle: 0mg/L, C1:1mg/L, C2: 5mg/L, C3: 10mg/L, C4: 15mg/L, C5: 30mg/L.

3.9 Análises estatísticas

Para a determinação da CL_{50-96h} foi utilizado o programa ToxRat Professional, Versão 3.0 (ToxRat Solutions GmbH), usando o método de Spearman-Kärber adaptado para estimar as concentrações letais medianas em bioensaios de toxicidade, com intervalos de confiança de 95%, proposta por Hamilton, Russo e Thurston (1977). Os valores percentuais médios de mortalidade foram utilizados para as construções das curvas de dose-resposta a partir do programa Paleontological Statistics (PAST) versão 3.18, e também para a construção da carta de controle no programa Microsoft Excel® 2013.

Para a construção da carta de controle foi utilizado o programa Microsoft Excel® 2013 onde foi calculado a média (\bar{x}) da CL_{50-96H} , o desvio padrão (σ) das CL_{50-96H} , e em seguida os dois limites de controle: superior e inferior, e posteriormente foi plotado no gráfico da carta de controle o valor médio e os limites superior e inferior, com linhas perpendiculares ao eixo que apresentam as CL_{50-96H} obtidas nos testes de sensibilidade realizados com os diferentes lotes de organismos-teste.

Os dados biométricos foram analisados por meio da estatística descritiva (média \pm desvio padrão da média) calculados no Microsoft Excel® 2013. Os resultados das avaliações físico-químicas foram organizados e tabulados utilizando o programa Microsoft Excel® 2013, em seguida foram analisados estatisticamente utilizando o programa GraphPad Prism 6.0, onde os dados relacionados a temperatura, pH, e oxigênio dissolvido foram analisados a partir do Test t de Student e os demais dados (amônia e alcalinidade total) foram submetidos a análise de variância - Anova *two-way* e após constatada as variâncias, os dados foram submetidos ao teste Post-Hoc, Teste de Tukey, a fim de verificar as fontes de variações. Os resultados foram expressos como a média \pm desvio padrão da média para os respectivos experimentos, considerando o valor de $p < 0,05$ como nível de significância estatística.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foram utilizados um total de 480 juvenis da espécie *C. macropomum* para os testes preliminares, e um total de 2.340 juvenis para os testes definitivos, de tamanho e peso, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Dados biométricos de juvenis de *C. macropomum* utilizados nos testes de sensibilidade e de toxicidade aguda.

	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO
Peso (g)	0,6 ± 0,2
Comprimento parcial (cm)	2,6 ± 0,1
Comprimento total (cm)	3,3 ± 0,3

Fonte: Autora (2022)

4.1 Análises físico-químicas

A tabela 2 mostra as médias ± desvio padrão para os dados de temperatura, pH e oxigênio dissolvido no início e fim dos testes, tanto de sensibilidade como de toxicidade aguda.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos: temperatura, pH e oxigênio dissolvido.

	Média ± Desvio Padrão	
	T0H	T96H
Temperatura (°C)	27 ± 0.20	27 ± 0.20
Ph	7.3 ± 0.05	8.2 ± 0.01
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6.6 ± 7	6.6 ± 7

Fonte: Autora (2022)

Como se observa, houve mudança apenas nos valores de pH, que subiu de 7.3 (± 0.05) no início dos testes para 8.2 (± 0.01) no final dos testes, o Test t mostrou que essa diferença foi significativa ($F=10.45$, $p<0.0001$), contudo ocorreu tanto nos testes de sensibilidade quanto nos testes de toxicidade aguda. Destaca-se que não houve diferença entre as concentrações e o controle, sendo assim, o valor do pH subiu em todas as concentrações, incluindo nos aquários do grupo controle, todavia.

Os critérios e valores padrões estabelecidos, de acordo com dados toxicológicos, foram criados em condições em que os valores de pH de diferentes corpos d'água estavam na faixa de 6 a 8 (LI et al., 2019), contudo a Resolução CONAMA 357/05, estabelece que águas das classes especiais, I (águas doces) e II (águas salobras), são destinadas, entre outros, à preservação da vida aquática (artigo 4º), e estipula que a faixa de pH para essas classes deve ser de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).

4.1.1 Análises físico-químicas: testes de sensibilidade

A tabela 3 mostra a média \pm desvio padrão de amônia e alcalinidade total, para cada concentração, no início e fim dos testes de sensibilidade com dicromato de potássio.

Tabela 3 – Amônia total e alcalinidade total nos testes de sensibilidade com dicromato de potássio.

Grupo experimental	Média \pm Desvio Padrão	
	T0H	T96H
	Amônia total (mg de NH ₃)	Amônia total (mg de NH ₃ /L)
Controle – 0,0 mg/L	0.02 \pm 0.05	0.6 \pm 0.36
C1 – 5 mg/L	0.04 \pm 0.13	0.58 \pm 0.30
C2 – 25 mg/L	0.06 \pm 0.10	0.86 \pm 0.27
C3 – 35 mg/L	0.08 \pm 0.18	0.67 \pm 0.36)
C4 – 45 mg/L	0.10 \pm 0.32	0.78 \pm 0.26)
C5 – 90 mg/L	0.18 \pm 0.58	0.73 \pm 0.33
	Média \pm Desvio Padrão	

Grupo experimental	T0H	T96H
	Alcalinidade Total (mg de CaCO ₃ /L)	Alcalinidade Total (mg de CaCO ₃ /L)
Controle – 0,0 mg/L	45 ± 36.9	70 ± 29.1
C1 – 5 mg/L	60 ± 45.4	100 ± 51.4
C2 – 25 mg/L	75 ± 50.7	65 ± 63.2
C3 – 35 mg/L	65 ± 43.3	135 ± 66.7
C4 – 45 mg/L	45 ± 38.3	60 ± 47.3
C5 – 90 mg/L	65 ± 39.5	80 ± 61.1

Fonte: Autora (2022)

Os dados foram submetidos a uma análise de variância (Anova *Two-way*), e foi demonstrado que houve diferença significativa nas concentrações de amônia total (mg de NH₃/L), entre os diferentes tempos experimentais: início e fim dos experimentos (F=65.28, p<0.0001). Em seguida, os dados foram submetidos a análise de comparação múltipla a partir do teste estatístico (Teste de Tukey) para verificar a diferença entre as concentrações nos dois tempos experimentais (Tabela 4).

Destaca-se que o aumento na concentração de amônia no fim dos experimentos já era esperado, visto que os animais passaram por um período de 96 horas expostos a uma substância química (nas concentrações C1-C5), não foram alimentados (inclusive os peixes do grupo controle) e não ocorreu substituição da água dos aquários (sifonagem), estes são alguns dos fatores que podem ter influenciado para o estresse dos animais e consequente, excreção de amônia.

Tabela 4 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações e os tempos experimentais.

COMPARAÇÕES	(p)*
CONTROLE_T0: CONTROLE_T96	0.02
C1_T0: C1_T96	0.01
C2_T0: C2_T96	0.0004
C3_T0: C3_T96	0.02
C4_T0: C4_T96	0.05
C5_T0: C5_T96	0.01

Adotado como valor de significância estatística * $p < 0.05$

Fonte: Autora (2022)

Houve também diferença significativa na concentração de amônia total entre as diferentes concentrações, sendo submetido ao teste estatístico (Teste de Tukey) e verificado que a diferença ocorreu entre algumas concentrações apenas no início dos experimentos (Tabela 5). Não houve diferença significativa na amônia total entre as concentrações ao final dos experimentos (T96H) ($F=2.10$, $p=0.08$).

Tabela 5 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações no tempo inicial dos experimentos (T0H).

COMPARAÇÕES	(p)
C0 a C1	Ns
C0 a C2	Ns
C0 a C3	Ns
C0 a C4	Ns
C0 a C5	< 0.01
C1 a C2	Ns
C1 a C3	Ns
C1 a C4	Ns
C1 a C5	< 0.01
C2 a C3	Ns
C2 a C4	Ns
C2 a C5	< 0.01

C3 a C4	Ns
C3 a C5	< 0.01
C4 a C5	Ns

Adotado como valor de significância estatística * $p < 0.05$ - Ns*: Não houve significância
 Fonte: Autora (2022)

Os dados de alcalinidade total dos diferentes testes de sensibilidade também foram submetidos ao teste de variância (Anova *Two-way*), verificou-se que não houve diferença nas concentrações de CaCO_3 nos diferentes tempos de exposição ($F=0.99$, $p=0.3$) ou entre as concentrações ($F=0.83$, $p=0.5$).

4.1.2 Análises físico-químicas: testes de toxicidade aguda

Foi realizado apenas um teste definitivo de toxicidade aguda com cada uma das substâncias químicas (clorpirifós, imidacloprido e glifosato), dessa forma, foi calculado as médias gerais \pm desvios padrões gerais para cada teste (Tabela 6).

Tabela 6 – Amônia total e alcalinidade total no início e fim dos testes de toxicidade aguda com as diferentes substâncias químicas.

Média \pm Desvio Padrão		
	TOH	T96H
	Amônia total (mg de NH_3/L)	Amônia total (mg de NH_3/L)
Clorpirifós	0.08 \pm 0.04	0.56 \pm 0.7
Imidacloprido	0.11 \pm 0.16	0.55 \pm 0.21
Glifosato	1.03 \pm 1.5	1.48 \pm 1.5
Média \pm Desvio Padrão		
	TOH	T96H
	Alcalinidade total (mg de CaCO_3/L)	Alcalinidade total (mg de CaCO_3/L)
Clorpirifós	10 \pm 23.4	15 \pm 29.6

Imidacloprido	20 ± 16.3	33 ± 51.7
Glifosato	70 ± 36.8	80 ± 35.7

Fonte: Autora (2022)

Os dados de amônia total (NH₃/L) foram submetidos a uma análise de variância (Anova *Two way*), e foi demonstrado que houve diferença significativa nesse parâmetro entre as diferentes substâncias testadas (F=11.38, p=0.0002) (Tabela 7), não sendo observada diferença significativa relacionada aos dois tempos experimentais (F=3.64, p=0.06).

Tabela 7 – Valores de (p) gerados no teste de Tukey nas comparações de amônia total entre as concentrações das três substâncias químicas no tempo inicial (T0H) e tempo final (T96H) dos experimentos.

COMPARAÇÕES	(p)
IMI_T0:CLOR_T0	Ns
IMI_T0:GLI_T0	Ns
IMI_T0:IMI_T96	Ns
IMI_T0:CLOR_T96	Ns
IMI_T0:GLI_T96	< 0.01
CLOR_T0:GLI_T0	Ns
CLOR_T0:IMI_T96	Ns
CLOR_T0: CLOR_T96	Ns
CLOR_T0:GLI_T96	< 0.01
GLI_T0:IMI_T96	Ns
GLI_T0:CLOR_T96	Ns
GLI_T0:GLI_T96	Ns
IMI_T96:CLOR_T96	Ns
IMI_T96:GLI_T96	< 0.05
CLOR_T96: GLI_T96	< 0.05

Adotado como valor de significância estatística *p<0.05 - Ns*: Não houve significância. IMI: Imidacloprido, CLOR: Clorpirifós, GLI: Glifosato.

Fonte: Autora (2022)

Quanto a alcalinidade, os dados foram submetidos a análise de variância (Anova *Two way*). Não foi verificada diferença significativa para os diferentes tempos de exposição (F=0.27,

p=0.6), contudo houve diferença significativa nos valores de alcalinidade total quando comparado as diferentes substâncias testadas (F= 6.36, p=0.01). A partir do teste estatístico (Teste de Tukey), foi verificado que a diferença ocorreu entre o teste de toxicidade com a substância química glifosato e imidacloprido (F=4.71, p=0.01).

Apesar de algumas diferenças significativas, para os parâmetros avaliados, a análise de água apresentou valores coerentes, pois não ocorreu variações que afetassem as condições de teste, se mantendo de acordo com os parâmetros estabelecidos pela OCDE (1992) para testes de toxicidade aguda com peixes.

4.2 Testes de sensibilidade e a construção da carta de controle

Nos testes de sensibilidade definitivos com o dicromato de potássio, utilizou-se as concentrações: 5mg/L, 25mg/L, 35mg/L, 45mg/L e 90mg/L e um grupo experimental controle (branco). No grupo controle e na concentração 5 mg/L não ocorreram mortalidade dos organismos. Nas concentrações de 25, 35, 45 e 90 mg/L, foram observadas taxas de mortalidade de 12%, 33%, 63% e 100%, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 – Mortalidade dos juvenis de *C. macropomum* nos testes de sensibilidade com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) durante 96 horas de exposição.

GRUPO	N. TESTE										M*.	D.P*	MORTALIDADE (%)	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10				
0 mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0 %
5 mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0 %
25 mg/L	3	4	4	5	4	3	1	9	15	8	4	4.1		12%
35 mg/L	6	10	19	9	10	3	4	15	19	12	10	5.7		33 %
45 mg/L	10	12	25	20	15	18	19	19	25	20	19	4.9		63 %
90 mg/L	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30			100 %

M*. Médias. D.P*. Desvio Padrão.

Fonte: Autora (2022)

A avaliação da sensibilidade de espécies nativas a poluentes químicos é essencial para a correta proteção de seus habitats (MARTINI e BIANCHINI, 2011). Outros estudos demonstraram as sensibilidades de peixes de água doce ao K₂Cr₂O₇. Cruz et al. (2008) avaliaram a sensibilidade de três espécies nativas *Piaractus mesopotamicus* (pacu), *Hyphessobrycon eques* (mato-grosso) e *Phallocerus caudimaculatus* (guaru) ao dicromato de potássio e a CL_{50-96H} obtida ao final dos testes foi de 144,50 ± 19,67 mg L, 130,79 ± 10,02 mg, e 154,39 ± 6,72 mg L respectivamente. No estudo de Rosa et al. (2013) a CL_{50-96H} obtida para a espécie *P. caudimaculatus* após exposição ao dicromato de potássio foi de 162,5 mg/L.

Nazar et al. (2005) realizaram testes de toxicidade aguda utilizando juvenis de *Oreochromis niloticus* como organismo teste, os quais foram expostos a diferentes concentrações de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) e para juvenis desta espécie a CL_{50-96H} foi de 98,31 mg/L. Neste estudo foram obtidas diferentes valores de CL_{50-96H} nos testes de sensibilidade definitivos utilizando a espécie nativa *C. macropomum* (Tabela 9).

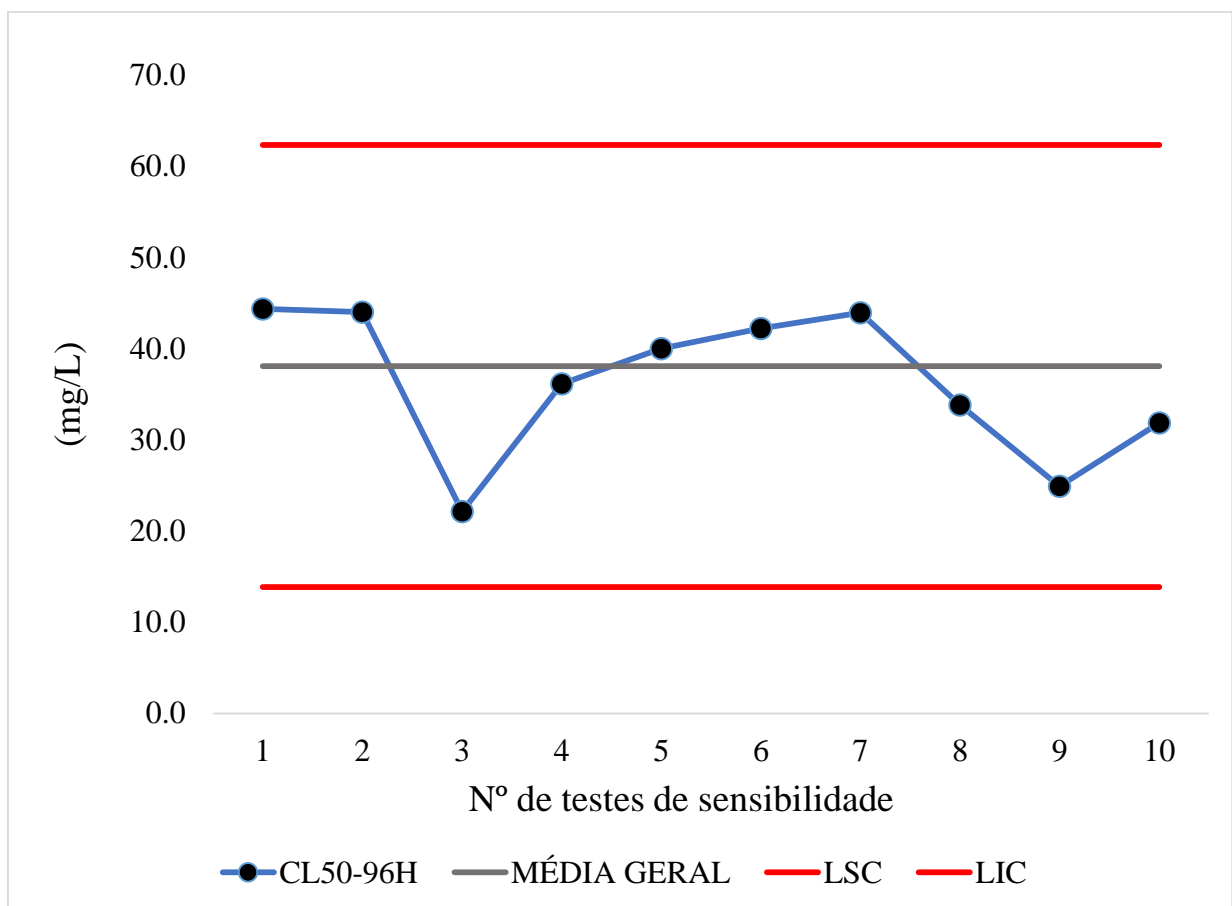
Tabela 9 – Concentração Letal Mediana (CL_{50-96H}) para cada teste de sensibilidade (limites superior e inferior com intervalos de 95% de confiança).

