



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

LUCIELE DAMAS PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO MOCAMBINHO, ZONA
URBANA DE TERESINA-PI**

TERESINA

2025

LUCIELE DAMAS PEREIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO MOCAMBINHO, ZONA
URBANA DE TERESINA-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientadora: Prof. Dr. Jovan Marques Lara Junior.

TERESINA

2025

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA DO MOCAMBINHO, ZONA URBANA DE TERESINA-PI

Luciele Damas Pereira¹
Jovan Marques Lara Junior²

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água da Lagoa do Mocambinho, situada em Teresina-PI, considerando o impacto de efluentes urbanos não tratados. Para a análise ecotoxicológica, foram conduzidos bioensaios com *Allium cepa* L. (teste de fitotoxicidade) e *Artemia salina* (teste de toxicidade aguda), visando detectar efeitos letais. As amostragens foram realizadas em dois pontos estratégicos: Ponto 1 (a montante) e Ponto 2 (a jusante), com diferenças visuais na carga de efluentes. Os resultados dos bioensaios com *Allium cepa* L. indicaram variações estatisticamente significativas no incremento do peso dos bulbos no Ponto 1, atribuídas à maior disponibilidade de nutrientes orgânicos. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas no comprimento e na quantidade de raízes entre os pontos amostrados, sugerindo limitação da toxicidade crônica em níveis subletais. Para o ensaio com *Artemia salina*, os valores de concentração letal em 50 %, foram de 0,96% para o Ponto 1 (classificado como altamente tóxico) e 1,96% para o Ponto 2 (moderadamente tóxico), evidenciando maior toxicidade associada às áreas de maior aporte de efluentes. Conclui-se que a qualidade da água da Lagoa do Mocambinho está comprometida, com indícios de poluição orgânica e enriquecimento de nutrientes, favorecendo a eutrofização e a proliferação de macrófitas aquáticas. Esses achados destacam a necessidade de implementação de estratégias de gestão ambiental, monitoramento sistemático da qualidade da água e controle do lançamento de efluentes para mitigar os impactos ecotoxicológicos observados.

Palavras-chave: lagoa; toxicologia ambiental; bioensaios.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the water quality of the Mocambinho Lagoon, located in Teresina-PI, considering the impact of untreated urban effluents. For ecotoxicological analysis, bioassays were conducted with *Allium cepa* L. (phytotoxicity test) and *Artemia salina* (acute toxicity test) to detect lethal effects. Sampling was carried out at two strategic points: Point 1 (upstream) and Point 2 (downstream), with visual differences in effluent load. The results of the bioassays with *Allium cepa* L. indicated statistically significant variations in the increase of bulb weight at Point 1, attributed to the greater availability of organic nutrients. However, no significant differences were observed in root length and quantity between the sampled points, suggesting limited chronic toxicity at sublethal levels. For the *Artemia salina* assay, lethal concentration values were 0.96% for Point 1 (classified as highly toxic) and 1.96% for Point 2 (moderately toxic), indicating higher toxicity associated with areas of greater effluent discharge. It is concluded that the water quality of the Mocambinho Lagoon is compromised, with evidence of organic pollution and nutrient enrichment, favoring eutrophication and the proliferation of aquatic macrophytes. These findings highlight the need for the implementation of environmental management strategies, systematic

¹ Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental. IFPI. Lucielegeamb@gmail.com.

² <http://lattes.cnpq.br/1991191215153213>. IFPI. Jovan.marques@ifpi.edu.br

water quality monitoring, and control of effluent discharge to mitigate the observed ecotoxicological impacts.

Keywords: lagoon; environmental toxicology; bioassays.

Data de aprovação: 07/02/2025

1 INTRODUÇÃO

A lagoa do Mocambinho, localizada na zona urbana de Teresina - Piauí, nordeste do Brasil, possui uma área de 166.280,45 metros quadrados. A lagoa que antes era abandonada, degradada e poluída, foi valorizada por meio da construção do Parque Ambiental Matias Augusto de Oliveira Matos (PAMAOM) no entorno da lagoa (Semplan, 2016). O PAMAOM, inaugurado no ano de 2019, equivale a uma unidade de preservação ambiental da cidade, sendo uma área utilizada pela população para a execução de atividades esportivas e de recreação. O espaço possui pistas para atividades de ciclismo e caminhada, quadra poliesportiva, campo de futebol e áreas destinadas à atividade de educação ambiental e para a promoção de eventos culturais (Pmt, 2019).

Os lagos são ecossistemas aquáticos que desempenham múltiplos papéis para o meio natural, entre estas: a reserva de água, reposição do lençol freático, habitat de espécies variadas, efeitos sob o microclima, possibilidade estética e opções de lazer para a comunidade. Por essa razão, essas massas d'água são avaliadas como ambientes versáteis. Entretanto, as ações antrópicas como o crescimento dos centros industriais, o desenvolvimento de áreas habitacionais e a prática da agricultura, põe em risco a preservação da qualidade da água desses mananciais (Araújo et al., 2006; Kalwa et al., 2013; Hou et al., 2013).

A resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 17 de março de 2005, aborda a classificação dos corpos d'água e menciona que a poluição da água proveniente de resíduos de diversas origens, quando lançados diretamente nos mananciais, pode resultar na deterioração da sua qualidade. Assim, podem ser encontrados contaminantes variados, como produtos químicos orgânicos e inorgânicos, elementos físicos e agentes biológicos (Brasil, 2005).

