



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

ANA CRISTINA DA SILVA SOUSA

**TOXICIDADE E FITOTOXICIDADE DA ÁGUA DO RIO POTI NO PERÍMETRO
URBANO DE TERESINA – PIAUÍ**

TERESINA

2025

ANA CRISTINA DA SILVA SOUSA

TOXICIDADE E FITOTOXICIDADE DO RIO POTI NO PERÍMETRO URBANO DE
TERESINA- PIAUÍ

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^a. Dr^a. Jovan Marques Lara Júnior

TERESINA

2025

TOXICIDADE E FITOTOXICIDADE DA ÁGUA DO RIO POTI NO PERÍMETRO URBANO DE TERESINA – PIAUÍ

Ana Cristina Da Silva Sousa ¹

Jovan Marques Lara Júnior ²

RESUMO

O artigo investiga a toxicidade e fitotoxicidade da água do Rio Poti no perímetro urbano de Teresina, um importante afluente do Rio Parnaíba, que sofre com o lançamento de efluentes domésticos e industriais, resultando em significativa degradação de sua qualidade. O estudo teve como objetivo analisar os efeitos dessa poluição por meio de testes ecotoxicológicos com *Artemia salina* e *Allium cepa* L., observando alterações em organismos aquáticos e plantas. A metodologia incluiu a coleta de amostras em dois pontos distintos: antes e após o rio atravessar a área urbana de Teresina. Foram realizados ensaios de toxicidade aguda em microcrustáceos e análises de fitotoxicidade em *Allium cepa*, considerando parâmetros como crescimento radicular e letalidade. Os resultados de ambos os ensaios revelaram maior toxicidade nas amostras coletadas após a passagem do rio pela área urbana. No ensaio com *Allium cepa*, o ponto anterior à cidade apresentou desenvolvimento radicular significativamente superior, enquanto o segundo ponto inibiu o crescimento das raízes. Nos testes com *Artemia salina*, o ponto urbano também se mostrou mais tóxico que o ponto anterior à cidade, evidenciando a influência negativa da urbanização na qualidade do Rio Poti.

Palavras-chave: qualidade de água; *artêmia salina*; *allium cepa*.

ABSTRACT

The article investigates the toxicity and phytotoxicity of water from the Poti River in the urban area of Teresina, an important tributary of the Parnaíba River, which suffers from the discharge of domestic and industrial effluents, resulting in significant degradation of its quality. The study aimed to analyze the effects of this pollution through ecotoxicological tests with *Artemia salina* and *Allium cepa* L., observing changes in aquatic organisms and plants. The methodology included the collection of samples from two distinct points: before and after the river crosses the urban area of Teresina. Acute toxicity tests on microcrustaceans and phytotoxicity analyses on *Allium cepa* were carried out, considering parameters such as root growth and lethality. The results from both tests revealed higher toxicity in the samples collected after the river passed through the urban area. In the *Allium cepa* test, the point before the city showed significantly better root development, while the second point inhibited root growth. In the tests with *Artemia salina*, the urban point was also more toxic than the point before the city, highlighting the negative influence of urbanization on the quality of the Poti River.

Keywords: water quality; *artêmia salina*; *allium cepa*.

Data de aprovação: 07/02/2025

¹ Graduanda em Gestão Ambiental. Instituto Federal do Piauí. Anacristinadasilvasousa4@gmail.com

² Graduado em engenharia de alimentos, especialista, mestre e doutor em ciências e tecnologia de alimentos. IFPI. Jovan.marques@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Fontes difusas e pontuais de poluição possuem a capacidade de provocar alterações significativas nas características de um recurso hídrico, tornando-se inadequado para utilização. Efluentes urbanos, tanto domésticos quanto industriais, são frequentemente lançados nos corpos d'água próximos aos centros urbanos, onde os poluentes presentes nesses rejeitos provocam mudanças nas características físicas, químicas e biológicas da água. Essas modificações podem afetar ecossistemas aquáticos, reduzir a disponibilidade de água potável e representar riscos à saúde pública.

O rio Poti, com nascente no estado do Ceará, destaca-se como um dos afluentes mais significativos do rio Parnaíba. Com uma bacia que cobre uma área total de 52.370 km², dos quais 38.797 km² situam-se em território piauiense (ANA, 2004). O curso d'água enquadra-se na Classe 2, conforme a Resolução N° 357 do Conselho Nacional do meio ambiente (CONAMA). Essa classificação permite o uso das águas para abastecimento público, após tratamento convencional, além de serem adequadas para recreação de contato primário, irrigação de culturas, dessedentação de animais e proteção da vida aquática (BRASIL, 2005).

No entanto, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí - SEMARH-PI (2024), o rio apresenta elevados níveis de poluição, evidenciados frequentemente pela grande quantidade de plantas aquáticas que cobrem quase toda a sua extensão. Esse fenômeno é particularmente notável na malha urbana de Teresina - PI, onde o acúmulo excessivo dessas plantas reflete a degradação da qualidade da água, resultado da poluição oriunda de efluentes urbanos. De acordo com Jackson (1991), esses dejetos podem introduzir metais pesados no meio natural.