ENSAIO	CL _{50-96H} (mg/L)	Limite inferior (mg/L)	Limite superior (mg/L)
1	44.4	38.64	50.96
2	44.0	37.82	51.26
3	22.2	18.15	27.03
4	36.2	30.73	42.57
5	40.0	34.21	46.81
6	42.2	36.72	48.57
7	43.9	39.32	49.08
8	33.8	28	40.9
9	24.9	20.43	30.41
10	31.9	26.49	38.32
Média geral das CL_{50-96H}			38.1
Desvio Padrão das CL_{50-96H}			8.08
Limite Superior de Controle (LSC)			60.7
Limite Inferior de Controle (LIC)			12.1

Fonte: Autora (2022)

A média geral (\bar{X}) das CL_{50-96H} de todos os testes de sensibilidade realizados, foi utilizada para a construção da carta de controle (gráfico 1), onde o Limite superior de Controle (LSC) é resultado da média das CL_{50-96h} , somado a três vezes o desvio padrão das CL_{50-96h} , a linha central é a própria média geral das CL_{50-96h} e o limite inferior de controle é resultado da média das CL_{50-96h} subtraído de três vezes o desvio padrão das CL_{50-96h} . Os pontos ao redor da linha central são os valores de CL_{50} gerados para cada teste de sensibilidade.

Gráfico 1 – Carta de controle construída a partir dos testes de sensibilidade com dicromato de potássio



Fonte: Autora (2022)

A Norma técnica da ABNT (15088) orienta que o coeficiente de variação de uma série de repetições de testes de sensibilidade, onde o objetivo é construir uma carta de controle, deve ser menor que 30% ($CV < 30$). A fim de avaliar a validade dos testes realizados neste estudo foi calculado o coeficiente de variação ($CV = s / X * 100$), obtendo-se como resultado ($CV = 21\%$), demonstrando a partir desta medida de dispersão a precisão dos testes realizados.

As cartas de controle são frequentemente usados para a avaliação contínua da sensibilidade e precisão dos testes de toxicidade realizados em laboratório (HUSSAIN et al., 2021), mas também já foram empregadas na avaliação da qualidade da água (EISSA, 2015), na avaliação da escolha de tóxicos de referência para testes de toxicidade com minhocas (YEARLEY et al., 1995), avaliação de parâmetros químicos (ARCISZEWSKI et al., 2018), para avaliar o uso de cromo hexavalente como tóxico de referência em testes de toxicidade de efluentes (DORN et al., 1987), mudanças fisiológicas de peixes capturados em rios poluídos (ARCISZEWSKI et al., 2017), para avaliar a capacidade de testes de toxicidade de referência em identificar estresse em populações laboratoriais (MCNULTY et al., 1999), entre outros.

A carta de controle gerada a partir dos testes de sensibilidade com dicromato de potássio, mostra que houve diferentes valores de CL_{50-96H} para os diversos testes de sensibilidade realizados, embora tenham sido utilizadas as mesmas concentrações e a mesma espécie como modelo biológico, foram utilizados diferentes lotes de organismos-teste e dessa forma, a taxa de mortalidade está relacionada aos diferentes graus de sensibilidade e tolerância dos juvenis de *C. macropomum* a substância testada, resultando em respostas fisiológicas variáveis (ROTOLO et al., 2021), por esse motivo, verifica-se valores inferiores/diferentes de CL_{50-96H} , nos testes de exposição de *C. macropomum* ao dicromato de potássio, comparado a outros estudos que também avaliaram a toxicidade do dicromato de potássio para outras espécies nativas mencionadas anteriormente (CRUZ et al., 2008; ROSA et al., 2013) .

Como se observa no gráfico 1 os valores das CL_{50} gerados nos diferentes testes de sensibilidade se mantiveram dentro dos limites estabelecidos na carta de controle, segundo Oliveira et al. (2013) esta é a condição necessária para que um processo seja considerado sob controle estatístico, dessa forma, os resultados encontrados neste estudo indicam que *C. macropomum* é uma espécie sensível ao dicromato de potássio, o que a torna adequada para uso em testes de toxicidade, visto que este é o principal critério para seleção de uma espécie como organismo-teste (MCNULTY et al., 1999; ARAGÃO e ARAÚJO, 2006).

4.3 Teste de toxicidade aguda: clorpirifós

Clorpirifós [O, O-dietil O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato] é um inseticida de amplo espectro usado globalmente na agricultura (GHAYYUR et al., 2019) e a extensa aplicação de clorpirifós resultou na contaminação de diversos ecossistemas, tendo sido detectado especialmente em águas naturais (BANKS et al., 2005; WAN et al., 2021; HERRERO-HERNÁNDEZ et al., 2020).

Em 2019, a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) confirmou as preocupações relacionadas à saúde humana devido à possível genotoxicidade e neurotoxicidade causada pelo clorpirifós (FSN, 2019), esta substância não é permitida no Havaí e na Califórnia e desde 2016, o uso de clorpirifós em hortaliças foi proibido na China (MARA, 2013; HUANG et al., 2020). No Brasil, desde sua introdução em 1972, esta substância tem sido empregada em diversas culturas (QUATRIN et al., 2020).

Neste estudo foi avaliada a toxicidade aguda (96h) do inseticida organofosforado clorpirifós (produto comercial klorpan®) para juvenis de *C. macropomum*, no teste definitivo foram utilizadas as seguintes concentrações: 5 µg/L, 25 µg/L, 50 µg/L, 75µg/L, 150 µg/L e um grupo experimental controle/branco. No grupo controle e na concentração de 5 µg/L não ocorreram mortalidade dos organismos. Nas concentrações de 25 µg/L, 50 µg/L, 75µg/L e 150 µg/L, foram observadas taxas de mortalidade conforme mostra a tabela 10.

Tabela 10 – Mortalidade de juvenis de *C. macropomum* no teste de toxicidade aguda com o inseticida clorpirifós.

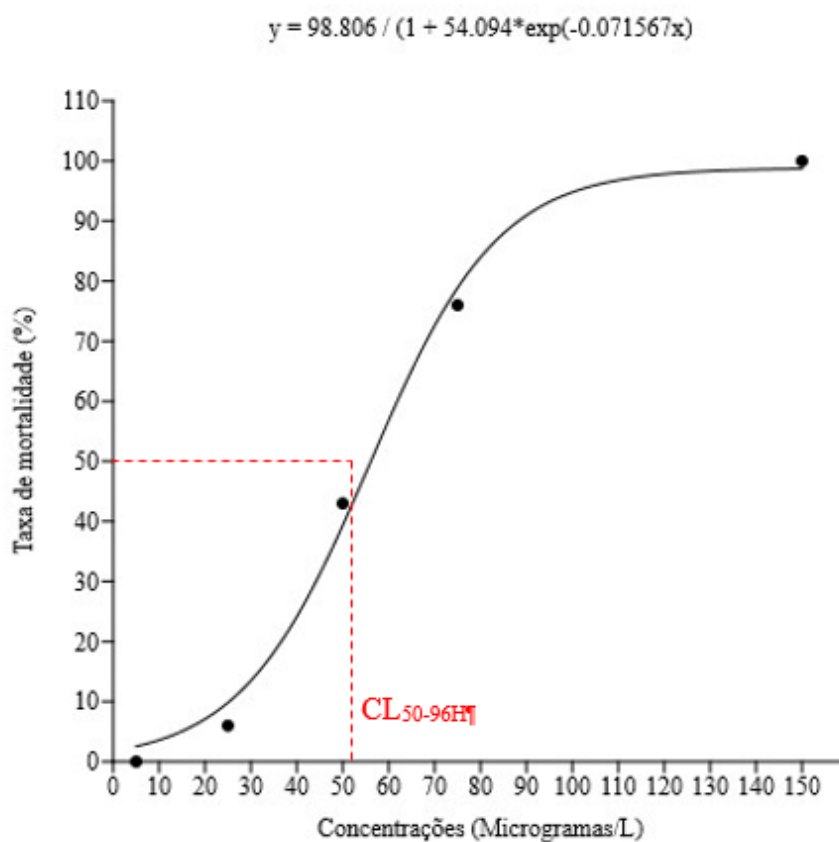
Clorpirifós (klorpan®)		
Grupo experimental	Nº de mortos*	Mortalidade (%)
Controle	0	0%
C1 - 5 µg/L	0	0%
C2 - 25 µg/L	2	6%
C3 - 50 µg/L	13	43%
C4 - 75 µg/L	23	76%
C5 - 150 µg/L	30	100%

*Soma de mortos em todas as replicatas de cada concentração.

Fonte: Autora (2022)

A Concentração Letal Mediana (CL_{50-96H}) obtida para o clorpirifós foi igual a 50.1 µg/L, com limite inferior de 42.97 µg/L e limite superior de 60.08 µg/L. Os dados de mortalidade foram utilizados para a elaboração da curva de dose-resposta (gráfico 2), por meio de uma regressão não-linear em função das concentrações nominais do tóxico para a mortalidade dos indivíduos através do ajuste de curva produzido pela equação: $y = \frac{a}{1+be^{-cx}}$.

Gráfico 2 – Teste de toxicidade aguda com o inseticida clorpirifós: curva de dose-resposta



*Erro padrão: 4.72; Coeficiente de correlação: 0.97
Fonte: PAST 3.18

Os peixes são organismos sentinela adequados para o monitoramento de ambientes aquáticos, e principalmente para estudar os efeitos tóxicos de agrotóxicos (DISNER et al., 2021), pois o aumento das áreas cultivadas juntamente com o uso intensivo de agrotóxicos têm contribuído muito para prejudicar a qualidade desses ecossistemas (KAUR e GARG, 2014), espécies de vida livre tem sido utilizadas como organismos-teste para avaliar a toxicidade de diversas substâncias químicas, incluindo o inseticida clorpirifós.

Jiménez et al. (2021) avaliaram o efeito tóxico de clorpirifós em um peixe nativo da América Central (*Parachromis dovii*) e obtiveram um valor de CL50 igual a 55,34 µg/L (intervalo de confiança de 95%: 51,06–59,98) aproximado ao encontrado neste estudo, já Paracampo et al. (2005) avaliou a toxicidade de clorpirifós para a espécie *Cnesterodon decemmaculatus*, e teve como média geral de três repetições independentes 105,3 (± 3,1) µg/L.

Outros estudos avaliaram a toxicidade de clorpirifós, sendo determinada a CL_{50-96H}, para juvenis *O. niloticus* em 98,67 µg/L (ORUÇ, 2010), para alevinos de *Piaractus brachypomus*, em 0,11 µg/L (CÉSPEDES et al., 2019), para a espécie *Channa punctatus*, em 811,98 µg/L (ALI et al., 2009), *Gambusia affinis*, em 150 µg/L (BOONE e CHAMBERS, 1996), *Cyprinus carpio*, em 149 µg/L (LI et al., 2013), *Poecilia reticulata*, em 176 µg/L (SHARBIDRE et al., 2011), *Pimephales promelas*, em 200 µg/L (BELDEN e LYDY, 2006), *Oreochromis mossambicus*, em 25,97 µg/L (RAO et al., 2003).

Tendo em vista os diferentes valores de CL_{50-96H} em microgramas obtidos para as diferentes espécies de peixes, se observa o alto nível de toxicidade do clorpirifós para peixes (ORUÇ, 2010), comparando-se a CL50 obtida neste estudo aos valores encontrados na literatura pode-se inferir que o tambaqui em fase de juvenil apresentou importante sensibilidade tóxica ao pesticida clorpirifós.

Sobre a toxicidade de clorpirifós para os peixes, alguns estudos destacam as consequências desta substância no ecossistema aquático, pois afeta o crescimento (HUYNH e NUGEGODA, 2012), o desempenho reprodutivo e sobrevivência em fase inicial (DE SILVA e SAMAYAWARDHENA, 2005), inibe a acetilcolinesterase e afeta concentrações de hormônios esteróides (ORUÇ, 2010), danifica brânquias e fígado (TOPAL et al., 2014), causa estresse oxidativo e alterações hematológicas (MAJUMDER e KAVIRAJ, 2019), além de alterações neuroquímicas e neurocomportamentais (HAWKEY et al., 2020), várias outras alterações relacionadas a esta substância estão documentadas na literatura.

4.4 Teste de toxicidade aguda: imidacloprido

O imidacloprido [1-(6-cloro-3-piridilmetil) -N -nitro-imidazolidin-2-ilidenoamina], um inseticida de uso mundial, especialmente pelo seu modo de ação sistêmico e eficaz (PIETRZAK et al., 2020) é usado principalmente para controlar insetos sugadores em plantações (OMIZAWA e CASIDA, 2005).

Assim como os demais agrotóxicos, o imidacloprido pode chegar aos corpos d'água por deriva de pulverização ou por escoamento após a aplicação (STARNER e GOH, 2012), este inseticida, hidrolisa lentamente em pH ácido ou neutro, e não é prontamente biodegradável (PIETRZAK et al., 2020), sendo capaz de persistir na água e no solo (BARBIERI et al., 2020; LLORENS et al., 2020; POSTIGO et al., 2021; CASILLAS et al., 2022). Com base em seu amplo uso, persistência e toxicidade aquática, o potencial de transporte do imidacloprido de campos agrícolas para águas superficiais é uma preocupação (US EPA 2008), contudo, em comparação com outros inseticidas amplamente utilizados, poucos estudos de toxicidade foram realizados sobre os efeitos do imidacloprido em organismos aquáticos não alvos (TIŠLER et al., 2009).

Dada a importância de avaliar a toxicidade de imidacloprido para organismos aquáticos, neste estudo foi avaliada a toxicidade aguda do inseticida neonicotinóide imidacloprido (produto comercial provado®) para juvenis de *C. macropomum*. No teste definitivo foram testadas as seguintes concentrações: 15mg/L, 35mg/L, 40mg/L, 45mg/L, 75mg/L e um grupo experimental controle/branco. No grupo controle e na concentração de 15 mg/L não ocorreram mortalidade dos organismos. Nas concentrações de 35mg/L, 40mg/L, 45mg/L, 75mg/L, foram observadas taxas de mortalidade, conforme mostra a tabela 11.

Tabela 11 – Mortalidade de juvenis de *C. macropomum* no teste de toxicidade aguda com o inseticida imidacloprido.