Os ecossistemas aquáticos de água parada também conhecidos como sistemas lênticos, são acometidos mais bruscamente pela eutrofização, que consiste

no enriquecimento das águas por substâncias fertilizantes que propiciam o crescimento excessivo de plantas aquáticas. No entanto, outros fatores externos como a luz e temperatura da água também atuam como controladores do fenômeno (Lemos et al., 2016). Nesse sentido, a lagoa do Mocambinho, enfrenta desafios semelhantes atualmente, uma vez que a multiplicação descontrolada de macrófitas aquáticas, formam um tapete verde que recobre completamente a sua superfície, afetando a disponibilidade de oxigênio e observando-se a macrofauna local em busca do mesmo recurso. Apesar da construção do PAMAOM, ter implementado melhorias para a qualidade da Lagoa do Mocambinho, ainda persistem desafios, como identificar as fontes específicas de poluição que tem contribuído para manifestação de sintomas ambientais negativos no local. Isso reforça a importância de desenvolver planos de prevenção e recuperação ambiental a fim de garantir o uso sustentável presente e futuro desse recurso (Lemos et al., 2016)

Para garantir isso, é preciso implementar medidas de monitoramento contínuo para acompanhar o progresso desses planos. Ou seja, coletar e analisar dados que revelem o estado do ambiente aquático, incluindo a avaliação de substâncias presentes na água sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (Lemos et al., 2016).

A hipótese deste trabalho é que a qualidade da água da lagoa do Mocambinho está sendo acometida qualitativamente devido às descargas de efluentes provenientes da área urbana dentro do corpo d'água. Com isso, esse trabalho objetiva analisar a sua qualidade, para que, por meio dessa leitura, se necessário, sejam apontadas soluções ambientais as quais visam retomar o equilíbrio ecológico do meio aquático.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é considerada o solvente universal da maioria das substâncias, alterando-as e sendo alterada por elas. Nesse contexto, suas características naturais são uma consequência direta de sua capacidade de dissolução, enquanto as diferenças entre as massas d'água estão relacionadas às particularidades do solo das bacias hidrográficas. Assim, as massas d'água sempre refletem as

características das bacias hidrográficas às quais pertencem, uma vez que estas influenciam suas especificidades em aspectos como morfologia, hidrologia, geologia, pedologia, vegetação, clima e atividades humanas desenvolvidas na área (Libânio, 2010)

Segundo Nanes, Nanes e Farias (2012), a água pode promover saúde e bem-estar, mas também transmitir doenças se estiver contaminada. Sua qualidade é influenciada pela capacidade de dissolver substâncias e transportar partículas provenientes do escoamento superficial e subterrâneo (Almeida, 2013). Assim, fatores naturais e ações humanas, como lixões próximos a corpos d'água, podem comprometer sua qualidade ao liberar poluentes no solo e lençóis freáticos (Aveiro, 2023).

Para avaliar a qualidade da água, utilizam-se parâmetros físicos, químicos e biológicos. Esses parâmetros indicam a adequação da água para determinados usos, não sua pureza absoluta (Silva, 2015; Oliveira, 2016). Entidades públicas definem padrões de qualidade para garantir seu uso dentro de limites seguros (Gonçalves, 2009).

Conforme Oliveira (2016), esses parâmetros de qualidade da água, podem ser divididos em três categorias: características químicas, físicas e biológicas. Dessa forma, as características químicas são relativas às substâncias químicas e podem ser divididas em dois grupos: orgânicos e inorgânicos. Os parâmetros orgânicos incluem a análise de substâncias como glifosato, tricloroetano, benzeno, entre outros. Enquanto os inorgânicos incluem o mercúrio, fósforo, nitrato, cianeto, etc.

Ainda segundo Oliveira (2016), as características físicas estão relacionadas à presença de gases e sólidos. Dessa forma, sólidos totais, temperatura, cor, turbidez, sólidos dissolvidos, odor, entre outros são condicionantes a serem analisadas nesta categoria. Geralmente, os parâmetros físicos são de fácil diagnóstico por passarem pela análise direta de quem consome a água (Sperling, 2007).

Por último, as características biológicas, estão associadas a atuação ou teste com seres vivos. Desse modo, são divididas em três grupos: microbiológicas, hidrobiológicas e toxicológicas. Os parâmetros microbiológicos envolvem a quantificação de coliformes totais, coliformes termotolerantes, entre outros, os parâmetros hidrobiológicos são: clorofila, zooplâncton, fitoplâncton, bentos, entre outros (Oliveira, 2016). Em suma, os parâmetros biológicos são utilizados para pesquisar os organismos indicadores, por exemplo, algas e bactérias, que podem vir

a ser bioindicadores de poluição ou desproporção no ecossistema, tendo em vista as ações humanas que acometem a segurança do meio ambiente(Sperling,2007).

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A lagoa do Mocambinho é um corpo d'água doce que ainda não passou por enquadramento, seguindo a resolução Conama 357/2005, em seu artigo 42 “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2” (Brasil, 2005).

Assim, conforme a Conama 357/2005, para a classificação número 2, a água poderá ser destinada ao abastecimento humano depois de passar por tratamento convencional, à preservação das comunidades que vivem na água, a recreação de interação direta como: mergulho, natação, esqui aquático.

A água de classe dois, também pode ser utilizada para a irrigação de áreas com as quais o público possa ter contato direto como por exemplo: irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas, a aquicultura e a atividade de pesca também são permitidas neste enquadramento.

Com base nisso, a mesma resolução ressalta que o enquadramento serve justamente para manter uma meta a ser alcançada ou mantida em um determinado curso d'água, levando em consideração, primordialmente, os usos que foram atribuídos ao longo dos anos a esse manancial (Brasil, 2005).

Nesse contexto, a lei estadual n° 5165 de 17/08/2000 dispõe acerca da Política Estadual dos Recursos Hídricos do estado do Piauí, essa lei também institui o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, a lei possui com uma das suas diretrizes a integração da administração de recursos hídricos com a gestão ambiental, compreendendo que o recurso hídrico não se limita ao ecossistema aquático, mas também aos agentes e ações externas como o uso e ocupação do solo, a bacia hidrográfica, relevo, topografia, ações antrópicas, mudanças climáticas, entre outros fatores (Piauí, 2000).

Por essa razão, Lermontov (2009), defende que as variáveis estudadas para análise de qualidade da água não devem ser analisadas isoladamente, elas devem ser interpretadas pelo conjunto de caracteres físicos, químicos e biológicos de modo a contar uma história sobre o corpo d'água.

Embora a lagoa não seja, no contexto atual, usada para o abastecimento humano, o seu enquadramento conforme a resolução afirma que esse é um dos seus usos indicados (Brasil, 2005). Logo, a legislação estadual do Piauí voltada para a gestão de recursos hídricos, afirma que entre os seus objetivos está assegurar às gerações presentes e futuras, a disponibilidade desse recurso, de acordo com os padrões de qualidade corretos exigidos para o seu uso (Piauí, 2000).

Sendo assim, ao uso da água para o abastecimento humano, a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 2004, discorre sobre a qualidade da água para esse fim. O Artigo 19 da portaria impõe a implementação de um plano de monitoramento para os mananciais superficiais em conformidade com a legislação atual, esse plano tem como objetivos: analisar a qualidade das águas interiores de rios e reservatórios periodicamente, identificar áreas prioritárias para o controle da poluição, auxiliar no controle e diagnóstico da qualidade de águas potáveis e de outros usos.

Por isso, fornece suporte técnico para a criação dos planos de bacia e relatório da situação dos recursos hídricos pelo comitê de bacia hidrográfica e detectar trechos de rios com qualidade deteriorada a fim de implementar medidas preventivas e corretivas como por exemplo: o controle do lançamento de efluentes e construção de estação de tratamento de esgoto (Brasil, 2004).

Para o uso da água para recreação de contato primário, existe a legislação específica do CONAMA, nº274 de 29 de novembro de 2000 a qual estipula os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, tendo como base na quantificação de coliformes fecais(termotolerantes), bactérias *Escherichia coli* e *enterococcus* (Brasil, 2000).

O suporte das legislações e a pesquisa científica é uma forma de garantir o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, segundo prevê o artigo 225 da Carta Magna, pois é dever do poder público e da coletividade defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

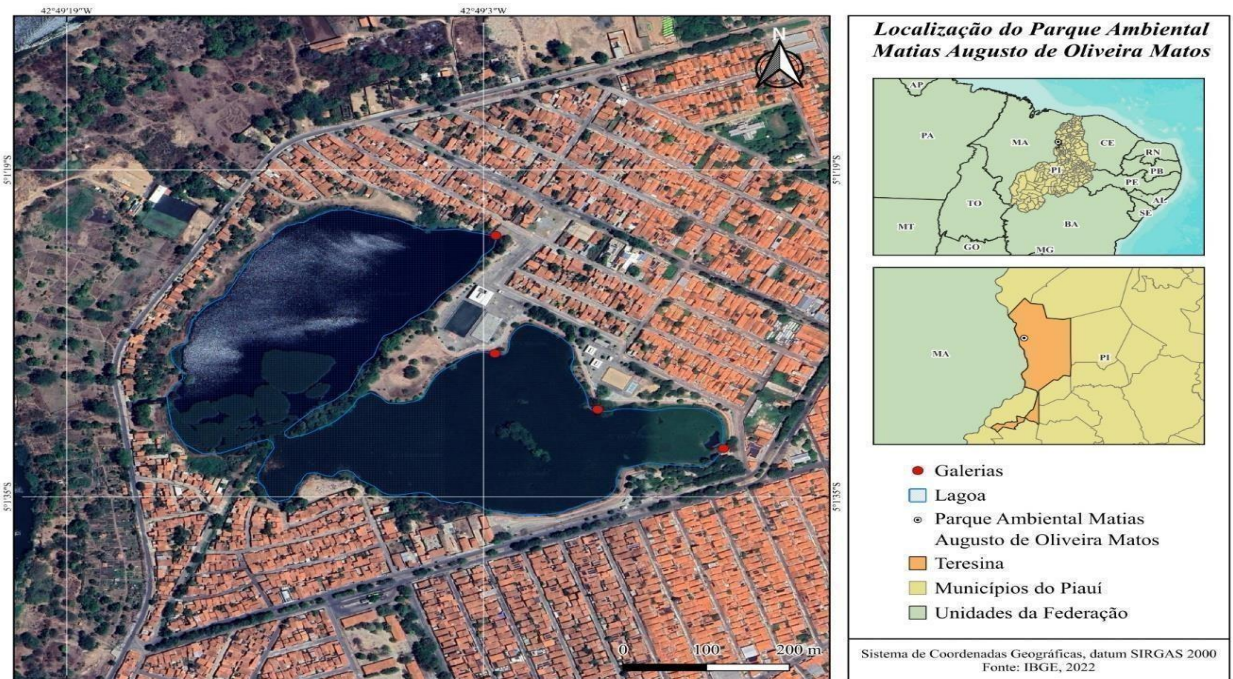
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O local do estudo está inserido em uma unidade de preservação ambiental no município de Teresina, a capital do estado do Piauí, no nordeste do Brasil. A lagoa está posicionada nas coordenadas 5° 01' 27" Sul e 42° 49' 08" Oeste. O Parque Ambiental Matias de Oliveira Matos, conhecido popularmente como Parque do Mocambinho foi construído ao redor de uma lagoa que tem uma extensão de 16 hectares (Semplan, 2016).