Imidacloprido (provado®)		
Grupo experimental	Nº de mortos*	Mortalidade (%)
Controle	0	0%
C1 - 15 mg/L	0	0%
C2 - 35 mg/L	7	23%
C3 - 40 mg/L	21	70%
C4 - 45 mg/L	23	76%
C5 - 75 mg/L	30	100%

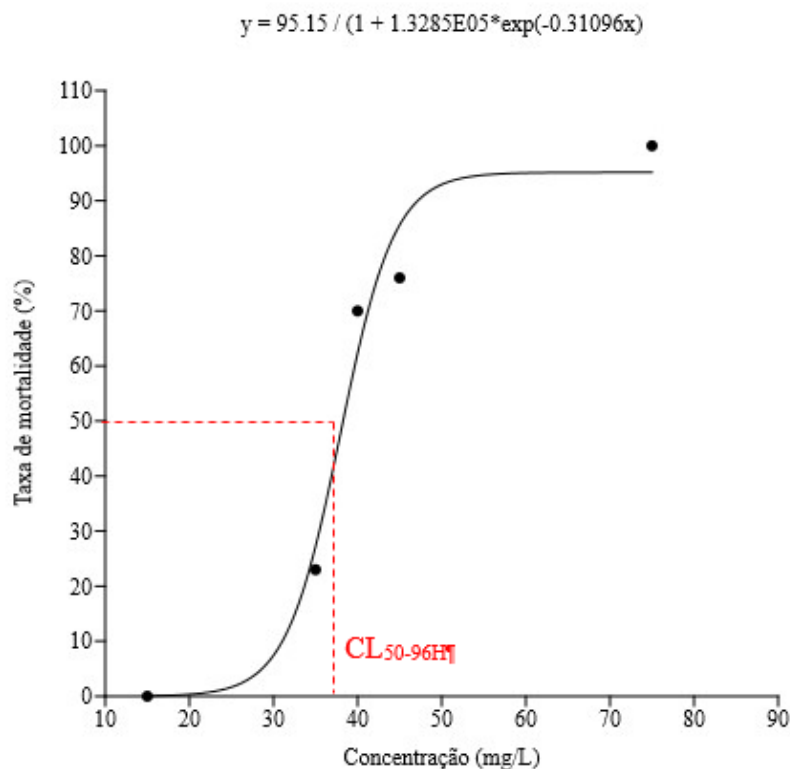
*Soma de mortos em todas as replicatas de cada concentração.

Fonte: Autora (2022)

A Concentração Letal Mediana (CL_{50-96H}) obtida foi igual a 37.29 mg/L, com limite inferior de 34.00 mg/L e limite superior de 40.90 mg/L. os dados de mortalidade foram utilizados para a elaboração da curva de dose-resposta. Os dados de mortalidade foram

utilizados para a elaboração da curva de dose-resposta (gráfico 3), por meio de uma regressão não-linear em função das concentrações nominais do tóxico para a mortalidade dos indivíduos através do ajuste de curva produzido pela equação: $y = \frac{a}{1+be^{-cx}}$.

Gráfico 3 – Teste de toxicidade aguda com o inseticida imidacloprido: curva de dose-resposta



*Erro padrão: 9.82; Coeficiente de Correlação: 0.85
Fonte: PAST 3.18

Em um estudo desenvolvido por Chang et al. (2020) a CL_{50-96H} obtida para a exposição de adultos da espécie *Danio rerio* ao imidacloprido foi de 276,84 mg/L (259,62–294,35), já para a espécie *Misgurnus anguillicaudatus* a CL_{50-96H} obtida foi de 145,8 mg/L (XIA et al., 2016), e de 550 mg/L para juvenis de *Labeo rohita* (QADIR e IQBAL 2014). Em comparação com os valores de CL_{50-96H} , observados na literatura para as demais espécies, o valor de CL_{50-96H} determinado para juvenis de tambaqui foi considerado relevante (37.29 mg/L), demonstrando que esta espécie é sensível a exposição aguda deste contaminante.

Apesar de poucos estudos avaliando a toxicidade aguda do imidacloprido para peixes, observa-se que a mesma está na faixa de miligramas por litro ou grama por litro, contudo já

foram verificados diversos efeitos subletais em concentrações bem mais baixas (em microgramas/L) para diversas espécies (ITURBURU et al., 2017).

Islan et al. (2019) verificaram malformações de embriões e de larvas da carpa comum (*Cyprinus carpio*) induzidas pela toxicidade do imidacloprido quando expostos a 300 e 1000 µg/L. O imidacloprido pode também induzir danos ao DNA e estresse oxidativo em peixes (VIEIRA et al., 2018), ou causar síndrome de estresse, afetando significativamente a relação peso/comprimento corporal (SÁNCHEZ-BAYO e GOKA, 2005). Américo-Pinheiro et al. 2019 verificaram alterações nos parâmetros hematológicos de *O. niloticus* expostos a concentrações subletais do imidacloprido.

Almeida et al. (2021) detectaram alterações em músculo, brânquias, efeitos neurotóxicos e genotóxicos em juvenis da espécie *Astyanax altiparanae* expostos a concentrações ambientais consideradas relevantes do imidacloprido (em microgramas por litro). No trabalho de Ispir e Ozcan (2021) o imidacloprido afetou a viabilidade de embriões em ovos de *Cyprinus carpio*. Esses dados demonstram que o imidacloprido é um poluente preocupante, que ao alcançar os corpos d'água pode ter efeitos adversos neste ecossistema, incluindo a reprodução e o desenvolvimento de peixes (TYOR e HARKKRISHAN, 2016).

4.5 Teste de toxicidade aguda: glifosato

O glifosato [N-(fosfonometil)glicina] é um herbicida pós-emergente de amplo espectro e está entre os produtos químicos agrícolas mais amplamente utilizados em todo o mundo contra ervas daninhas anuais e perenes na agricultura, silvicultura, áreas urbanas e jardins domésticos (ANNETT et al., 2014).

Embora o glifosato seja considerado mais seguro em comparação com outros herbicidas, práticas de aplicação inadequadas e pulverização excessiva resultam em sua presença generalizada em ambientes aquáticos e terrestres (SIHTMÄE et al. 2013; WANG et al. 2016), representando uma ameaça para os seres humanos, organismos não-alvos e os ecossistemas (ZHAN et al., 2018), visto que sua biotransformação após a absorção não é bem conhecida (WHO, 2005; ANNETT et al., 2014), e mesmo em concentrações consideradas baixas (µg/L), o glifosato é capaz de causar consequências prejudiciais na sobrevivência de peixes, diminuindo a exploração do ambiente ou alterando as interações sociais (FARIA et al., 2021).

Neste estudo foi avaliado a toxicidade aguda do herbicida glifosato (produto comercial roundup®) para juvenis de *C. macropomum*. Foram utilizadas as seguintes concentrações: 1mg/L, 5mg/L, 10mg/L, 15mg/L, 30mg/L e um grupo experimental controle/branco. No grupo controle e na concentração de 1 mg/L não ocorreram mortalidade dos organismos. Nas concentrações de 5mg/L, 10mg/L, 15mg/L e 30mg/L, foram observadas taxas de mortalidade, conforme mostra a tabela 12.

Tabela 12 – Mortalidade de juvenis de *C. macropomum* no teste de toxicidade aguda com o herbicida glifosato.

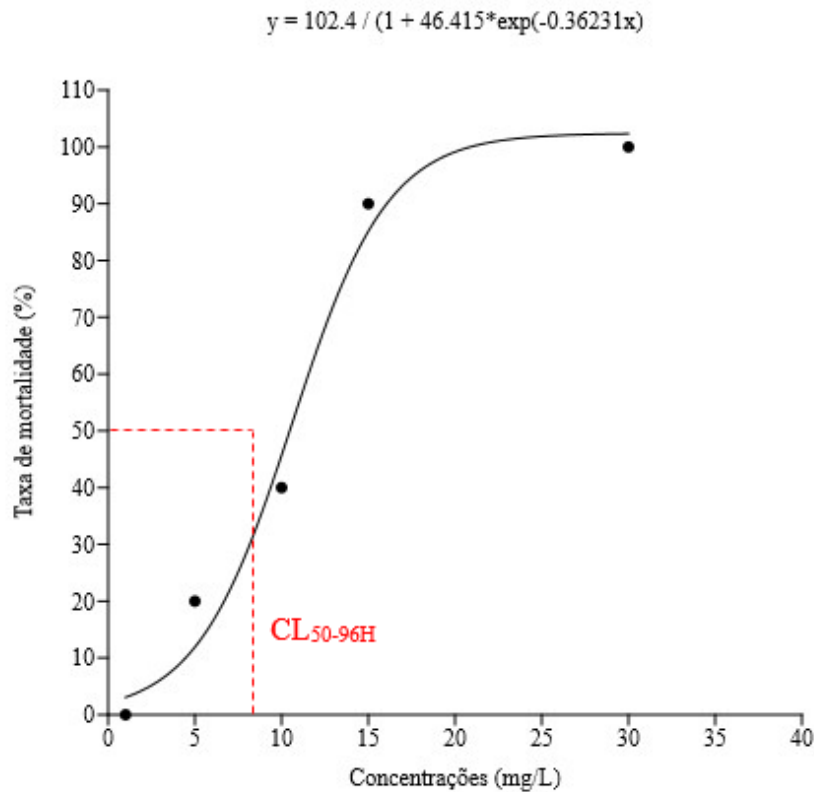
Glifosato (roundup®)		
Grupo experimental	Nº de mortos*	Mortalidade (%)
Controle	0	0%
C1 - 1 mg/L	0	0%
C2 - 5 mg/L	6	20%
C3 - 10 mg/L	12	40%
C4 - 15 mg/L	27	90%
C5 - 30 mg/L	30	100%

*Soma de mortos em todas as replicatas de cada concentração.

Fonte: Autora (2022)

A Concentração Letal Mediana (CL_{50-96H}) obtida foi igual a 8.25 mg/L, com limite inferior de 8.73 mg/L e limite superior de 10.12 mg/L. Os dados de mortalidade foram utilizados para a elaboração da curva de dose-resposta (gráfico 4), por meio de uma regressão não-linear em função das concentrações nominais do tóxico para a mortalidade dos indivíduos através do ajuste de curva produzido pela equação: $y = \frac{a}{1+be^{-cx}}$.

Gráfico 4 – Teste de toxicidade aguda com o herbicida glifosato: curva de dose-resposta



*Erro Padrão: 8.25; Coeficiente de correlação: 0.91
 Fonte: PAST 3.18

O herbicida Roundup® tem sido amplamente utilizado no Brasil, dessa forma, diversos estudos já testaram seus efeitos tóxicos em peixes de água doce. Moura (2009) avaliou a toxicidade aguda de glifosato (roundup) para alevinos de *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio* e *Colossoma macropomum*, e obteve (CL_{50-96H}) de 21,63, 15,33 e 20,06 mg/L respectivamente.

Teixeira et al. (2018) avaliaram a toxicidade de roundup para o peixe pintado da Amazônia, e obtiveram CL_{50-96H} de 13,57 mg/L. Blasco et al. (2021) obtiveram (CL_{50-96H}) de 1,21 mg/L para a espécie *Brycon amazonicus*. Gholami Seyedkolaei et al. (2013) obtiveram para alevinos de *Cyprinus carpio* CL_{50-96H} igual a 6,75 mg/L, e no estudo de Langiano e Martinez (2008) foi determinada a CL_{50-96H} do roundup para o peixe neotropical *Prochilodus lineatus* em 13,69 mg/L.

Neste estudo foi determinada (CL_{50-96H}) de 8.25 mg/L para juvenis de *C. macropomum*, comparando os dados obtidos na literatura, esse valor se assemelha aos valores de CL_{50-96H} para outras espécies, dessa forma, podemos sugerir que roundup® é potencialmente tóxico para o

tambaqui, assim como para outras espécies de peixes tropicais, contudo deve-se levar em consideração a ocorrência de variações relacionadas as respostas de cada espécie/organismo individualmente, pois podem ser alteradas conforme, estágio de vida, tamanho, peso, fatores genéticos, espécie, condições de teste, entre outros (JIRAUNGKOORSKUL et al., 2003).

Segundo Smith et al. (2019) o Roundup e seu ingrediente ativo glifosato podem induzir efeitos de desenvolvimento, reprodução e epigenética em peixes; sugerindo que espécies ecológicas, podem estar em risco de desregulação endócrina em corpos d'água contaminados por glifosato e Roundup.

A espécie nativa Amazônica *C. macropomum*, tem sido empregada como organismo-teste na avaliação da toxicidade do herbicida glifosato, e os resultados se mostram satisfatórios. Em um estudo desenvolvido por Braz-Mota et al. (2015), a exposição ao Roundup® promoveu danos nas brânquias e no fígado, danos ao DNA e inibição da atividade colinérgica cerebral em tambaqui (*Collossoma macropomum*). Silva et al. (2019) expuseram *Collossoma macropomum* ao Roundup® e subsequente hipóxia aguda, verificaram então, que *C. macropomum* é sensível à contaminação por esta substância e que essa sensibilidade aumenta quando combinada com hipóxia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a necessidade crescente de avaliar as respostas de organismos nativos da região amazônica, como potenciais organismos-teste úteis na avaliação da toxicidade de substâncias químicas nos ecossistemas aquáticos, este estudo tem importante relevância, visto que foi elaborado uma carta de controle a partir de testes de sensibilidade para a espécie de destaque econômico, e ecológico, *Colossoma macropomum*.

Neste estudo, também foi determinada a CL_{50-96H} para juvenis de *Colossoma macropomum* expostos a três importantes pesticidas, e mundialmente utilizados na agricultura (clorpirifós, imidacloprido e glifosato), os quais já foram relatados na literatura, como tóxicos para organismos aquáticos, incluindo peixes. Juvenis de *C. macropomum* se mostraram sensíveis as substâncias químicas a que foram expostos, destacando-se como um modelo animal promissor para ser empregado em testes de toxicidade aguda.

Deve-se considerar que os dados de toxicidade aguda para espécies nativas do ambiente amazônico ainda são muito limitados, de forma que outras substâncias químicas devem ser testadas, bem como o potencial de outras espécies de vida livre devem ser investigados. É importante também avaliar em estudos futuros os efeitos subletais de substâncias químicas sobre organismos aquáticos, já que a dose letal, as vezes detectada em um teste de toxicidade aguda é maior que aquelas encontradas no ambiente natural.

Todos esses dados serão fundamentais para auxiliar na elaboração de estratégias que visem a proteção da biodiversidade amazônica e, ao mesmo tempo, permitam o desenvolvimento (de forma consciente e segura) da agricultura, que é uma importante atividade socioeconômica na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Água – Ensaio de toxicidade com *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae)**. Norma ABNT-NBR 12648: 1992. 8p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Água – Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea)**. Norma ABNT-NBR 12713: 1993. 16p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia spp.*** Norma ABNT-NBR 12713: 2004. 21p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 3º ed. **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com peixes (*Cyprinidae*)**. Norma ABNT-NBR 15088: 2016. 25p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com *Ceriodaphnia spp.* (Crustacea, Cladocera)**. ABNT – NBR 13373: 2017. 20p.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Norma ABNT - ISO/IEC 17025:2017. 32 p.

AGUIAR, Christiane Patrícia Oliveira de; PELEJA, José Reinaldo Pacheco; SOUSA, Keid Nolan Silva. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 983–992, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622014000600003&lng=pt&tlng=pt. Acessado em mar./2022.

ALEGRE, Gabriel Fonseca. **Avaliação ecotoxicológica de sedimentos do rio tietê, entre os municípios de Salesópolis e Suzano, SP**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. 121f, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-22092011-094743/publico/2009AlegreAvaliacao.pdf>. Acessado em ago./2019.

ALI, Daoud et al. **Assessment of genotoxic and mutagenic effects of chlorpyrifos in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis**. Food and Chemical Toxicology, v. 47, n. 3, p. 650–656, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691508007217>. Acessado em mar./2022.

ALMEIDA, Éryka Costa et al. Can the insecticide Imidacloprid affect the health of the Neotropical freshwater fish *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae)? **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 85, p. 103634, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668921000521>. Acessado em mar./2022.

ALVIM, Tiago Tomiama; MARTINEZ, Claudia Bueno dos Reis. Genotoxic and oxidative damage in the freshwater teleost *Prochilodus lineatus* exposed to the insecticides lambda-cyhalothrin and imidacloprid alone and in combination. **Mutation Research/Genetic**

Toxicology and Environmental Mutagenesis, v. 842, p. 85–93, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1383571818302328>. Acessado em jan./2022.

AMARAL, Aline Monique Blank do et al. Seasonal implications on toxicity biomarkers of *Loricariichthys anus* (Valenciennes, 1835) from a subtropical reservoir. **Chemosphere**, v. 191, p. 876–885, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653517316995>. Acessado em jan./2022.

AMARAL, Aline Monique Blank do et al. Seasonal factors driving biochemical biomarkers in two fish species from a subtropical reservoir in southern Brazil: An integrated approach. **Environmental Pollution**, v. 266, p. 115168, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749120304073>. Acessado em jan./2022.

AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê et al. Sublethal Effects of Imidacloprid in Hematological Parameters of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 230, n. 8, p. 193, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4256-0>. Acessado em mar./2022.

AMORIM, J. A. S. **Avaliação do espectro de reação de um sistema de diagnóstico por vídeo rastreio de peixes zebra (Danio rerio) expostos a cinco tóxicos distintos**. Dissertação (Mestrado em toxicologia e contaminação ambientais). Universidade do Porto/ Portugal. 79 f. 2014. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/77654/2/33694.pdf>. Acessado em mai./2019.

ANDRADE, R.M.S.L. **Efeitos da exposição de peixe zebra, Danio rerio, a um efluente têxtil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, 100f, Porto, 2004. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/10350/3/6138_TM_01_P.pdf. Acessado em jun./2019.