Conforme Lima e Júnior (2020), o clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen caracterizado por ser quente e úmido, com chuvas concentradas no verão, especialmente no centro-sul e sudoeste do estado. Essas precipitações são influenciadas pela Massa Equatorial Continental (EC), composta por ar quente e úmido, que provoca chuvas intensas em forma de aguaceiros. O período de maior ocorrência de chuvas vai de novembro a março, com índices pluviométricos entre 1.000 mm e 1.400 mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos. Entretanto, o trimestre de junho a agosto é o mais seco do ano.

Figura 1- Localização geográfica da lagoa do Mocambinho



Fonte: Autora (2025)

O bairro onde a lagoa está situada passou por um crescimento urbano rápido, resultando na ocupação das áreas próximas à lagoa e ao rio Poti. Essa expansão ocorreu em regiões consideradas de risco, especialmente em relação a inundações durante a temporada de chuvas. Em 1985, a estação chuvosa causou inundações nas áreas ribeirinhas da zona norte, resultando em danos materiais, psicológicos, ambientais e sociais. Esse evento levou à implementação de medidas estruturais na região, conforme relatado por Semplan (2016).

Nesse contexto, a construção do Parque do Mocambinho foi parte do Programa Lagoas do Norte, uma iniciativa desenvolvida em parceria entre a prefeitura, o governo federal e o Banco Mundial, com o objetivo de promover a requalificação urbana e ambiental. A lagoa do Mocambinho foi projetada como um elemento de macrodrenagem, funcionando como um reservatório de águas pluviais durante o período chuvoso para reduzir o impacto das chuvas e prevenir alagamentos na região. No entanto, o que se percebe é que mesmo sem a presença das chuvas, os dispositivos do sistema de drenagem urbana instalados na lagoa(galerias), diariamente despejam efluentes não tratados no ambiente aquático.

3.2 COLETA DOS DADOS

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais da Lagoa do Mocambinho, foram realizadas coletas de amostras no dia 11 de dezembro de 2024. Dois pontos de amostragem foram selecionados com base na diferença visual de cargas de efluentes recebidas: o ponto 1, localizado a montante, e o ponto 2, situado a jusante.

3.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE AMOSTRAS

A amostragem da água foi realizada nos pontos “1” (entrada) e “2” (saída) da lagoa, Figura 2, seguindo as recomendações da NBR 9898 (ABNT, 1987), utilizando frascos específicos para coleta de água e com a capacidade indicada para os parâmetros avaliados. Assim, os frascos foram identificados individualmente com o código do ponto de coleta, a data, o horário e o nome do responsável pela amostragem.

Quanto aos procedimentos de coleta, as mãos do coletor foram

higienizadas, secas e tratadas com álcool 70% antes da utilização de luvas descartáveis. Essa metodologia visou evitar a contaminação da amostra.

Figura 2 – Mapa de distribuição dos pontos de coleta das amostras



Fonte: Autora (2025)

Durante a coleta, os galões de 5 litros não foram preenchidos até o limite, permitindo a homogeneização da amostra antes do particionamento dos ensaios. Por fim, o material foi armazenado em um recipiente de isopor com gelo reciclável e, posteriormente, mantido sob refrigeração a 4 °C no laboratório até o momento da análise.

3.4 ENSAIO DE FITOTOXICIDADE EM *Allium cepa*

A *Allium cepa* foi utilizada para detectar a presença de compostos tóxicos em corpos hídricos, por meio da análise do desenvolvimento da planta. Os parâmetros avaliados incluíram a inibição ou o crescimento das raízes e o peso dos bulbos, possibilitando a comparação entre plantas expostas a substâncias poluentes e aquelas não expostas.

Em laboratório, 18 bulbos de cebola de tamanhos e condições similares

foram selecionados para garantir uniformidade nos testes. As raízes desgastadas ou comprometidas foram removidas, e os bulbos foram pesados. Em seguida, os bulbos, sem raízes, foram divididos em três grupos de seis unidades cada: o primeiro grupo com amostras do ponto 1, o segundo grupo com amostras do ponto 2, e o terceiro grupo com água mineral, usado como controle.

Os bulbos foram colocados em copos de isopor contendo 60 mL das respectivas soluções, com a área de crescimento das raízes em contato direto com o líquido. Cada copo foi identificado com números de 1 a 6, para facilitar o monitoramento individual das amostras.

Os copos foram mantidos à temperatura ambiente, protegidos da exposição direta à luz. Os bulbos permaneceram em contato com as soluções durante sete dias, período em que o desenvolvimento das raízes e dos bulbos foi acompanhado regularmente.

Ao final do experimento, foram avaliados o tamanho das raízes, a quantidade de raízes, o peso médio das raízes e o aumento no peso dos bulbos. Os procedimentos realizados seguiram as orientações descritas por Bortolotto et al. (2007).