ANNI, Iuri Salim Abou et al. Life-time exposure to waterborne copper II: Patterns of tissue accumulation and gene expression of the metal-transport proteins *ctrl1* and *atp7b* in the killifish *Poecilia vivipara*. **Chemosphere**, v. 223, p. 257–262, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653519303054>. Acessado em jan./2022.

ANNETT, Robert; HABIBI, Hamid R.; HONTELA, Alice. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment: Impact of glyphosate-based herbicides. **Journal of Applied Toxicology**, v. 34, n.5, p.458–479, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jat.2997>. Acessado em dez./2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – **Princípios ativos**. Disponível em <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>>. Acessado em nov./2020.

ARAGÃO, Márcia A.; ARAÚJO, Rosalina P. A. **Capítulo 6: métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos**. p. 117-152. In *Ecotoxicologia aquática – Princípios e aplicações/ organizado por Pedro A. Zagatto e Eduardo Bertolotti* – São Carlos: RiMa, 2006.

ARANHA, Rúbia Conceição. **Potencial de toxicidade dos herbicidas glifosato e imazethapyr em Colossoma macropomum (Pisces)**. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2013. 69 p. Disponível em:

https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/bitstream/123456789/112/1/Dissertacao_PotencialdeToxicidadedosHerbicidas.pdf. Acessado em dez./2021.

ARANTES, Caroline C. et al. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. **Journal of Applied Ecology**, v. 55, n. 1, p. 386–395, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12967>. Acessado em jan./2022.

ARCISZEWSKI, Tim J. et al. Increased size and relative abundance of migratory fishes observed near the Athabasca oil sands. **FACETS**, v. 2, n. 2, p. 833–858, 2017. Disponível em: <http://www.facetsjournal.com/doi/10.1139/facets-2017-0028>. Acessado em mar./2022.

ARCISZEWSKI, Tim J. et al. Developing and applying control charts to detect changes in water chemistry parameters measured in the Athabasca River near the oil sands: A tool for surveillance monitoring: Control charts and water chemistry parameters. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 37, n. 9, p. 2296–2311, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.4168>. Acessado em nov./2021.

ASSIS, Caio Rodrigo Dias *et al.* Effect of dichlorvos on the acetylcholinesterase from tambaqui (*Colossoma macropomum*) brain. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Recife-PE, Brazil, v.26, n.7, p. 1451-1453, jan./2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24534/1/5620260715-ftp.pdf>. Acessado em jun./2020.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. **As bases toxicológicas da Ecotoxicologia**. São Carlos, São Paulo. Editora Rima, 2003. 322p.

AZEVEDO, Lucas Silva et al. Mercury biomagnification in an ichthyic food chain of an amazon floodplain lake (Puruzinho Lake): Influence of seasonality and food chain modeling. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 207, p. 111249, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651320310873>. Acessado em jan./2022.

BALDISSERA, Matheus D. et al. Consequences of oxidative damage on the fatty acid profile in muscle of *Cichlasoma amazonarum* acutely exposed to copper. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 6, p. 2377–2387, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s10695-020-00884-8>>. Acessado em mar./2021.

BANKS, Kenneth E.; HUNTER, David H.; WACHAL, David J. Chlorpyrifos in surface waters before and after a federally mandated ban. **Environment International**, v. 31, n. 3, p. 351–356, 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412004001436>. Acessado em jun./2020.

BARBIERI, Edison et al. Lethal and sublethal effects of ammonia in *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907), potential species for Brazilian aquaculture. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, n. 1, p. 1–7, 2019. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/1350/1327>. Acessado em jul./2021.

BARBIERI, Maria Vittoria et al. Improved fully automated method for the determination of medium to highly polar pesticides in surface and groundwater and application in two distinct

agriculture-impacted areas. **Science of The Total Environment**, v. 745, p. 140650, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720341723>. Acessado em mar./2021.

BARRETO, Luiza Santos et al. Urban effluents affect the early development stages of Brazilian fish species with implications for their population dynamics. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 188, p. 109907, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651319312382>. Acessado em Abr./2021.

BRAZ-MOTA, Susana et al. Roundup® exposure promotes gills and liver impairments, DNA damage and inhibition of brain cholinergic activity in the Amazon teleost fish *Colossoma macropomum*. **Chemosphere**, v. 135, p. 53–60, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653515002635>. Acessado em mar./2022.

BELDEN, Jason B.; LYDY, Michael J. Joint toxicity of chlorpyrifos and esfenvalerate to fathead minnows and midge larvae. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 623, 2006. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1897/05-370R.1>. Acessado em mar./2020.

BELDEN, Jason. **Chapter 28 - Introduction to ecotoxicology**. Editor(s): Carey N. Pope, Jing Liu. An Introduction to Interdisciplinary Toxicology, Academic Press, 2020, p.381–393. ISBN 9780128136027. Doi: 10.1016 / B978-0-12-813602-7.00028-4. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128136027000284>. Acessado em jan./2021.

BEMVENUTI, M. A.; FISCHER, L.G. Peixes: morfologia e adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**, Rio Grande, RS, v. 5, n. 2, p. 31-54, dez./2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242331096_Peixes_Morfologia_e_Adaptacoes. Acessado em abr./2020.

BERTOLETTI, Eduardo. **Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de São Paulo** / Eduardo Bertolotti. 2.ed, 42p. - - São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2015/06/manual-controle-ecotoxicologico-2013.pdf>. Acessado em jun./2020.

BERTI FILHO, Evoneo. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga** / Berti Filho Evoneo, Luciano Pacelli Medeiros Macedo. – Natal: IFRN Editora, 2010. 108 p.: il. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/download/HORTAS/Leitura8.pdf> . Acessado em jan./2021.

BEZERRA, C.A.M.; SOUSA, A.L.; VIANA, D.C. Histopathologic alterations of gill tissue in Siluriformes and Characiformes from the Middle Tocantins River in the Brazilian Amazon. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 1, p. 285–289, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352020000100285&tlng=en. Acessado em fev./2022.

BIANCHI, Miriam de Oliveira. **Ensaio ecotoxicológicos como ferramenta para avaliação do impacto ambiental de resíduos de mineração sobre o solo**. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 104 f. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/2004/4/2013%20-%20Miriam%20de%20Oliveira%20Bianchi.pdf>. Acessado em jan./2020.

BITTARELLO, Alis Correia et al. Metalloproteomic approach of mercury-binding proteins in liver and kidney tissues of *Plagioscion squamosissimus* (corvina) and *Colossoma macropomum* (tambaqui) from Amazon region: Possible identification of mercury contamination biomarkers. **Science of The Total Environment**, v. 711, p. 134547, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719345383>. Acessado em dez./2021.

BILAL, Muhammad. Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. **Science of The Total Environment.**, v.695, p.133896–. 2019. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133896. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971933846X?via%3Dihub>. Acessado em jan./2021.

BLASCO, Felipe et al. Acute toxicity and effects of the Roundup Transorb®, a glyphosate-based herbicide, on freshwater teleost matrinxã, *Brycon amazonicus*. **International Aquatic Research**, v. 13, n. 1, p. 17–28, 2021. Disponível em: http://submission.intelaqueres.com/article_678848.html. Acessado em dez./2021.

BLASER, R. E.; VIRA, D. G. Experiments on learning in zebrafish (*Danio rerio*): a promising model of neurocognitive function. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 42, p. 224-231, 2014. Doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.03.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149763414000426?via%3Dihub>. Acessado em jan./2020.

BOLETIM AGROPECUÁRIO DO PARÁ 2021. Google Docs. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1U6cBmOtxqJXegOtICnJggbc4AqtmA2r/view>. Acessado em dez./2021.

BOONE, J.; CHAMBERS, J. E. Time Course of Inhibition of Cholinesterase and Aliesterase Activities, and Nonprotein Sulfhydryl Levels Following Exposure to Organophosphorus Insecticides in Mosquitofish (*Gambusia affinis*). **Fundamental and Applied Toxicology**, v. 29, n. 2, p. 202–207, 1996. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272059096900238>. Acessado em dez./2021.

BOOCK, Marcello Villar. **Estudo toxicológico comparativo da toxicidade do oxiclreto de cobre em tilápia vermelha (*Oreochromis spp*) e guaru (*Poecilia reticulata*)**. Dissertacao (Mestrado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista, 78f. Jaboticabal, SP, 1999. Disponível em: <http://docplayer.com.br/139491795-Estudo-toxicologico-comparativo-da-toxicidade-do-oxiclreto-de-cobre-em-tilapia-vermelha-oreochromis-spp-e-guaru-poecilia-reticulata.html>. Acessado em jul./2020.

BORTOLUZZI, Edson C. et al. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande , v. 10, n. 4, p. 881-887, Dez./2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000400015>. Acessado em Set./2020.

BOZZINI, Emanuela. Contrasting norms on the use of evidence in risk assessment: the controversy surrounding the carcinogenicity of glyphosate. **Health, Risk & Society**, v. 22, n.

3–4, p. 197–213, 2020. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13698575.2020.1777946>. Acessado em dez./2021.

BRAGANÇA, I. et al. Deltamethrin impact in a cabbage planted soil: Degradation and effect on microbial community structure. **Chemosphere**, v.220, n. 1179-1186, 2019, Doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.01.004. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519300049>. Acessado em jan./2021.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização, de agrotóxicos, seus componentes, e afins, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 12 abr. 1989. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acessado em set./2019.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a **pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acessado em set./2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da União –18/03/2005. Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747#:~:text=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20n%C2%BA%20357%2C%20de,efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias>. Acessado em mar./2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância em Saúde (DIVISA). **Agrotóxico**, 2011. Disponível em <http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/agrotoxicos>. Acessado em set./2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** – Brasília: Funasa, 2014, 112p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false. Acessado ago./2020.

BRAZ-MOTA, Susana et al. Mechanisms of toxic action of copper and copper nanoparticles in two Amazon fish species: Dwarf cichlid (*Apistogramma agassizii*) and cardinal tetra (*Paracheirodon axelrodi*). **Science of The Total Environment**, v. 630, p. 1168–1180, 2018.

Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718306156>. Acessado em dez./2021.

BRETANO, D.M. **Desenvolvimento e aplicação do teste de toxicidade crônica com *Daphnia magna***: Avaliação de efluentes tratados de um aterro sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade de Santa Catarina. 104f, Florianópolis, SC. 2006. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88729>. Acessado em jun./2019.

BUCKUP, P.A.; MENEZES, N.A.; GHAZZI, M.S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007. 195p. ISBN: 978-88-7427-018-0.

BUSS, Daniel et al. **Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais**. Oecologia Brasiliensis, ISSN 1981-9366, v. 12, n.º. 3, p.339-345, 2008 (Exemplar dedicado a: Monitoramento biológico em ecossistemas aquáticos continentais). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/40836286_Monitoramento_biologico_de_ecossistemas_aquaticos_continentalis. Acessado em jan./2021.

BUTLER, Gordon Cecil. **Principles of Ecotoxicology**. Chichester [Eng]: Wiley, 1978.

CALLISTO, M. et al. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 61, n. 2, pág. 259-266, mai./2001. Doi:10.1590/S0034-71082001000200008. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71082001000200008&lng=en&nrm=iso. Acessado em fev./2020.

CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G.S.; BETTIOL, W. **Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um Programa de Racionalização do Uso de Agrotóxicos no Brasil**. In: RODRIGUES, G.S. Racionalización dei uso de pesticidas en el Cono Sur. Montevideo: PROCISUR, 1998. p .4 3-49. (IICA/PROCISUR. Diálogo, 50).

CANTANHÊDE, Sildiane Martins et al. Electrophysiological responses in Amazonian fish species *Bryconops caudomaculatus* (Osteichthyes: Characiformes) as biomarkers of xenobiotic toxicity. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 228, p. 108653, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045619303692>. Acessado em nov./2021.

CARAZO-ROJAS, Elizabeth et al. Pesticide monitoring and ecotoxicological risk assessment in surface water bodies and sediments of a tropical agro-ecosystem. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 800–809, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749118306602>. Acessado em nov./2021.

CARMO, Talita L.L. et al. Mitochondria-rich cells adjustments and ionic balance in the Neotropical fish *Prochilodus lineatus* exposed to titanium dioxide nanoparticles. **Aquatic Toxicology**, v. 200, p. 168–177, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X18304260>. Acessado em mar./2022.

CARMO, Talita L. L. et al. Overview of the toxic effects of titanium dioxide nanoparticles in blood, liver, muscles, and brain of a Neotropical detritivorous fish. **Environmental Toxicology**, v. 34, n. 4, p. 457–468, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tox.22699>. Acessado em ago./2021.

CASILLAS, Alba et al. Environmental risk assessment of neonicotinoids in surface water. **Science of The Total Environment**, v. 809, p. 151161, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721062392>. Acessado em ago./2021.

CELLA-RIBEIRO, Ariana et al. Temporal fish community responses to two cascade run-of-river dams in the Madeira River, Amazon basin. **Ecohydrology**, v. 10, n. 8, p. e1889, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eco.1889>. Acessado em jan./2022.

CÉSPEDES, Gisella Karina Holguin et al. Evaluación de la toxicidad del clorpirifós en alevinos de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 35, n. 4, p. 815–829, 2019. Disponível em: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.04.04/46901>. Acessado em nov./2021.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Água – **Teste de toxicidade aguda com peixes – Parte II – Sistema Semi-Estático**. Norma CETESB-L5.019-II. 1990, 29p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 1994. **Água – Teste de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustácea)**. Norma CETESB- L5.018. 25p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 1994 a. **Teste de toxicidade aguda com peixes. Parte I - sistema estático**. Norma técnica L5. 019. 1994.

CETESB, 1994b. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Teste de toxicidade aguda com peixes. Parte II - sistema semi - estático**. Norma técnica L5. 019: 1994.

CETESB, 1994c. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Teste de toxicidade aguda com peixes. Parte III - sistema de fluxo contínuo**. Norma técnica L5. 019: 1994.

CETESB, 1994d. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Avaliação de toxicidade crônica, utilizando Ceriodaphnia dubia Richard, 1894 (Cladocera, Crustacea)**. Norma técnica L5. 022: 1994.

CETESB, 1994e. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Metodologia para avaliação da toxicidade crônica com o peixe Brachydanio rerio**. São Paulo. 1994.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2020. **Mortandade de peixes**. Apostila de Investigação de Mortandade de Peixes, 1997. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/>. Acessado em jul./2019.

CHANG, Yiming et al. Combined toxicity of imidacloprid, acetochlor, and tebuconazole to zebrafish (*Danio rerio*): acute toxicity and hepatotoxicity assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 10, p. 10286–10295, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-020-07653-3>. Acessado em fev./2022.

CHAPADENSE, Paulo Frederico Garcia *et al.* Toxicidade do herbicida atrazina em *Colossoma macropomum*. **Rev. Bras. Saúde Prod.** Tocantins, Brasil, v.10, n.2, p.398-405, abr/jun, 2009. Disponível em: <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1704/839>. Acessado em jun./2020.

CHAVES, Valesca de Souza *et al.* Acute toxicity of a deltamethrin based pesticide (DBP) to the Neotropical electric fish *Microsternarchus cf. bilineatus* (Gymnotiformes). **Acta Amazônica**, v. 50, n. 4, p. 355–362, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672020000400355&tlng=en. Acessado em jan./2022.

CHEN, Shangchao *et al.* Toxicological effects of chlorpyrifos on growth, enzyme activity and chlorophyll a synthesis of freshwater microalgae. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.45, p.179-186, 2016. Doi: 10.1016/j.etap.2016.05.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668916301302>. Acessado em jan./2021.

CHISTE, Bruna Milke *et al.* Risk assessment and acute toxicological effects of atrazine on Nile tilapia larvae after stress. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 56, n. 1, p. 23–29, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601234.2020.1831863>. Acessado em mar./2022.

COELHO, Maria Paula Mancini *et al.* Toxicity evaluation of leached of sugarcane vinasse: Histopathology and immunostaining of cellular stress protein. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 165, p. 367–375, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651318308364>. Acessado em fev./2022.

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais para fins Científicos e Didáticos – DBCA**. 50p. Brasília/DF – 2013. Disponível em <https://www.fc.unesp.br/Home/Pesquisa/diretriz-brasileira-para-o-cuidado-e-a-utilizacao-de-animais-para-fins-cientificos-e-didaticos.pdf>. Acessado em set./2020.

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Normativas 3ª edição, Brasília, 26 de setembro de 2016. Anexo da resolução normativa nº 44 do conselho nacional de controle de experimentação animal. Brasília, 01 de agosto de 2019: Capítulo “**Peixes mantidos em instalações de instituições de ensino ou pesquisa científica – II**” do Guia Brasileiro de Produção, Manutenção ou Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou Pesquisa Científica. Disponível em <https://www.ceua.ufv.br/resolucoes/>. Acessado em set/2020.

CONCEA - Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa nº 37 - de 27/01/2018. Anexo - **Diretriz da prática de eutanásia do CONCEA**. Disponível em: <http://www.ceua.ufes.br/conteudo/diretriz-da-pratica-de-eutanasia-do-concea-resolucao-normativa-no-37-de-270118>. Acessado set./2020.

COSTA, Carla Regina *et al.* A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Quim. Nova**. São Paulo, v. 31, n. 7, p.1820-1830, set./2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000700038>. Acessado em jun./2020.

CRÉMAZY, Anne et al. The Effects of Natural Suspended Solids on Copper Toxicity to the Cardinal Tetra in Amazonian River Waters. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 38, n. 12, p. 2708–2718, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.4586>. Acessado em mar./2022.

CRUZ, C. et al. Sensibilidade de Peixes Neotropicais ao Dicromato de Potássio. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 3, n. 1, p. 53–55, 2008. Disponível em: [http://ecotoxbrasil.org.br/upload/112d446bfb6950233c922c0f07581097-sensibilidade de peixes neotropicais.pdf](http://ecotoxbrasil.org.br/upload/112d446bfb6950233c922c0f07581097-sensibilidade%20de%20peixes%20neotropicais.pdf). Acessado em jan./2022.

CUNHA, V. V.; SANTOS, A. J. Crescimento de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (cuvier, 1818), em tanques-rede com diferentes densidades populacionais em jiparaná, RO. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 6, n. 12, p.185, 2011.

CUNHA, Fernanda dos Santos et al. Deltamethrin-induced nuclear erythrocyte alteration and damage to the gills and liver of *Colossoma macropomum*. **Environmental Science and Pollution Research**, v.25, p.15102–15110, 2018. Doi: 10.1007/s11356-018-1622-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-1622-1>. Acessado em Jan./2021.

DAL PONT, G. et al. Acute exposure to the water-soluble fraction of gasoline (WSFG) affects oxygen consumption, nitrogenous-waste and Mg excretion, and activates anaerobic metabolism in the goldfish *Carassius auratus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 226, p. 108590, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045619303060>. Acessado em jan./2022.

DAMATO, Murilo; BARBIERI, Edison. Determinação da toxicidade aguda de cloreto de amônia para uma espécie de peixe (*Hypheosobrycon callistus*) indicadora regional. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, Brasil, v.35, n.4, p. 401-407, jun./2011. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/determinacao_toxicidade_aguda_cloreto_amonia_especie_peixe.pdf. Acessado em jan./2020.

DANTZGER, Darlene D.; JONSSON, Claudio M.; AOYAMA, Hiroshi. Mixtures of diflubenzuron and p-chloroaniline changes the activities of enzymes biomarkers on tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in the presence and absence of soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 367–376, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651317307248>. Acessado em mar./2022.

DE PAULA, Angélica Alves; RISSO, Wagner Ezequiel; MARTINEZ, Claudia Bueno dos Reis. Effects of copper on an omnivorous (*Astyanax altiparanae*) and a carnivorous fish (*Hoplias malabaricus*): A comparative approach. **Aquatic Toxicology**, v. 237, p. 105874, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X21001338>. Acessado em jan./2022.

DE SILVA, P.M.C.S.; SAMAYAWARDHENA, L.A. Effects of chlorpyrifos on reproductive performances of guppy (*Poecilia reticulata*). **Chemosphere**, v. 58, n. 9, p. 1293–1299, 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653504009919>. Acessado em nov./2021.

DISNER, Geonildo Rodrigo et al. The Toxic Effects of Glyphosate, Chlorpyrifos, Abamectin, and 2,4-D on Animal Models: A Systematic Review of Brazilian Studies. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 17, n. 3, p. 507–520, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ieam.4353>. Acessado em fev./2022.

DORN, P. B. et al. Hexavalent chromium as a reference toxicant in effluent toxicity tests. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 6, n. 6, p. 435–444, 1987. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620060604>. Acessado em mar./2022.

DUARTE, Rafael M. et al. High waterborne Mg does not attenuate the toxic effects of Fe, Mn, and Ba on Na⁺ regulation of Amazonian armored catfish tamoatá (*Hoplosternum litoralle*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 18, p. 18027–18037, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-018-2064-5>. Acessado em dez./2021.

DUNCAN, Wallice Paxiúba et al. Acute toxicity of the pesticide trichlorfon and inhibition of acetylcholinesterase in *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalminidae). **Aquaculture International**, v. 28, n. 2, p. 815–830, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10499-019-00497-w>. Acessado em jan./2022.

EATON, David L. et al. Review of the toxicology of chlorpyrifos with an emphasis on human exposure and neurodevelopment. **Critical Reviews in Toxicology**, v.38, n. sup2, p.1-125, 2008. Doi: 10.1080 / 10408440802272158. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408440802272158>. Acessado em jan./2021.

EISSA, Mostafa E. Shewhart Control Chart in Microbiological Quality Control of Purified Water and its Use in Quantitative Risk Evaluation. **Pharmaceutical and Biosciences Journal**, p. 45–51, 2015. Disponível em: <https://pharmabiosciencejournal.com/index.php/pbj/article/view/2022>. Acessado em mar./2022.

ENVIRONMENT CANADA. **Biological test method: Acute test for sediment toxicity using marine or estuarine amphipods**. Report EPS1/ RM/26. December, 1992. Disponível em: http://publications.gc.ca/collections/collection_2014/ec/En49-24-1-26-eng.pdf. Acessado em abr./2019.

ESLAVA-MOCHA, Pedro René et al. Pathological Effects and Lethal Concentration of Two Nonionic, Tallowamine-Polyethoxylate Surfactants in White Cachama *Piaractus brachypomus*. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 230, n. 12, p. 286, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4340-5>. Acessado em dez./2021.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire**. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. [s.l.]: FAO, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7874t>. Acessado em jun./2021.

FARIA, Melissa et al. Glyphosate targets fish monoaminergic systems leading to oxidative stress and anxiety. **Environment International**, v.146, p.106253, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016041202032208X>. Acessado em mar./2022.

FERNANDES, Kelly et al. Toxicity of Cyanopeptides from Two *Microcystis* Strains on Larval Development of *Astyanax altiparanae*. **Toxins**, v. 11, n. 4, p. 220, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6651/11/4/220>. Acessado em mar./2022.

FERREIRA, Liliane Campos et al. Antiparasitic activity of *Mentha piperita* (Lamiaceae) essential oil against *Piscinoodinium pillulare* and its physiological effects on *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Aquaculture**, v. 512, p. 734343, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848618312493>. Acessado em fev./2022.

FERRI, Giovanni Henrique et al. Determination of acute median lethal concentration and sublethal effects on AChE activity of *Gymnotus carapo* (Teleostei: Gymnotidae) exposed to trichlorfon. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 57, n. 3, p. e169354, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/169354>. Acessado em nov./2021.

FERRO, Juan Pablo; FERRARI, Lucrecia; EISSA, Bettina Lorena. Acute toxicity of cadmium to freshwater fishes and its relationship with body size and respiratory strategy. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 248, p. 109109, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045621001368>. Acessado em mar./2022.

FRIGHETTO, R.T.S. **Impacto ambiental decorrente do uso de pesticidas agrícolas**. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. de (Ed.). *Microbiologia ambiental*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. p. 415-438. (Embrapa - CNPMA. Documentos, 11).

FROESE, R.; PAULY, D. Editors. 2021. **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Disponível em: www.fishbase.org, version (08/2021).

FSN: Food Safety News. **Votes against renewing chlorpyrifos approval**. Food Safety News. Disponível em: <https://www.foodsafetynews.com/2019/12/eu-votes-against-renewing-chlorpyrifos-approval/>. Acessado em mar./2022.

GALLÃO, Michel et al. The Impact of Sublethal Concentrations of Treated Leachate on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 102, n. 4, p. 519–524, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00128-019-02566-5>. Acessado em fev./2022.

GARCEZ, R. C. S.; FREITAS, C. E. C. Seasonal catch distribution of tambaqui (*Colossoma macropomum*), Characidae in a central Amazon floodplain lake: implications for sustainable fisheries management. **Journal of Applied Ichthyology**, p.1-4, 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01521.x>. Acessado em mai./2020.

GHAYYUR, Shehzad et al. Effect of Chlorpyrifos on Hematological and Seral Biochemical Components of Fish *Oreochromis mossambicus*. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 51, n. 3, 2019. Disponível em: <http://researcherslinks.com/current-issues/Effect-of-Chlorpyrifos-on-Hematological-and-Seral/20/1/2162/html>. Acessado em jan./2022.

GHERARDI-GOLDSTEIN, E. et al. **Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 1990. 17 p. (Série Manuais, 6).

GHOLAMI SEYEDKOLAEI, Seyed Jalil et al. Toxicity evaluation of Malathion, Carbaryl and Glyphosate in common carp fingerlings (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758). **Journal of Veterinary Research**, v. 68, n. 3, p. 257–267, 2013. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.22059/jvr.2013.35026>. Acessado em jan./2022.

GOLDSTEIN, E. G. **Testes de toxicidade de efluentes industriais**. **Revista Ambiente**. v. 2, p. 33-38, 1988.

GOMES, L. C. et al. **Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Ed.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2.ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2010. p.175-204.

GONÇALVES, Alexandre Rodrigo Nascimento et al. Adaptive responses of myenteric neurons of *Spherooides testudineus* to environmental pollution. **NeuroToxicology**, v. 76, p. 84–92, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161813X19301159>. Acessado em mar./2022.

GUIDA, Yago de Souza et al. Air contamination by legacy and current-use pesticides in Brazilian mountains: An overview of national regulations by monitoring pollutant presence in pristine areas. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 19–30, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749118314441>. Acessado em jan./2022.

GUIMARÃES, Abraão Tiago Batista et al. Nanopolystyrene particles at environmentally relevant concentrations causes behavioral and biochemical changes in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Journal of Hazardous Materials**, v. 403, p. 123864, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420318537>. Acessado em mar./2022.

HALLARE, Arnold V.; SEILER, Thomas-Benjamin; HOLLERT, Henner. The versatile, changing, and advancing roles of fish in sediment toxicity assessment—a review. **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, n. 1, p. 141–173, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11368-010-0302-7>. Acessado em fev./2022.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **ENVIRON. SCI. TECHNOL.** 11(7): 714-719; 1977 CORRECTION 12(4):417, (1978).

HAO, Ruoyi et al. Post-mortem quality changes of common carp (*Cyprinus carpio*) during chilled storage from two culture systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 1, p. 91–100, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.10618>. Acessado em jan./2022.

HARMEL, Veridiana Chapiewsky. **Padronização de um Teste de Toxicidade Crônica com a Bactéria Luminescente *Vibrio fischeri* para Análise da Qualidade de Águas Superficiais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Regional de Blumenau, 100f, Santa Catarina, 2004. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/37696271/ECOTOX-CRONICA-VFISCHERI>. Acessado em jan./2020.

HAWKEY, Andrew B. et al. Adult exposure to insecticides causes persistent behavioral and neurochemical alterations in zebrafish. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 78, p. 106853, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0892036219301539>. Acessado em mar./2020.

HENRIQUES, Marcelo Barbosa et al. Sublethal effects of propiconazole on the metabolism of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907), a native species from Brazil. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 4, p. 1165–1177, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10695-021-00968-z>. Acessado em mar./2022.

HERRERO-HERNÁNDEZ, Eliseo et al. Monitoring and environmental risk assessment of pesticide residues and some of their degradation products in natural waters of the Spanish vineyard region included in the Denomination of Origin Jumilla. **Environmental Pollution**, v. 264, p. 114666, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749120314342>. Acessado em mar./2022.

HLADIK, Michelle L. et al. Neonicotinoid insecticide removal by prairie strips in row-cropped watersheds with historical seed coating use. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.241 (), p.160-167, 2017. Doi: 10.1016/j.agee.2017.03.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880917301378>. Acessado em fev./2021.

HOFFMAN, J. *et al.* **Wildlife toxicity testing**. IN: HOFFMAN, D. J. et al, Handbook of ecotoxicology. Boca Ration, Lewis Publishers. Cap 4, 23f, p. 47-69, 1995.

HONG, Xiangsheng; ZHA, Jinmiao. Fish Behavior: A Promising Model for Aquatic Toxicology Research. **Ciência do Ambiente Total**, vol. 686, outubro de 2019, p. 311–21. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.028>. Acessado em fev./2021.

HOWE, Kerstin et al. The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 498–503, 2013. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nature12111>. Acessado em jan./2022.

HUANG, Xiao; CUI, Hongwu; DUAN, Weiyan. Ecotoxicity of chlorpyrifos to aquatic organisms: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 200, p. 110731, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651320305704>. Acessado em mar./2022.

HUSSAIN, Shahid et al. IQR CUSUM charts: An efficient approach for monitoring variations in aquatic toxicity. **Journal of Chemometrics**, v. 35, n. 5, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cem.3336>. Acessado em nov./2021.

HUYNH, Huy P. V.; NUGEGODA, Dayanthi. Effects of Chlorpyrifos Exposure on Growth and Food Utilization in Australian Catfish, *Tandanus tandanus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 88, n. 1, p. 25–29, 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00128-011-0431-8>. Acessado em nov./2021.

IBGE - Censo Agro 2017. IBGE - **Censo Agro 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA: Bancos de tabelas estatísticas. - **Produção Agrícola Municipal**: Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acessado em mar./2022.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletim anual sobre produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos, componentes e afins no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Boletim, 2020. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acessado em Mar./2022.

ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L. Population dynamics of tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, in the Lower Amazon, Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v.3, n.4, p.315–333, 1996. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227648964_Population_dynamics_of_tambaqui_Colossoma_macropomum_Cuvier_in_the_Lower_Amazon_Brazil. Acessado em jan./2020.

ISLAM, Md. A. et al. Acute Toxicity of Imidacloprid on the Developmental Stages of Common Carp *Cyprinus carpio*. **Toxicology and Environmental Health Sciences**, v. 11, n. 3, p. 244–251, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s13530-019-0410-8>. Acessado em jan. 2021.

ITURBURU, Fernando G. et al. Uptake, distribution in different tissues, and genotoxicity of imidacloprid in the freshwater fish *Australoheros facetus*: Imidacloprid uptake, distribution, and genotoxicity in fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 3, p. 699–708, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.3574>. Acessado em mar./2022.

JACAÚNA, R.P. et al. Aerobic Metabolism Impairment in Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Juveniles Exposed to Urban Wastewater in Manaus, Amazon. **Bull Environ Contam Toxicol**, v.105, p.853–859, 2020. Doi: 10.1007/s00128-020-03041-2. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-020-03041-2>. Acessado em jan./2021.

JIMÉNEZ, Katherine et al. Early Toxic Effects in a Central American Native Fish (*Parachromis dovii*) Exposed to Chlorpyrifos and Difenconazole. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 40, n. 7, p. 1938–1947, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5048>. Acessado em jan./2022.

JIRAUNGKOORSKUL, W. et al. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Environmental Toxicology**, v. 18, n. 4, p. 260–267, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tox.10123>. Acessado em nov./2021.

JORGE, R. A. D. L. V. C.; MOREIRA, G. S. Use of sodium dodecyl sulfate and zinc sulfate as reference substances for toxicity tests with the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia). **Elsevier: Ecotoxicology and Environmental Safety**, São Paulo, Brazil, v.61, n.2, p. 280-285, jun./2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.09.005>. Acessado em 8 set. 2019.

JUNIOR, Ozelito Possidônio de Marante; SANTOS, Teresa Cristina Rodrigues dos. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quím. Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.589-593, 2002. Doi: 10.1590/S0100-40422002000400014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400014&lng=en&nrm=iso. Acessado Jan./2021.

KAUR, Harsimran; GARG, Harsh. **Pesticides: Environmental Impacts and Management Strategies**. In: SOLONESKI, Sonia (Org.). **Pesticides - Toxic Aspects**. [s.l.]: InTech, 2014. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-toxic-aspects/pesticides-environmental-impacts-and-management-strategies>. Acessado em mar./2022.

KHALIL, Fatma et al. Alterations in social behavior of Japanese medaka (*Oryzias latipes*) in response to sublethal chlorpyrifos exposure. **Chemosphere**, v.92, n.1, p.125-130, 2013. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.02.042 Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653513003500>. Acessado em jan./2021.

KRULL, M.; BARROS, F. Key Issues in Aquatic Ecotoxicology in Brazil: A Critical Review. *Ecotox: J. Braz. Soc. Ecotoxicol*, Salvador BA, Brazil, v.7, n.2, p. 57-66, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5132/jbse.2012.02.009>. Acessado em jun./2020.