3.5 ENSAIO DE TOXICIDADE COM *Artemia salina*

Esse bioindicador é um microcrustáceo zooplanctônico que vive em águas salgadas, pertencente à classe *Crustacea*, à ordem *Anostraca* e à família *Artemiidae* (Grinevicius, 2006). A *Artemisia sp.* foi reconhecida internacionalmente como um bioensaio devido à sua fácil eclosão, elevada sensibilidade e rápida reprodutividade. O teste com essa espécie envolveu a exposição dos bioindicadores a diversas concentrações das substâncias em estudo ou a condições ambientais por um curto período de tempo (Borges, 2011).

O teste de toxicidade utilizando o microcrustáceo *Artemia salina* foi conduzido conforme a metodologia de Meyer et al. (1982), com algumas adaptações. Inicialmente, foi preparada uma solução com sal marinho, com uma concentração de 2% de NaCl. O pH da solução foi ajustado para manter-se alcalino, variando entre os valores de 8,0 e 9,0. Essa solução foi utilizada tanto para a eclosão dos ovos quanto para a preparação das diluições das amostras de água.

Após a preparação da solução, os ovos do microcrustáceo foram submersos para eclosão durante um período de 24 horas, a uma temperatura de 25°C. Com a solução salina já pronta e as amostras de água da lagoa coletadas, foram realizadas diluições em tubos de ensaio de 30 mL, obtendo diferentes concentrações (de 0 a 100%) das amostras de água. Para isso, o primeiro tubo estava com 30 ml da amostra pura da água o que corresponde a 100%, em seguida o processo de diluição seriada utilizando uma pipeta graduada, transferindo 15 mL da primeira amostra (água pura do ponto coletado) para os tubos que já continham 15 mL de solução salina, para garantir a conformidade todos os testes foram realizados em triplicata. Após o preparo das soluções, as larvas de *Artemia salina* foram transferidas com o auxílio de uma micropipeta para os tubos com as diferentes concentrações, a meta de larvas a serem colocadas em cada tubo foram de 10 a 15 indivíduos. Os tubos foram então mantidos sob luz artificial, a uma temperatura de 25°C, por um período de 24 horas.

Passado esse período, foi realizada a contagem dos indivíduos de cada tubo, registrando a quantidade de larvas vivas e mortas. Como resultado, foi determinada a concentração letal média (CL50), que corresponde à concentração na qual ocorre a mortalidade de 50% dos organismos-teste.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 FITOTOXICIDADE EM *Allium Cepa*

Os resultados obtidos, Tabela 1, revelam que as médias de diferença de peso das cebolas do Ponto 1 foram superiores em relação ao Ponto 2 e ao Controle. Contudo, não houve diferença significativa entre os dados do Ponto 2 e do Controle. Esse resultado sugere que a água coletada no Ponto 1 pode ter favorecido o crescimento dos bulbos, possivelmente devido à maior disponibilidade de nutrientes. Por outro lado, a ausência de diferenças significativas entre o Ponto 2 e o Controle indica uma influência limitada dos fatores ambientais nesses dois grupos, o que pode ser explicado pela similaridade entre as condições das respectivas amostras.

Tabela 1: Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos do teste de Fitotoxicidade em *Allium cepa*

Amostras	Diferença de peso (g)	Nº de raízes	Comprimento das raízes (cm)	Peso das raízes (g)
P1	14,27 ± 10,95a	9,50 ± 8,98a	4,79 ± 3,41a	0,45 ± 0,39a
P2	3,04 ± 1,86b	13,00 ± 9,01a	3,71 ± 2,91a	0,30 ± 0,25a
Controle	1,81 ± 0,93b	5,33 ± 3,08a	4,4 ± 2,22a	0,12 ± 0,06a

Fonte: Autora (2025). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de confiança.

Freccia (2011), em um estudo de fitotoxicidade utilizando *Allium cepa* L., avaliou a toxicidade das águas do Rio Urussanga (Urussanga/SC) antes e após o tratamento com sedimentos oriundos de uma estação de efluentes de mineração de carvão. No critério de diferença de peso, a amostra tratada apresentou maior desempenho nos bulbos, superando tanto a amostra não tratada quanto o controle.

No critério de número de raízes, no experimento da lagoa, não foram verificadas diferenças significativa entre as três amostras. Isso é um indicativo que, embora o peso das cebolas tenha sido impactado no Ponto 1, o desenvolvimento inicial das raízes não foi sensível às concentrações das substâncias presentes na água. Diferentemente, no experimento de Freccia (2011), o líquido não tratado inibiu o crescimento das raízes, enquanto a água tratada e o controle mostraram avanços significativos. Comparando os dois resultados, conclui-se que nenhuma das amostras da lagoa continha compostos prejudiciais capazes de restringir o crescimento radicular.

Em relação ao comprimento das raízes, não apresentou diferenças significativas entre as amostras avaliadas. Esse resultado reforça a hipótese de que, apesar do maior peso observado no Ponto 1, as condições ambientais nos pontos estudados não exerceram influência considerável no crescimento em comprimento das raízes. Presume-se que as raízes tenham atingido um patamar de desenvolvimento similar entre as três amostras, sem variações ambientais relevantes que comprometesse esse parâmetro. No estudo de Freccia (2011), as raízes da amostra não tratada também não apresentaram progresso, enquanto

aquelas expostas à água tratada e ao controle cresceram normalmente. Esse dado reforça que a água não tratada continha substâncias tóxicas que afetaram negativamente o crescimento das raízes.