KUMAR, Anil. Evaluation of toxicological and behavioral symptoms on deltamethrin treated albino rats. **MOJ Anat & Physiol.**, v.5, n.2, p.63-67, 2018. Doi: 10.15406/mojap.2018.05.00165. Disponível em: <https://medcraveonline.com/MOJAP/evaluation-of-toxicological-and-behavioral-symptoms-on-deltamethrin-treated-albino-rats.html>. Acessado em jan./2021]

LAITANO, K. *et al.* Viabilidade do Uso da Bolacha-do-mar *Mellita quinquesperforata* como Organismo Teste. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, Florianópolis, SC, v.3, n.1, p.9-14. Abr./2008. Doi: 10.5132/jbse.2008.01.002. Disponível em: <https://ecotoxbrasil.org.br/revista/16/ecotoxicology-and-environmental-contamination/>. Acessado em mai./2020.

LAND, Sylvia N. et al. Biliary and hepatic metallothionein, metals and trace elements in environmentally exposed neotropical cichlids *Geophagus brasiliensis*. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 50, p. 347–355, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0946672X18301378>. Acessado em mar./2022.

LANGIANO, Vivian do Carmo; MARTINEZ, Cláudia B.R. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 147, n. 2, p. 222–231, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045607002086>. Acessado em mar./2022.

LEÃO-BUCHIR, Joelma et al. Effects of trophic 2,2', 4,4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE-47) exposure in *Oreochromis niloticus*: A multiple biomarkers analysis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 87, p. 103693, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668921001113>. Acessado em jan./2022.

LEMOS, C. A. **Qualidade da água de uma bacia hidrográfica inserida na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Maquiné, Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre, 2003, 98f. disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4051>. Acessado em jun./2021.

LI, Xiaoyu et al. Toxic effects of chlorpyrifos on lysozyme activities, the contents of complement C3 and IgM, and IgM and complement C3 expressions in common carp (*Cyprinus carpio L.*). **Chemosphere**, v. 93, n. 2, p. 428–433, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653513007583>. Acessado em mar./2022.

LI, X. F. et al. Acute Toxicity and Hazardous Concentrations of Zinc to Native Freshwater Organisms Under Different pH Values in China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 103, n. 1, p. 120–126, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2441-2>. Acessado em mar./2022.

LIMA, A. F. et al. **Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes**. In: RODRIGUES, A. P. O. [et al] (Editores técnicos). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Embrapa Pesca e Aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013a. 440 p. 1ª edição ISBN 978-85-7035-272-9 CDD 639.3.

LISBÔA, João David Batista. **Avaliação dos efeitos toxicológicos da associação dos herbicidas 2,4-D e Picloram em peixes da espécie *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2020. 92f. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/123>. Acessado em mar./2021.

LIU, Lina et al. Mitigation of environmental pollution by genetically engineered bacteria - Current challenges and future perspectives. **The Science of the total environment.**, v. 667, p.444-454, 2019. Doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.390. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30833243/>. Acessado em jan./2021.

LLORENS, Esther et al. Occurrence of regulated pollutants in populated Mediterranean basins: Ecotoxicological risk and effects on biological quality. **Science of The Total Environment**, v. 747, p. 141224, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720347537>. Acessado em jan./2022.

LOBO, F. P. et al. **Novo genome assembly of the South American freshwater fish Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. In: PLANT & ANIMAL GENOME CONFERENCE, 23, 2015, San Diego, CA. [Abstracts...]. San Diego: [s.n.], 2015. PAG 2015. Pôster P0231.

LOMBARDI, J.V. **Fundamentos de toxicologia aquática**. p. 261-270 In: M.J.T. Ranzani-Paiva, R.M. Takemota & M.A.P. Lizama (eds.), Sanidade de organismos aquáticos. Org. Livraria Varela, São Paulo. 2004, 426p.

LOUREIRO, Cláudia et al. Performance of standard media in toxicological assessments with *Daphnia magna*: chelators and ionic composition versus metal toxicity. **Ecotoxicology**, v. 20, n. 1, p. 139–148, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10646-010-0565-1>. Acessado em jan./2020.

- LOPES, Carla Vanessa Alves; ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v.42, n. 117, p. 518-534, Jun./2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104201811714>. Acessado em Set./2020.
- LUZ, João Gabriel Rosário et al. Essential oil of *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae) has anthelmintic efficacy against monogenean of *Colossoma macropomum* (Characiformes: Serrasalmidae). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 11, p. 5340–5349, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.15404>. Acessado em mar./2022.
- MACCORMACK, Tyson J. et al. Boron Oxide Nanoparticles Exhibit Minor, Species-Specific Acute Toxicity to North-Temperate and Amazonian Freshwater Fishes. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 9, p. 689933, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2021.689933/full>. Acessado em jan./2022.
- MACIEL, Patricia Oliveira; AFFONSO, Elizabeth Gusmão. Praziquantel against monogeneans of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture International**, v. 29, n. 5, p. 2369–2386, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10499-021-00753-y>. Acessado em fev./2022.
- MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO FILHO, A.S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecol. Bras.**, Rio de Janeiro, Brasil, v.12, n.3, p. 355-381, jul./2008. Doi: 10.4257 / OEKO.2008.1203.02. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/27395/2/danielemagalhaes_aloyioferrao_IOC_2008.pdf. Acessado em jul./2019.
- MAIA, Janna Laely dos Santos et al. Hydrolate toxicity of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) and its potential anaesthetic properties. **Aquaculture**, v. 503, p. 367–372, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848618301595>. Acessado em mar./2022.
- MAJUMDER, Rajib; KAVIRAJ, Anilava. Acute and sublethal effects of organophosphate insecticide chlorpyrifos on freshwater fish *Oreochromis niloticus*. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 42, n. 5, p. 487–495, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01480545.2018.1425425>. Acessado em dez./2021.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>. Acessado em jan./2020.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Brasil 2019/20 a 2029/30, Projeções de Longo Prazo. 11ª edição. Ano 2020.** Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019_20202029_2030.pdf . Acessado em mar./2022.
- MARA: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. **The Ministry of Agriculture Announcement No. 2032.** 2013. Disponível em:

http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201312/t20131219_3718683.htm. Acessado em mar./2022.

MARIA, Alexandre Nizio et al. Hormonal induction and semen characteristics of tambaqui *Colossoma macropomum*. **Zygote**: p.1-5. Cambridge University Press. 2010. Doi:10.1017/S0967199410000559. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/231833050_Hormonal_induction_and_semen_characteristics_of_tambaqui_Colossoma_macropomum. Acessado em jun./2019.

MARQUES, Diego S.C. et al. Impact of stress on *Aeromonas* diversity in tambaqui (*Colossoma macropomum*) and lectin level change towards a bacterial challenge. **Environmental Technology**. Recife-PE, v.37, n. 23, p.3030-3035, mai./2016. Doi: 10.1080/09593330.2016.1174313. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09593330.2016.1174313>. Acessado em ago./2020.

MARTINS, Nathan Dias et al. Microcystin – LR exposure causes cardiorespiratory impairments and tissue oxidative damage in trahira, *Hoplias malabaricus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 173, p. 436–443, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651319302106>. Acessado em mar./2022.

MARTINS, Samantha Eslava; BIANCHINI, Adalto. Toxicity tests aiming to protect Brazilian aquatic systems: current status and implications for management. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 7, p. 1866, 2011. Disponível em: <http://xlink.rsc.org/?DOI=c0em00787k>. Acessado em mai./2020.

MATTIOLI, Cristiano Campos et al. Acute Toxicity and Risk Assessment of Florfenicol for Nile Tilapia Larvae. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 105, n. 5, p. 721–727, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s00128-020-03013-6>. Acessado em mai./2021.

MATUS, Gregorio Nolazco et al. Behavior and histopathology as biomarkers for evaluation of the effects of paracetamol and propranolol in the neotropical fish species *Phalloceros harpagos*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 28, p. 28601–28618, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-018-2839-8>. Acessado em mar./2022.

MAUND S. J. et al. Partitioning, bioavailability, and toxicity of the pyrethroid insecticide cypermethrin in sediments. **Environ. Toxicol. Chem.**, v.1: p.9-15. 2002. PMID: 11808535. Doi: <https://doi.org/10.1002/etc.5620210102>. Disponível em <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11808535/>. Acessado em jan./2020.

MCNULTY, Ellen W. et al. Evaluation of ability of reference toxicity tests to identify stress in laboratory populations of the amphipod *Hyalella azteca*. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 18, n. 3, p. 544–548, 1999. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620180324>. Acessado em set./2019.

MELETTI, Paulo Cesar. **Avaliação da degradação ambiental por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade

de São Paulo, São Carlos, 2003. Doi:10.11606/T.18.2016.tde-02082016-121212. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-02082016-121212/pt-br.php>. Acessado em set./2020.

MENDES, M. P. G.; SOUZA, C. A. G. Aplicação de modelos animais na pesquisa biomédica experimental: Application of animal models in experimental biomedical research. **Revista de saúde da Fiaciplac**, Belo Horizonte – MG, v.4, n. 2p. 41-58, jul./2017. Disponível em: <http://revista.faciplac.edu.br/index.php/RSF/article/view/363/187>. Acessado em jun./2019.

MENDES, Rosivaldo A. et al. Assessment of DDT and mercury levels in fish and sediments in the Iriri River, Brazil: Distribution and ecological risk. **Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 54, n. 12, p. 915–924, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31397192/>. Acessado em nov./2021.

MENESES, Juliana Oliveira et al. Acute toxicity of hot aqueous extract from leaves of the *Terminalia catappa* in juvenile fish *Colossoma macropomum*. **Aquaculture International**, v. 28, n. 6, p. 2379–2396, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10499-020-00596-z>. Acessado em mar./2022.

MENEZES, A. **Aquicultura na Prática: peixes, camarões, ostras, mexilhões, sururus**. 4ª edição, Espírito Santo: Ed. UFES, 2010. 142 p.

MENEZES, J. T. B. et al. Avaliação espermática pós descongelamento em tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). **Acta Amazônica**, v.38, v.2, p.365-368, 2008. Doi: 10.1590/S0044-59672008000200023. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672008000200023&lng=en&nrm=iso. Acessado em mar./2020.

MONAGHAN, Kieran A. et al. The impact of a hydroelectric dam on Neotropical fish communities: A spatio-temporal analysis of the Trophic Upsurge Hypothesis. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 29, n. 2, p. 384–397, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eff.12522>. Acessado em jan./2022.

MONTES, Caroline da Silva et al. Evaluation of metal contamination effects in piranhas through biomonitoring and multi biomarkers approach. **Heliyon**, v. 6, n. 8, p. e04666, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844020315103>. Acessado em mar./2022.

MORGADO, Moema Guimaraes de Azeredo. **Contaminação química de ecossistemas aquáticos e (in)sustentabilidade ambiental na Amazônia: estudo de caso na região metropolitana de Santarém, Pará**. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2019, 124 p. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/38108/1/2019_MoemaGuimar%C3%A3esdeAzeredoMorgado.pdf. Acessado em mar./2021.

MORAES, Fernanda Dias de et al. Assessment of biomarkers in the neotropical fish *Brycon amazonicus* exposed to cypermethrin-based insecticide. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 2, p. 188–197, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10646-017-1884-2>. Acessado em nov./2021.

MOURA, Emerson Eduardo Silva de. **Determinação da toxicidade aguda e caracterização de risco ambiental do herbicida Roundup (glifosato) sobre três espécies de peixes.**

Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. 58 f. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12486>. Acessado em jan./2021.

NAZAR, Maria Loreto; QUINTERO, Eric Henrold; CAMPOS, José Julio Ferraz De. **Testes De Toxicidade Aguda: Ferramentas Úteis Para Definir O Estado Ambiental Dos Ecossistemas.** 2005. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.3327.4648>. Acessado em mar./2022.

NETO, Herberto Gabriel Ferreira; PEREIRA, Cássio Alves; ALMEIDA, Everaldo Nascimento de. Dinâmica da produção de alimentos na região de Santarém, Oeste do Pará. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 4, n. 12, Jan/Jun. 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1121529>. Acessado em mar./2022.

NEVES, Luanna do Carmo et al. Effect of formalin in early stages of the freshwater neotropical catfish, *Lophiosilurus alexandri*. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 73, p. 103277, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668919301516>. Acessado em nov./2021.

NIMET, Jardel et al. Histopathological alterations in gills of a fish (*Astyanax bifasciatus*) in neotropical streams: negative effects of riparian forest reduction and presence of pesticides. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 1, p. 58, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-019-8030-y>. Acessado em mar./2022.

NIMMO, D.R. Pesticides. In: RAND, G.M. e PETROCELLI, S.R., (Ed.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications.** New York: Hemisphere, 1985. p. 335-373.

NUNES, E. S. S. et al. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 139-143, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v41n1/28151.pdf>. Acessado em mar./2020.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals – Fish, Prolonged Toxicity Test: 14-day Study.** Guideline 204, 1984, 9p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Fish, Acute Toxicity Test.** Guideline 203, 1992, 9p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Daphnia magna Reproduction Test.** Guideline 211, 1998,

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Daphnia sp., Acute Immobilization Test.** Guideline 202, 2004, 12p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **Teste No. 203: Fish, Acute Toxicity Test.** OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris, 2019. Disponível em: doi.org/10.1787/9789264069961-en. Acessado em set./2020.

OLIVEIRA, Camila Cardoso et al. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 76p. 2013. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-controle_ial_2013.pdf?attach=true. Acessado em ago./2019.

OLIVEIRA, Cyntia Meireles de; SANTANA, Antônio Cordeiro de; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 23–31, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672013000100004&lng=pt&tlng=pt. Acessado em mar./2022.

OLIVEIRA, Lígia Carvalho Dias et al. Toxicological, hematological and immunological effects of levamisole and ivermectin diet supplementation on *Colossoma macropomum* (Serrasalmidae). **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 136, n. 3, p. 255–263, 2019. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/dao/v136/n3/p255-263/>. Acessado em nov./2020.

OLIVEIRA, Luciana Fernandes de et al. Triple-mixture of Zn, Mn, and Fe increases bioaccumulation and causes oxidative stress in freshwater neotropical fish: Triple metal-mixture effects in freshwater fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 37, n. 6, p. 1749–1756, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.4133>. Acessado em mar./2022.

OLIVEIRA, Sabrina Elisa et al. Atrazine promotes immunomodulation by melanomacrophage centre alterations in spleen and vascular disorders in gills from *Oreochromis niloticus*. **Aquatic Toxicology**, v. 202, p. 57–64, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X18303345>. Acessado em ago./2021.

OLIVEIRA, Susanne Regina Nazaré de et al. Toxicity of *Lippia origanoides* essential oil in tambaqui (*Colossoma macropomum*) and its effect against *Aeromonas hydrophila**. **Bol. Inst. Pesca**, v.44, n.2, p.1–7, 2018. Doi: 10.20950/1678-2305.2018.346. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/1298/1272>. Acessado em jan./2021.

ORUÇ, Elif Özcan. Oxidative stress, steroid hormone concentrations and acetylcholinesterase activity in *Oreochromis niloticus* exposed to chlorpyrifos. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 96, n. 3, p. 160–166, 2010. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048357509001527>. Acessado em mar./2022.

OSORIO, Raissa Macedo Lacerda. **A produção de soja no oeste do Pará: a tomada de decisão do produtor rural e as características da atividade produtiva em meio à floresta amazônica**. 2018. 174 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33908>. Acessado em jun./2020.

OYA-SILVA, Laís Fernanda et al. Tissue-specific genotoxicity and antioxidant imbalance of titanium dioxide nanoparticles (NPTiO₂) and inorganic lead (PbII) in a neotropical fish species. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 82, p. 103551, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668920302283>. Acessado em jan./2022.

PARACAMPO, Ariel et al. Acute toxicity of chlorpyrifos to the non-target organism *Cnesterodon decemmaculatus*. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 25, n. 1, p. 96–103, 2015. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09603123.2014.903903>. Acessado em mar./2021.

PARKE, D. **Principles of Ecotoxicology**. Editado por Gordon C. Butler. (ESCOPO 12.) John Wiley & Sons, Chichester – New York – Brisbane – Toronto: Xxii 350 p, 1978. Conservação Ambiental, v., n. 3, p. 254 -255. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0376892900007864>. Acessado em ago./2020.

PARRINO, V. et al. Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits. **The European Zoological Journal**, v. 85, n. 1, p. 193–199, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24750263.2018.1460694>. Acessado em jan./2022.

PENNA, M. A. H. et al. Growth of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) (Characiformes: Characidae): which is the best model?. **Brazilian Journal of Biology**, v.65, n.1, p.129-139, 2005. Doi: 10.1590/S1519-69842005000100017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842005000100017. Acessado em fev./2020.

PERES, Frederico; MOREIRA, Josino Costa. **É veneno ou é remédio?** Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2003. ISBN: 85-7541-031-8.

PERSCH, Tanilene Sotero Pinto et al. Changes in intermediate metabolism and oxidative balance parameters in sexually matured three-barbeled catfishes exposed to herbicides from rice crops (Roundup®, Primoleo® and Facet®). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 58, p. 170–179, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668918300048>. Acessado em nov./2021.

PIETRZAK, Damian et al. Fate of selected neonicotinoid insecticides in soil–water systems: Current state of the art and knowledge gaps. **Chemosphere**, v. 255, p. 126981, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653520311747>. Acessado em mar./2022.

PIGNATI, Wanderlei Antonio et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021003281&lng=pt&tlng=pt. Acessado em mai./ 2021.

PINHEIRO, João Paulo Silva et al. Paternal exposure to aluminum, acidity, and temperature affect fatty acid seminal profile, embryonic and larval development of *Astyanax altiparanae*. **Chemosphere**, v. 266, p. 128935, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653520331325>. Acessado dez./2021.

POSTIGO, Cristina et al. Investigative monitoring of pesticide and nitrogen pollution sources in a complex multi-stressed catchment: The lower Llobregat River basin case study

(Barcelona, Spain). **Science of The Total Environment**, v. 755, p. 142377, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720359064>. Acessado em jan./2022.

PRESTES, E.B. et al. Avaliação da Toxicidade Aguda de Piraclostrobin, Epoxiconazol e sua Mistura em *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Ecotoxicol. Environ. Contam.**, v. 8, n. 1, p.125-128, 2013. Doi: 10.5132/eec.2013.01.018. Disponível em: <http://ecotoxbrasil.org.br/upload/0733c9a1bfea3a954c2b377e49509860-018-eec-3884-125-128.pdf>. Acessado em jan./2021.

PUBCHEM [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2020-. **PubChem Compound Summary for CID 86287518, Imidacloprid**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Imidacloprid>. Acessado em nov./2020.

PUBCHEM [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2020-. **PubChem Compound Summary for CID 3496, Glyphosate**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glyphosate>. Acesso em nov./2020.

PUBCHEM [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; 2020-. **PubChem Compound Summary for CID 2730, Chlorpyrifos**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlorpyrifos>. Acessado em nov./2020.

QADIR S.; IQBAL, F. Efeito da concentração subleatal de imidaclopride na histologia do coração, fígado e rim em *Labeo rohitr*. **Jornal de Ciências Farmacêuticas do Paquistão**. V.29, n. 6, p.2033 – 2038, 2016. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1079.589&rep=rep1&type=pdf>. Acessado em mar./2022.

QUATRIN, Gustavo D. et al. New analytical method for chlorpyrifos determination in biobeds constructed in Brazil: Development and validation. **Journal of Chromatography B**, v. 1157, p. 122285, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1570023220302464>. Acessado em nov./2021.

QUEIROZ, João Vitor de et al. Metalloproteomic Strategies for Identifying Proteins as Biomarkers of Mercury Exposure in *Serrasalmus rhombeus* from the Amazon Region. **Biological Trace Element Research**, v. 199, n. 2, p. 712–720, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s12011-020-02178-9>. Acessado em mar./2022.

RAMSDORG, Wanessa. **Avaliação da toxicidade dos compostos fipronil, nitrato de chumbo e naftaleno em peixes**. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Paraná. 178f. Curitiba, 201. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/27116>. Acessado em ago./2019.

RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. **Fundamentals of aquatic toxicology**. Washington. 1985. 665p.

RAO, J. V. et al. Toxicity of Chlorpyrifos to the Fish *Oreochromis mossambicus*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 70, n. 5, p. 0985–0992, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00128-003-0079-0>. Acessado em jan./2020.

REIS, R. E. Conserving the freshwater fishes of South America. **International Zoo Yearbook**, v.47, p.65-70, 2013. Doi: 10.1111/izy.12000 Disponível em: <https://zslpublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/izy.12000>. Acessado em mai./2020.

REIS, Vanessa Ribeiro. **Feminização de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) com administração de 17 β -estradiol na dieta**. (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, 77f, Manaus, 2015. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4795>. Acessado em mai./2019.

REIS, R. E. et al. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v.89, n.1, p.12-47, 2016. Doi: doi:10.1111/jfb.13016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jfb.13016>. Acessado em jul./2019.

RESGALLA Jr. C.; LAITANO, K. S. Sensibilidade dos organismos marinhos utilizados em testes de toxicidade no Brasil. **Notas Téc. Facimar**, v.6, n.1, p. 153-163, 2002. Itajaí, SC. Disponível em: <https://doi.org/10.14210/bjast.v6n1.p153-163>. Acessado em nov./2019.

RIBEIRO, Yves Moreira et al. Biomarker responses induced by bisphenol A on spermatogenesis in a Neotropical teleost fish are temperature-dependent. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 224, p. 112670, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014765132100782X>. Acessado em jan./2022.

ROCHA, Alysso Soares da. **Toxicidade aguda e subaguda do triclorfon em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1836)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical). Universidade Federal do Tocantins. 66f. Tocantins, 2009. Disponível em: <https://docs.uft.edu.br/share/s/ty8RC--4SG2IWuVWY-MdDw>. Acessado em jan./2020.

ROCHA, Carlos Alberto Machado da et al. Studies of micronuclei and other nuclear abnormalities in red blood cells of *Colossoma macropomum* exposed to methylmercury. **Genet. Mol. Biol.**, São Paulo, v.34, n.4, p.694-697, 2011. Doi: 10.1590/S1415-47572011000400024. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572011000400024&lng=en&nrm=iso. Acessado em jan./2021.

RODA, Jéssica Fernanda Bernardes et al. Microplastics and copper effects on the neotropical teleost *Prochilodus lineatus*: Is there any interaction? **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 242, p. 110659, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1095643320300118>. Acessado em jun./2021.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim Instituto Pesca**, São Paulo, v.40, n.1, p.13–145, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270217459_Nutricao_e_alimentacao_do_tambaqui_Colossoma_macropomum. Acessado em jan./2020.

RODRIGUES, Déborah Oliveira *et al.* Avaliação Ecotoxicológica Preliminar das Águas das Bacias Hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. **Acta Amazônica**, v. 39, n.4, p. 935-942, set./ 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400021>. Acessado em jul./2020.

RODRIGUES, Mônica de Cássia. **Aplicação de Cartas de Controle nas Análises de Rotina do Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora, 104f. Juiz de Fora – MG, 2015. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFJF_94164a972a45701c36316674fc74a6d7. Acessado em jun./2020.

RONCO, A., Báez, M. C. D., Granados, Y. P. In: **Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas – Estandarización, Intercalibración, Resultados y Aplicaciones**; Morales, G. C., ed.; 190p. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo: Ottawa, cap. 1, 2004. Disponível em: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/26391/IDL-26391.pdf?sequence=106&isAllowed=y>. Acessado em fev./ 2020.

ROSA, Nathaly Nunes da *et al.* Sensibilidade do peixe *Phalloceros caudimaculatus* para os sais dicromato de potássio, nitrato de cádmio, nitrato de chumbo e sulfato de zinco. **Natural Resources**, v. 3, n. 2, p. 31–31, 2013. Disponível em: <https://www.sustenere.co/index.php/naturalresources/article/view/ESS2237-9290.2013.002.0026>. Acessado em jan./2022.

ROTOLO, Flavio *et al.* Historical control data in ecotoxicology: Eight years of tests with the copepod *Acartia tonsa*. **Environmental Pollution**, v. 284, p. 117468, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749121010502>. Acessado em mar./2022.

SÁENZ ISLA, Luis Alberto. **O uso de peixes em estudos experimentais ecotoxicológicos "in situ", avaliando os efeitos da poluição aquática urbana em reservatórios**. 2016. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e manejo da Vida Silvestre) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 94f. 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-ADXG8Y>. Acessado em: jan./2020.

SAINT-PAUL, Ulrich. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: A review. **Aquaculture**, v.54, n.3, p.205-240, 1986, Doi: 10.1016/0044-8486(86)90329-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/00448486903297>. Acessado em fev./2020.

SAKURAGUI, Marise Margareth *et al.* Crude extract of cyanobacterium *Radiocystis fernandoi* strain R28 induces anemia and oxidative stress in fish erythrocytes. **Toxicol**, v. 169, p. 18–24, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0041010119304258>. Acessado em nov./2021.

SALAKO, Abdulbashir Femi *et al.* Comparative acute toxicity of three pyrethroids (Deltamethrin, cypermethrin and lambda-cyhalothrin) on guppy fish (*Poecilia reticulata* peters, 1859). **Scientific African**, v. 9, p. e00504, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468227620302428>. Acessado em jan./2022.

SALAZAR-LUGO, R. et al. Paraquat and temperature affect nonspecific immune response of *Colossoma macropomum*. **Elsevier: Environmental Toxicology and Pharmacology**, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, v.27, n.3, p. 321-326, mai./2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.11.010>. Acessado em ago./2020.

SÁNCHEZ-BAYO, Francisco; GOKA, Kouichi. Unexpected effects of zinc pyriithione and imidacloprid on Japanese medaka fish (*Oryzias latipes*). **Aquatic Toxicology**, v. 74, n. 4, p. 285–293, 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X05001785>. Acessado em mar./2022.

SÁNCHEZ, Jessica Andrea Albañil et al. Histological evaluation of vital organs of the livebearer *Jenynsia multidentata* (Jenyns, 1842) exposed to glyphosate: A comparative analysis of Roundup® formulations. **Chemosphere**, v. 217, p. 914–924, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653518321179>. Acessado em out./2021

SANTOS, Ana Paula Rezende dos et al. A glyphosate-based herbicide induces histomorphological and protein expression changes in the liver of the female guppy *Poecilia reticulata*. **Chemosphere**, v. 168, p. 933–943, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653516315077>. Acessado em jan./2022.

SANTOS, Soraia Baia dos. **Toxicidade aguda do pesticida clorpirifós de formulação comercial em tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818)**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biociências. Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2019. 87p. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/480>. Acessado em jan./2021.

SANTOS, Thamiris Pinheiro et al. Thyroxine, levothyroxine, and thyroxine complexed into cyclodextrin changed animal behavior, oxygen consumption, and photopic electroretinogram of *Colossoma macropomum*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 45, n. 3, p. 1177–1187, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10695-019-00630-9>. Acessado em mar./2022.

SADAUSKAS-HENRIQUE, Helen et al. Does dissolved organic carbon from Amazon black water (Brazil) help a native species, the tambaqui *Colossoma macropomum* to maintain ionic homeostasis in acidic water? **Journal of Fish Biology**, v. 94, n. 4, p. 595–605, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfb.13943>. Acessado em mar./2022.

SAUER, Sérgio; PIETRAFESA, José Paulo. Novas fronteiras agrícolas na Amazônia: expansão da soja como expressão das agroestratégias no Pará. **Revista ACTA Geográfica**, p. 245–264, 2013. Disponível em: <http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/1974/1251>. Acessado em jan./2022.

SAUER, Sérgio. Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts. **Land Use Policy**, v. 79, p. 326–338, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837718300863>. Acessdo em jan./2022.

SCHLESINGER, Sergio; NORONHA, Silvia. **Brasil está nu!** o avanço da monocultura da soja, o grão que cresceu demais. [s.l.]: Federação de Órgãos para Assistência Social e

Educacional (FASE), Rio de Janeiro, BR, 2006. Disponível em: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/36579>. Acessado em mar./2022.

SEIXAS, Arthur Tavares et al. Effect of nutraceuticals on acanthocephalan *Neoechinorhynchus buttnerae* and its toxicity to the host tambaqui *Collossoma macropomum*. **Journal of Helminthology**, v. 94, p. e102, 2020. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0022149X19000956/type/journal_article. Acessado em out./2021.

SEIXAS, Arthur Tavares et al. Copaifera oleoresins as a novel natural product against acanthocephalan in aquaculture: Insights in the mode of action and toxicity. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 11, p. 4681–4688, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.14813>. Acessado em out./2021.

SEIXAS, Luana Barbosa; CONTE-JUNIOR, Carlos Adam; SANTOS, Alejandra Filippo Gonzalez Neves dos. How much fluctuating asymmetry in fish is affected by mercury concentration in the Guanabara Bay, Brazil? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 9, p. 11183–11194, 2021. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-020-11240-x>. Acessado em mar./2022.

SHARBIDRE, Archana A.; METKARI, Vimal; PATODE, Priyanka. Effect of methyl parathion and chlorpyrifos on certain biomarkers in various tissues of guppy fish, *Poecilia reticulata*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 101, n. 2, p. 132–141, 2011. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048357511001398>. Acessado em mar./2022.

SHIROMA, Letícia Sayuri et al. Evaluation of health and environmental risks for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to florfenicol. **Heliyon**, v. 6, n. 12, p. e05716, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844020325597>. Acessado em nov./2021.

SHUKLA, Rohitashva; BHAT, Anuradha. Morphological divergences and ecological correlates among wild populations of zebrafish (*Danio rerio*). **Environmental Biology of Fishes**, v. 100, n. 3, p. 251–264, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0576-3>. Acessado em jan./2022.

SILVA, Alessandra de Sousa. **Avaliação do efeito toxicológico de atrazina na retina de alevinos de *Collossoma macropomum* (CUVIER, 1818)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Oeste do Pará, 2018. 69p. Disponível: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFOPA-2_74212c00b5a5eec2a346e9624ca5bf6f. Acessado em mar./2021.

SILVA, André Luiz N. et al. Transaminase profile and hepatic histopathological traits in *Piaractus mesopotamicus* exposed to insecticide Diflubenzuron. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 17, p. 22002–22010, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11356-020-12013-2>. Acessado em jan./2022.

SILVA, Emanuelle Pereira da et al. Genotoxic effect of heavy metals on *Astyanax lacustris* in an urban stream. **Heliyon**, v. 6, n. 9, p. e05034, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844020318776>. Acessado em mar./2022.

SILVA, Grazyelle Sebreński da. **Influência dos contaminantes ambientais Benzo[a]pireno e Roundup® sobre *Colossoma macropomum* submetida à hipóxia e mudanças climáticas: respostas genéticas, fisiológicas e histológicas.** Tese (em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 168f. Manaus, 2016. Disponível em: <https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/2251>. Acessado em mai./2020.

SILVA, Grazyelle Sebreński da et al. Gene expression, genotoxicity, and physiological responses in an Amazonian fish, *Colossoma macropomum* (CUVIER 1818), exposed to Roundup® and subsequent acute hypoxia. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 222, p. 49–58, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045618302837>. Acessado em mar./2022.

SILVA, Hallana Cristina Menezes et al. Trichlorfon acute lethal toxicity to juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 2, p. 863–866, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.14412>. Acessado em mar./2022.

SILVA, Jaqueline Maria da. **Avaliação da sensibilidade de *Colossoma macropomum* G. Cuvier, 1818 (tambaqui) como espécie sentinela para o herbicida trifluralina.** Tese (Doutorado na Rede Nordeste de Biotecnologia). Universidade Federal de Alagoas. 86f. MACEIÓ- AL. 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1811>. Acessado em jan./2020.

SILVA, Márcio José dos Santos et al. Biological responses of Neotropical freshwater fish *Lophiosilurus alexandri* exposed to ammonia and nitrite. **Science of The Total Environment**, v. 616–617, p. 1566–1575, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896971732867X>. Acessado em mai./2021.

SILVA, Marlene Rodrigues *et al.* Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais. SaBios: **Rev. Saúde e Biol. Maringá**, Paraná, v.8, n.2, p.46-58, mai/ago./2013. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/899/519>. Acessado em jun./2020.

SILVA, Rodrigo de Cássio da et al. Comparative bioaccumulation and effects of purified and cellular extract of cylindrospermopsin to freshwater fish *Hoplias malabaricus*. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 81, n. 14, p. 620–632, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15287394.2018.1469101>. Acessado em jan./2022.

SIHTMÄE, M. et al. Ecotoxicological effects of different glyphosate formulations. **Applied Soil Ecology**, v. 72, p. 215–224, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139313001923>. Acessado em mar./2022.

SMITH, Chelsea M.; VERA, Madeline K.M.; BHANDARI, Ramji K. Developmental and epigenetic effects of Roundup and glyphosate exposure on Japanese medaka (*Oryzias latipes*). **Aquatic Toxicology**, v. 210, p. 215–226, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X18310713>. Acessado em jan./2022.