No critério de peso das raízes, em gramas, os resultados do experimento com amostras da lagoa também não apontaram diferenças entre as amostras do P1, P2 e Controle. Em contrapartida, Freccia (2011), identificou que o peso médio das raízes expostas à água não tratada foi inferior ao das raízes expostas à água tratada e ao controle, confirmando novamente o impacto das substâncias tóxicas presentes no líquido não tratado.

Outros pesquisadores, como Mendes et al. (2011), também realizaram ensaios com *Allium cepa* L. para avaliar a qualidade da água do Rio Marombas (SC). Nesse estudo, os critérios analisados foram o comprimento e o peso médio das raízes, e os resultados indicaram que não houve interferência significativa nos pontos avaliados.

Esses resultados distintos demonstram a eficácia dos bioensaios como ferramenta para análises ambientais. A variabilidade nos dados obtidos em diferentes estudos reflete a capacidade do *Allium Cepa* L. de responder de forma sensível às condições ambientais específicas, proporcionando interpretações sobre a toxicidade ou qualidade das amostras testadas.

4.2 TOXICIDADE EM *Artemia salina*

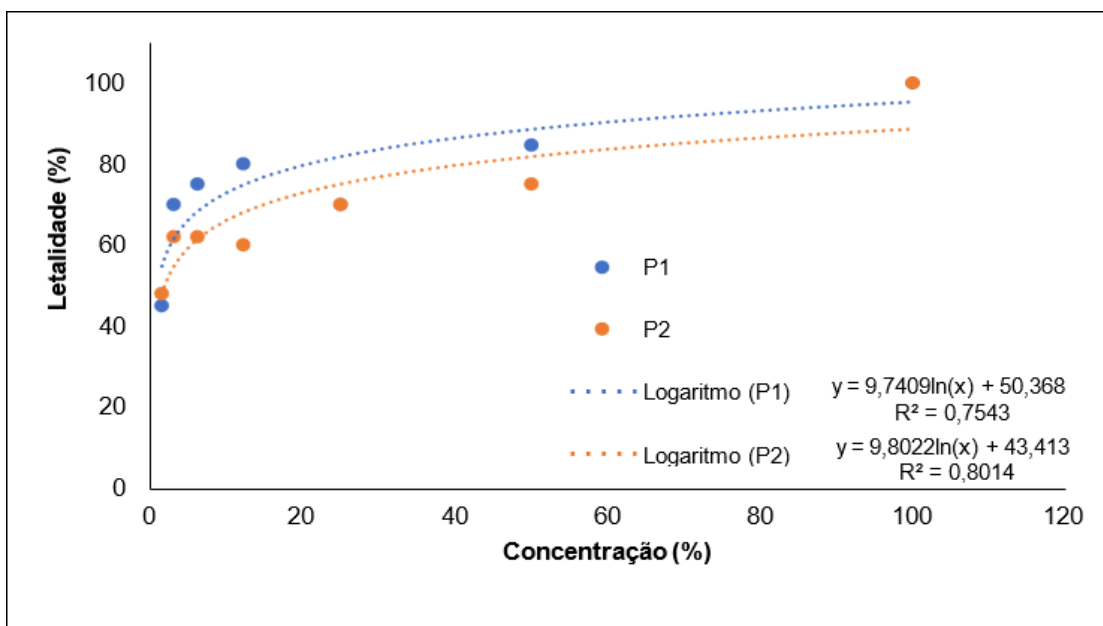
Zucker (1985), propôs uma classificação para o potencial de toxicidade aguda de substâncias em peixes e invertebrados aquáticos, utilizando o parâmetro CL50, que representa a concentração necessária para causar a morte de 50% dos organismos expostos.

De acordo com essa classificação, uma substância é considerada extremamente tóxica quando a CL50 é inferior a 0,1; altamente tóxica quando a CL50 está entre 0,1 e 1,0; moderadamente tóxica quando a CL50 varia de 1 a 10; ligeiramente tóxica quando a CL50 está entre 10 e 100; e praticamente não tóxica quando a CL50 é superior a 100.

Essa categorização facilita a avaliação do risco ambiental, permitindo identificar o nível de perigo que uma substância pode representar para organismos aquáticos. Os resultados deste estudo indicaram que a letalidade de

50% dos indivíduos de *Artemia Salina* ocorreu em concentrações de CL50P1 = 0,96% e CL50P2 = 1,96%. Com base nesses valores, a substância avaliada é classificada como altamente tóxica (para CL50P1) e moderadamente tóxica (para CL50P2), de acordo com os critérios estabelecidos por Zucker (1985).

Figura 4 - Toxicidade aguda em microcrustáceos *Artemia sp.*, em diferentes concentrações das amostras de água coletadas, nos pontos de coletas 1 e 2.



Fonte: Autora (2025)

Além disso, a Tabela 2 apresenta as médias e desvios padrões da letalidade observada em diferentes concentrações das amostras de água coletadas nos pontos de coleta. O ponto P1 apresentou uma letalidade média de $74,89\% \pm 15,57$, enquanto o ponto P2 teve uma letalidade média de $68,26\% \pm 15,51$. A análise estatística, realizada pelo teste de Tukey com 95% de confiança, indicaram diferença estatisticamente significativa entre os pontos de coleta, confirmando que a amostra de P1 é mais tóxica em relação à de P2.

Tabela 2: Valores médios dos índices de letalidade do microcrustáceos *Artemia salina*. em diferentes concentrações das amostras de água coletadas nos pontos de coletas 1 e 2.

Amostras	Letalidade
P1	74,89 ± 15,57 ^a
P2	68,26 ± 15,51 ^b

Fonte: Autora (2025)

Essa diferença de toxicidade entre os pontos pode estar relacionada à variação nas condições ambientais ou à presença de substâncias específicas nos locais de coleta, o que reforça a importância de monitoramentos contínuos para a avaliação do risco ambiental em diferentes áreas de um mesmo corpo d'água.

Outros trabalhos feitos com *Artemia salina* também refletiram a potencialidade deste biondicador em testes de toxicidade. Freccia (2010), no seu estudo buscou avaliar a toxicidade e fitotoxicidade das águas do rio Urussanga antes e após o tratamento com sedimento gerados em estação de tratamento de efluente de mineração de carvão, como resultado a água do rio in natura apresentou alta toxicidade, pois matou 50% dos indivíduos em uma concentração de 28,5% (CL50: 28,5%). No entanto, na água tratada, a mesma concentração matou somente 5% dos indivíduos, entretanto, não houve uma concentração nesse parâmetro que matasse 50% dos indivíduos, não sendo possível determinar esse a CL50. Esse resultado contribuiu para apontar que a acidez da água do Rio Urussanga pode ser tratada, transformando-o em um rio menos poluído e de boa qualidade.

Outro estudo feito por Cembranel (2019), visou analisar a qualidade ambiental de uma nascente, assim o Teste de Tukey, com 5% de margem de erro, mostrou que o número de organismos mortos foi diferente entre os tratamentos com concentrações variadas de água da nascente (50, 25, 12,5, 6,2 e 3,1%) quando comparados ao tratamento com 100% de água da nascente. No entanto, diferente do ambiente da lagoa que necessita de menos concentração, nessas amostras as concentrações maiores eram que apresentavam maior nível de letalidade. Mesmo assim, o seu resultado apresentou toxicidade na água analisada.

5 CONCLUSÃO

Testes de toxicidade podem ser usados para avaliar a qualidade de um manancial, pois essas análises são fundamentais para entender o estado do recurso hídrico (BRASIL, 2008).

Os resultados indicam que a qualidade da água está comprometida, uma vez que os testes de fitotoxicidade e toxicidade revelaram que a lagoa está poluída e apresenta um enriquecimento de nutrientes que favorece o crescimento de aguapés.

Visualmente, a lagoa se divide em duas áreas distintas: uma próxima à maior recepção de efluentes, caracterizada neste estudo como ponto 1, e outra mais distante dessa área de recepção, com menor influência das galerias, onde a água ainda é visível e a quantidade de aguapés é reduzida.

Contudo, os resultados mostraram que o ambiente é favorável ao desenvolvimento da flora, provavelmente devido à grande quantidade de nutrientes provenientes das galerias de efluentes que despejam substâncias de diversas origens, como domésticas, industriais e comerciais.

Por outro lado, para a fauna, ambos os pontos apresentaram toxicidade, indicando que, mesmo com as substâncias mais diluídas no teste de concentração, elas ainda indicam contaminantes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. *Avaliação do índice de qualidade da água na Lagoa dos Patos*. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2013/10/TCC-JAQUELINEAL-MEIDA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: preservação etécnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. Disponível em: https://sistema.ceteclins.com.br/Uploads/PDF/B8E15D63-B64B-4106-81AB-0E807999C6DD_29012020115558.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.
- AVEIRO, Tanane Lima Barcellos. *Análise da qualidade da água do cacimbão na zona sul de Bagé*. 2023. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pampa, [S. l.], 2023. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/8291/1/TCC_IITanane_Aveiro.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.
- BORGES, Cacilda. *Avaliação da toxicidade do efluente de lavador de gases de olaria, utilizando os bioindicadores: Lactuca sativa, Allium cepa L., Artemisia sp. e Eisenia foetida*. 2011. 155 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia

Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, [S. l.], 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1349/1/Cacilda%20Borges.pdf.pdf>. Acesso em: 2 set. 2024.

BORTOLOTTI, Tamires. Avaliação da atividade tóxica e genotóxica de percolados do aterro sanitário municipal de Sombrio, Santa Catarina, utilizando *Artemia* sp. e *Allium cepa* L. 2007. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/browse?type=dateaccessioned>. Acesso em 2 de set.2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 2 set.2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 396, de 7 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 abr. 2008. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=545. Acesso em 4 set.2024.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 29 Jul. 2024.

CEMBRANEL, Adir Silvério; TELES, Telmo Josiel; TONIAL, Ivane Benedetti; CASTRO BRAVO, Claudia Eugênia. Qualidade ambiental de nascente em área urbana. *Tecnologia e Ambiente*, [S. l.], v. 25, p. 145–159, 2019. DOI: 10.18616/ta.v25i0.4589. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/4589>. Acesso em: 21 jan. 2025.

DE LIMA, Milcíades Gadelha; JUNIOR, Anderson de Andrade. Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo. In: —. *Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo*. 2. ed. [S. l.]: Editora da Universidade Federal do Piauí, 2020. cap. 1, p. 16–36. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1125736/1/Capitulo-CLIMA-E-MEIO-AMBIENTE.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

FRECCIA, Bárbara. Avaliação da toxicidade e fitotoxicidade das águas do rio Urussanga antes e após o tratamento com sedimento gerados em estação de tratamento de efluente de mineração de carvão. 2011. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, [S. l.], 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/447/1/B%C3%A1rbara%20Freccia.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303984888_Conservacao_de_agua_e_energia_em_sistemas_prediais_e_publicos_de_abastecimento_de_agua. Acesso em: 11 jan.2025.