SOARES, A. M. V. M; CALOW, P. Buscando padronização em ecotoxicologia. In: AMVM SOARES e P. CALOW, eds. **Progresso na padronização do teste de toxicidade aquática**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

SOARES, Dayane Fonseca et al. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.** v.22, n.2, p. 277-284, mar/abr 2017. MG, Brasil. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016139118>. Acessado jun./2020.

SOUZA, Iara da C. et al. Nanoparticle transport and sequestration: Intracellular titanium dioxide nanoparticles in a neotropical fish. **Science of The Total Environment**, v. 658, p. 798–808, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718349878>. Acessado em jan./2022.

SOARES, Priscila Rafaela Leão et al. Acute and chronic toxicity of the benzoylurea pesticide, lufenuron, in the fish, *Colossoma macropomum*. **Chemosphere**, v.161, p.412-421, 2016. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.033. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653516309286?via%3Dihub>. Acessado em dez./2020.

SOUZA, Renata Mariane de, et al. Occurrence, Impacts and General Aspects of Pesticides in Surface Water: A Review. **Process Safety and Environmental Protection**, vol. 135, março de 2020, p. 22–37. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.035>. Acessado em jan./2022).

SOUZA, Samara Silva de et al. Severe damages caused by Malathion exposure in *Colossoma macropomum*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 205, p. 111340, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0147651320311775>. Acessado em mar./2022.

SOUZA, Thallis M. et al. Recovering and Applying Potassium Dichromate from Sulphochromic Waste. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, 2014. Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1984-6835.20140031>. Acessado em mar./2022.

SOUZA, Thayana Cruz. **Toxicidade aguda de agrotóxicos e Curva de Sensibilidade de Espécies para peixes amazônicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia). Universidade Federal do Amazonas. 63f. 2014. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5277>. Acessado em ago./ 2020.

SPIR, U.; OZCAN, M. Imidacloprid toxicity: effects on the clastogenic response of carp (*Cyprinus carpio*) fry. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 19, n. 6, p. 4349–4355, 2021. Disponível em: http://aloki.hu/pdf/1906_43494355.pdf. Acessado em jan./2022.

SREELEKSHMI, S. et al. Analysis of neuroendocrine factors in response to conditional stress in zebrafish *Danio rerio* (Cypriniformes: Cyprinidae). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 252, p. 109242, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532045621002696>. Acessado em jan./2022.

STARNER, Keith; GOH, Kean S. Detections of the Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid in Surface Waters of Three Agricultural Regions of California, USA, 2010–2011. **Bull Environ**

Contam Toxicol, v.88, p.316–321, 2012. DOI 10.1007/s00128-011-0515-5. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-011-0515-5>. Acessado em jan./2021.

STECKERT, Lilian D. et al. Trace elements and microbiological parameters in farmed Nile tilapia with emphasis on muscle, water, sediment and feed. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 54, n. 4, p. 237–246, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03601234.2018.1550308>. Acessado em nov./2021.

STREIT, J. R. D. P. et al. **Recomendações técnicas para a reprodução do tabaqui**. Embrapa, 29, 2012. Documento 212.

SUNDFELD, Penido Juliana. **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos com amostras de água e sedimento do Ribeirão Limeira**. Tese (Doutorado em ciências). Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.147f. Piquete/Lorena SP, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97131/tde-03102012-115318/pt-br.php>. Acessado em jun./ 2020.

TAVARES, Driele et al. Biochemical and morphological biomarkers of the liver damage in the Neotropical fish, *Piaractus mesopotamicus*, injected with crude extract of cyanobacterium *Radiocystis fernandoi*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 16, p. 15349–15356, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-018-1746-3>. Acessado em dez./2021.

TEIXEIRA, Jhonnes Marcos dos Santos et al. Acute toxicity and effects of Roundup Original® on pintado da Amazônia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 25, p. 25383–25389, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2630-x>. Acessado em mar./2022.

TEREKHOVA, Vera A. et al. Bioassay standardization issues in freshwater ecosystem assessment: test cultures and test conditions. **Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems**, n. 419, p. 32, 2018. Disponível em: <https://www.kmae-journal.org/10.1051/kmae/2018015>. Acessado em out./2021.

TESSER, Maria Eduarda et al. Sublethal effects of waterborne copper and copper nanoparticles on the freshwater Neotropical teleost *Prochilodus lineatus*: A comparative approach. **Science of The Total Environment**, v. 704, p. 135332, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719353240>. Acessado em mar./2022.

TIŠLER, Tatjana et al. Hazard identification of imidacloprid to aquatic environment. **Chemosphere**, v. 76, n. 7, p. 907–914, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653509005815>. Acessdo em fev./2022.

TOMITA, R.Y.; BEYRUTH, Z. **Toxicologia de agrotóxico em ambiente aquático**. Biológico, v. 64, n. 2, p.135-142, jul./dez 2002. São Paulo. Brasil. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v64_2/tomita.pdf. Acessado em fev./2020.

TOPAL, Ahmet et al. In vivo changes in carbonic anhydrase activity and histopathology of gill and liver tissues after acute exposure to chlorpyrifos in rainbow trout. **Archives of**

Industrial Hygiene and Toxicology, v. 65, n. 4, p. 377–385, 2014. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/10004-1254-65-2014-2547>. Acessado em jan./2022.

TOMIZAWA, Motohiro; CASIDA, John E. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of Selective Action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 45, n. 1, p. 247–268, 2005. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930>. Acessado em dez./2020.

TRIGUEIRO, Nicholas Silvestre de Souza et al. Co-exposure of iron oxide nanoparticles and glyphosate-based herbicide induces DNA damage and mutagenic effects in the guppy (*Poecilia reticulata*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 81, p. 103521, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668920301976>. Acessado em jan./2022.

TRUHAUT, René. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. **Elsevier: Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.1, n.2, p. 151-173. Set./1977. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(77\)90033-1](https://doi.org/10.1016/0147-6513(77)90033-1). Acessado em Ago./2020.

TYOR, AK; HARKKRISHAN, K. Effects of imidacloprid on viability and hatchability of embryos of the common carp (*Cyprinus carpio L.*). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v.4, n.4, p.385-389, 2016. Disponível em: <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2016/vol4issue4/PartE/4-4-33-758.pdf>. Acessado em mar./2022.

US EPA – Environmental Protection Agency. Ecological Effects Test Guidelines Oppts 850.1010 **Aquatic Invertebrate Acute Toxicity Test, Freshwater Daphnids**. Washington. USA. 1996. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100G6PW.PDF?Dockey=P100G6PW.PDF>. Acessado em jul./2020.

US EPA – United States Environmental Protection Agency. EPA-821-R- 02-1. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 5ª ed. October, 275p. Washington. USA. 2002. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/acute-freshwater-and-marine-wet-manual_2002.pdf. Acessado em dez./2020.

US EPA – United States Environmental Protection Agency. **Problem formulation for imidacloprid environmental fate and ecological risk assessment**. US EPA, Washington, DC, 2008. Disponível em: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2009-0081-0108>. Acessado em dez./2020.

US EPA. United States Environmental Protection Agency. **Ecological Effects Test Guidelines OCSPP 850.1075: Freshwater and Saltwater Fish Acute Toxicity Test**. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention (OCSPP), 2016. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100SH65.txt>

VAL, A. L. et al. Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task. **South African Journal of Zoology**, v.33, n.2, p.107-114, 1998. Doi:

10.1080/02541858.1998.11448459. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02541858.1998.11448459>. Acessado em out./2020.

VAN DER OOST, Ron *et al.* Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk Assessment: a review. **Elsevier: Environmental Toxicology and Pharmacology**, Amsterdam, the Netherlands, v. 13, p. 57-149. 2003. Doi: 10.1016/S1382-6689(02)00126-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668902001266>. Acessado em jan./2019.

VAN DIJK, Tessa C. et al. Macro-Invertebrate Decline in Surface Water Polluted with Imidacloprid. **Journals plos one**, v.8, n.5, p. e62374. Doi: 10.1371/journal.pone.0062374. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0062374>. Acessado em jan./2021.

VEIGA, Marcelo Leite *et al.* Histopathologic Changes in the Kidney Tissue of *Prochilodus lineatus* Valenciennes, 1836 (Characiformes, Prochilodontidae) Induced by Sublethal Concentration of Trichlorfon Exposure. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. São Paulo, Brazil, v.45, n. 2, p. 171-175, Jun./2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/babt/v45n2/11436.pdf>. Acessado em fev./2020.

VELÍŠEK J. et al. Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.23, n.3, p.297–301. 2007. Doi:10.1016/j.etap.2006.11.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668906001554>. Acessado em jan./2021.

VENTURA, Bruna de Campos et al. Mutagenic and genotoxic effects of the Atrazine herbicide in *Oreochromis niloticus* (Perciformes, Cichlidae) detected by the micronuclei test and the comet assay. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.90, n.1, p.42–51, 2008. Doi: 10.1016/j.pestbp.2007.07.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048357507001101?via%3Dihub>>. Acessado em jan./2021.

VIANA, H.C. et al. Aggregation of hepatic melanomacrophage centers in *S. herzbergii* (Pisces, Ariidae) as indicators of environmental change and well-being. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 4, p. 868–876, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352021000400868&tlng=en. Acessado em dez./2021.

VIANA, Lucilene Finoto et al. Erythrocyte Nuclear Abnormalities in *Astyanax lacustris* in Response to Landscape Characteristics in Two Neotropical Streams. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 75, n. 2, p. 327–334, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00244-017-0476-8>. Acessado em dez./2021.

VIANA, Lucilene Finoto et al. The Response of Neotropical Fish Species (Brazil) on the Water Pollution: Metal Bioaccumulation and Genotoxicity. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 75, n. 3, p. 476–485, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00244-018-0551-9>. Acessado em dez./2021.

VIANA, Lucilene Finoto et al. Bioaccumulation of metal in liver tissue of fish in response to water toxicity of the Araguari-Amazon River, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 12, p. 781, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-020-08696-2>. Acessado em dez./2021.

VICARI, Taynah et al. Co-exposure to titanium dioxide nanoparticles (NpTiO₂) and lead at environmentally relevant concentrations in the Neotropical fish species *Hoplias intermedius*. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 1032–1043, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221475001830088X>. Acessado em dez./2021.

VIEIRA, Carlos Eduardo Delfino et al. DNA damage and oxidative stress induced by imidacloprid exposure in different tissues of the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Chemosphere**, v. 195, p. 125–134, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653517320477>. Acessado em jan./2022.

WALKER, C. H., et al. **Principles of ecotoxicology**. 3^o ed. New York: CRC Press, 2006.

WALKER, C. H. et al. **Principles of ecotoxicology**. 4^o ed. London, New York. CRC Press: Taylor & Francis Group, 2012. 352p.

WAN, Yanjian et al. Neonicotinoids, fipronil, chlorpyrifos, carbendazim, chlorotriazines, chlorophenoxy herbicides, bentazon, and selected pesticide transformation products in surface water and drinking water from northern Vietnam. **Science of The Total Environment**, v. 750, p. 141507, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720350361>. Acessado em mar./2022.

WANG, Yanhua et al. Toxicity of mixtures of λ -cyhalothrin, imidacloprid and cadmium on the earthworm *Eisenia fetida* by combination index (CI)-isobologram method. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.111, p.242–247. 2015. Doi:10.1016/j.ecoenv.2014.10.015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651314004813>. Acessado em jan./2021.

WANG, Shizong et al. (Bio)degradation of glyphosate in water-sediment microcosms - A stable isotope co-labeling approach. **Water Research**, v. 99, p. 91–100, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135416302391>. Acessado em mar./2022.

WEPENER, V. et al. An assessment of the influence of multiple stressors on the Vaal River, South Africa. **Elsevier: Physics and Chemistry of the Earth, Antwerp, Belgium**, v. 36, n. 14-15, p. 949-962, ago./2011. Doi: 10.1016/j.pce.2011.07.075. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706511002154>. Acessado em mai./2020.

WHO: WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Glyphosate and AMPA in Drinking-water**: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. copyright World Health Organization, p. 9, 2005. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/glyphosateampa290605.pdf. Acessado em mar./2022.

WOOD, C.M., et al. The physiology of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*) at pH 8.0. **J Comp Physiol B**, v.188, p.393–408, 2018. Doi: 10.1007/s00360-017-1137-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00360-017-1137-y>. Acessado em jan./2021.

WOYNAROVICH, E. **Manual de piscicultura**. Traduzido por MELO, M. J. Brasília: CODEVASF, 1993. 71p.; IL. CDU 639.311.

XIA, Xiaohua et al. Toxic effects of imidacloprid on adult loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 45, p. 132–139, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1382668916301363>. Acessado em fev./2022.

XIA, Chunlei et al. Aquatic Toxic Analysis by Monitoring Fish Behavior Using Computer Vision: A Recent Progress. **Journal of Toxicology**, v. 2018, p. 1–11, 2018. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jt/2018/2591924/>. Acessado em jan./ 2022.

YEARLEY, Roger B.; LAZORCHAK, James M.; PENCE, Michael A. Evaluation of alternative reference toxicants for use in the earthworm toxicity test. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 14, n. 7, p. 1189–1194, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.5620140710>. Acessado em jan./2021.

YOUSEFI, Masoud; JOULADEH-ROUDBAR, Arash; KAFASH. Anoshe. Using endemic freshwater fishes as proxies of their ecosystems to identify high priority rivers for conservation under climate change. **Ecological Indicators**, v. 112, p. 106137, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1470160X20300741>. Acessado em jan./2022.

ZAGATTO, P. A. **Ecotoxicologia Aquática** IN: VII Congresso Brasileiro de limnologia, Florianópolis, 1999. Minicurso. Florianópolis, UFSC, 124p.

ZAGATTO, Pedro Antônio. **Capítulo 1:** ecotoxicologia. p. 01-13. *In Ecotoxicologia aquática – Princípios e aplicações/ organizado por Pedro A. Zagatto e Eduardo Bertoletti – São Carlos: RiMa, 2006.*

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática – Princípios e Aplicações**. Editora Rima, São Carlos, 2006. 464 p.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações**, 2 ed. Editora Rima, São Paulo, pp 1-13. 2010.

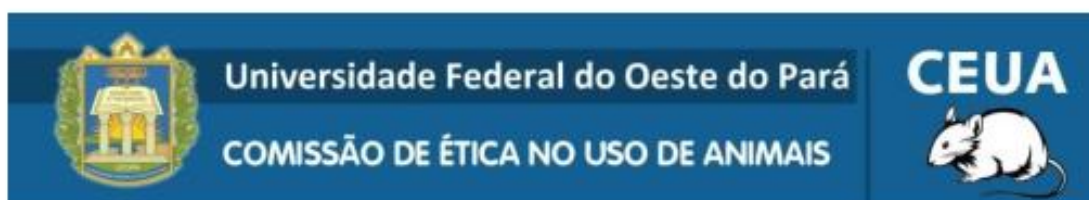
ZEBRAL, Yuri Dorneles et al. Waterborne copper is more toxic to the killifish *Poecilia vivipara* in elevated temperatures: Linking oxidative stress in the liver with reduced organismal thermal performance. **Aquatic Toxicology**, v. 209, p. 142–149, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166445X18309858>. Acessado em nov./2021.

ZHAN, Hui et al. Recent advances in glyphosate biodegradation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 12, p. 5033–5043, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9035-0>. Acessado em nov./2021.

ZHELEV, Zh.; MOLLOVA, D.; BOYADZIEV, P. Morphological and hematological parameters of *Carassius Gibelio* (Pisces: Gyprinidae) in conditions of anthropogenic pollution in Southern Bulgaria. Use of hematological parameters as biomarkers. **Trakia Journal of Science**, v. 14, n. 1, p. 1–15, 2016. Disponível em: [http://www.uni-sz.bg/tsj/Vol.14,%20N%201,%202016/J.Jelev%20\(1\).pdf](http://www.uni-sz.bg/tsj/Vol.14,%20N%201,%202016/J.Jelev%20(1).pdf). Acessado em jan./2022.

ZUFFO, Tais Inês et al. Lethal temperature and toxicity of ammonia in juveniles of Curimbatá (*Prochilodus lineatus*). **Aquaculture**, v. 545, p. 737138, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848621008012>. Acessado em mar./2022.

ANEXO



CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo N° 0120210118, intitulado *Validação da espécie Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) como organismo teste para uso em ensaios ecotoxicológicos*, sob a responsabilidade de **Ruy Bessa Lopes**, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), tendo sido aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA.

CERTIFICATE

We certify that the protocol N° 0120210118, entitled "*Validação da espécie Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) como organismo teste para uso em ensaios ecotoxicológicos*", is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA). This project was approved by the institutional Commission for Ethics in the Use of Animals of Universidade Federal do Oeste do Pará.

Santarém-PA, 07/06/2021

Prof. Dra. Adriana Caroprezzi Morini
Presidente