GRINEVICIUS, V. M. A. de S. Avaliação da remediação de efluentes de uma indústria têxtil utilizando bioindicadores e biomarcadores. 2006. 179 f. Dissertação (Mestrado em [área do conhecimento]) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89140>. Acesso em: 11 jan.2025.

HOU, D.; HE, J.; LÜ, C.; REN, L.; FAN, Q.; WANG, J.; XIE, Z. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 93, p. 135–144, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23602414/>. Acesso em 11.jan.2025.

KALWA, M.; QUINÁIA, S. P.; PLETSCHE, L. T.; FELSNER, M. L. Fraction and potential toxic risk of metals from superficial sediment in Itaipu Lake – boundary between Brazil and Paraguay. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 64, p. 12–22, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23014936/>. Acesso em 14 Jan.2025.

LEMOS, Rafael Santos et al. Monitoramento ambiental: qualidade da água da lagoa do Parque Poliesportivo de Itapetinga, BA. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/engineeringproceedings/eneeamb2016/ma-001-4946.pdf>. Acesso em 2 set.2024.

LERMONTOV, Alexandre. Novo índice de qualidade das águas com uso da lógica e inferência nebulosa. 2009. 194 f. Tese (Doutorado em [área do conhecimento]) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/novo-indice-de-qualidade-das-aguas.pdf>. Acesso em 2 set.2024.

LIBÂNIO, Marcelo. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3. ed. [S. l.]: Átomo, 2010. 479 p. Disponível em: https://www.academia.edu/43579087/Fundamentos_de_Qualidade_e_Tratamento_de_Agua_Marcelo_Libanio_Final20200710_84577_axi93n. Acesso em 2 set.2024.

MENDES, Beatriz Garcia et al. Estudo da qualidade do rio Marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e bioensaios. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 5, n. 2, p. 43–58, 2011. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Rbca/article/view/260>. Acesso em 2 set. 2024.

MEYER, J. Y. Observations on the reproductive biology of *Miconia calvescens* DC (Melastomataceae), an alien invasive tree on the Island of Tahiti (South Pacific Ocean). *Biotropica*, v. 30, p. 609–624, 1998. Disponível em: <https://locus.ufv.br/bitstreams/fe286af3-fd5c-43e4-af1e-d31d50bfeca4/download>. Acesso em 2 set.2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em 2 set.2024.

NANES, P. L. M. F.; NANES, D. P.; FARIAS, S. E. M. de. Qualidade das águas subterrâneas de poços tipo cacimba: um estudo de caso da comunidade Nascimento – município de São Sebastião – AL. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 3., 2012. Anais [...]. p. 1–12. Disponível em:

<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VIII-024.pdf>. Acesso em 4 set.2024.

PIAUÍ (Estado). Lei nº 6.165, de 26 de julho de 2000. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. *Diário Oficial do Estado do Piauí*, Teresina, PI, 27 jul. 2000. Disponível em: <https://www.mppi.mp.br/internet/wp-content/uploads/2017/09/publicao%20-legislao%20de%20recursos%20hdraulicos%20do%20estado%20do%20piaui%20-semar.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TERESINA. Lagoas do Norte inaugura Parque do Mocambinho com shows nesta sexta (30). 2019. Disponível em: <https://pmt.pi.gov.br/tag/parque-ambiental-matias-augusto-de-oliveira-matos/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

TERESINA (Município). Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. *Plano de Controle Ambiental: Lagoa do Mocambinho – Segmento 1*. Teresina, PI, 2016. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/curated/en/492181570596123242/pdf/Plano-de-Controle-Ambiental-Lagoa-do-Mocambinho-Segmento-Uma.pdf>. Acesso em 18 jul.2024.

SILVA, L. P. *Hidrologia, engenharia e meio ambiente*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Disponível em: <https://www.grupogen.com.br/e-book-hidrologia-engenharia-e-meio-ambiente/>. Acesso em 18 jul.2024.

SPERLING, Marcos Von. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2005. (*Princípios do tratamento biológico de águas residuais*). Disponível em: https://www.academia.edu/39149408/Introdu%C3%A7%C3%A3o_%C3%A0_qualidade_das_%C3%A1guas_e_ao_tratamento_de_esgotos. Acesso em 18 jul.2024.

OLIVEIRA, C. M. Avaliação dos impactos ambientais e qualidade de águas superficiais na Região Hidrográfica VI do Estado do Rio de Janeiro - RJ. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-014.pdf>. Acesso em 18 jul.2024.

VASCONCELOS, Bianca. Aguapés criam tapete verde na lagoa do Parque Ambiental do Mocambinho; limpeza será intensificada. *Cidade Verde*, p. 1–2, 17 jan. 2024. Disponível em: <https://cidadeverde.com/noticias/406301/aguapes-criam-tapete-verde-na-lagoa-do-parque-ambiental-do-mocambinho-limpeza-sera-intensificada>. Acesso em 18 jul.2024.

VON SPERLING, Marcos. *Estudos e modelagem da qualidade das águas nos rios*. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/6346?returnUrl=/sophia_web/Home/Index&guid=1646265601494. Acesso em 18 jul.2024.

ZUCKER, E. Hazard Evaluation Division, Standard Evaluation Procedure: Acute Toxicity Test for Freshwater Fish. EPA-540/9/85-006. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, 1985. Disponível em: <https://search.worldcat.org/es/title/hazard-evaluation-division-standard-evaluation-procedure-acute-toxicity-test-for-freshwater-fish/oclc/262881969>. Acesso em 18 jul.2024.