O Programa internacional de segurança química – IPCS (2008) corrobora que os efeitos tóxicos de substâncias e elementos químicos representam uma séria ameaça para integridade do meio ambiente. Esses elementos, quando liberados no meio de maneira incorreta, podem reaparecer como contaminantes que prejudicam os corpos hídricos, o solo, a fauna e a flora. Melville e Burchett (2002), mencionam que os metais pesados e substâncias tóxicas tem a capacidade de se acumular no organismo de plantas e animais aquáticos ao longo do tempo. Esse processo é conhecido por bioacumulação, no entanto, as consequências disso não se restringem somente ao organismo que acumula as substâncias, elas se propagam pela cadeia alimentar, afetando organismos que se alimentam desse ser contaminado e, assim, contribuindo para um fenômeno conhecido como biomagnificação. Alves (2024), completa que este processo

leva a concentrações ainda mais altas de contaminantes em predadores de topo, intensificando os riscos à saúde de toda a cadeia alimentar, inclusive os seres humanos.

Portanto, testes ecotoxicológicos são ferramentas importantes para entender como a poluição afeta a vida no ambiente. Diferente das análises químicas, que apenas identificam e quantificam as substâncias presentes no meio, os testes de toxicidade mostram o impacto real dessas substâncias nos organismos vivos. (WILKE et al., 2008).

Com isso, esse trabalho foi desenvolvido com a justificativa da preocupação com os recursos hídricos, considerando que a qualidade da água afeta diretamente a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico.

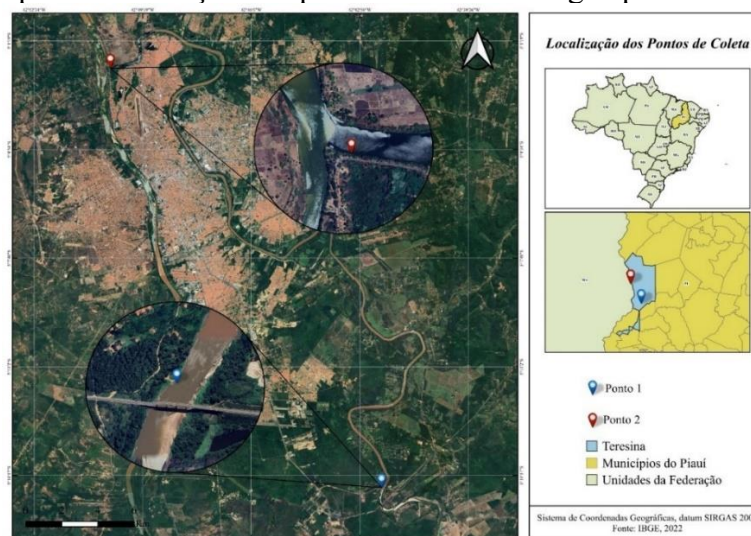
Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar o nível de poluição hídrica do rio Poti no perímetro urbano de Teresina – Piauí. Para isso, foram realizados testes ecotoxicológicos e fitotoxicidade, com o propósito de observar os efeitos dos poluentes nos organismos aquáticos, a fim de analisar a qualidade da água.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 COLETA E ARMAZENAMENTO

As amostras de água foram coletadas no rio Poti, no mês de dezembro de 2024, em dois pontos distintos: o primeiro - P1 - antes (montante) do rio adentrar o perímetro urbano de Teresina (latitude -5.243928, longitude -42.702405) e o segundo - P2 – após (jusante) o rio atravessar a cidade, antes do deságue no rio Parnaíba (latitude -5.035256, longitude -42.838430).

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta de água para análise toxicológica



Fonte: Autora (2025).

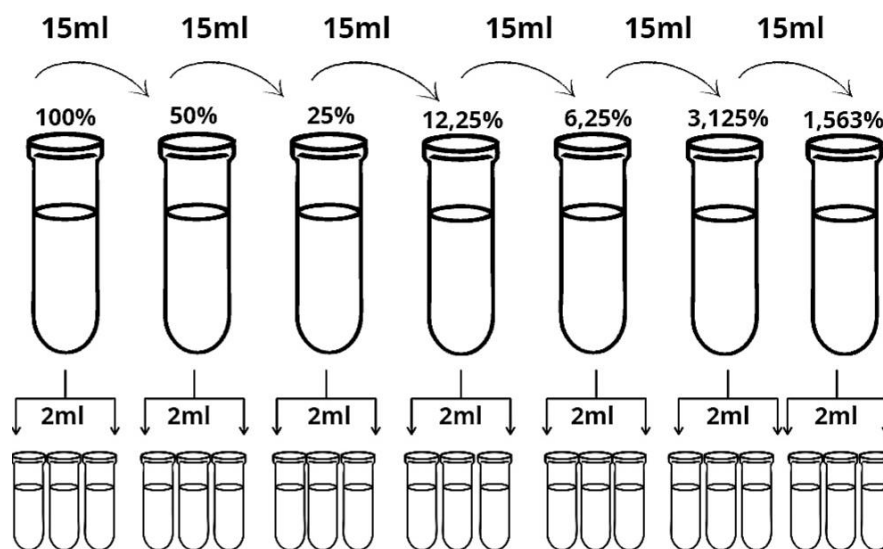
As amostras foram coletadas conforme as normas estabelecidas pela NBR 9898 (1987) e mantidas em caixas térmicas, com refrigeração, até seu armazenamento adequado. Todas as análises foram realizadas no laboratório de microbiologia de alimentos do Instituto Federal do Piauí – campus Teresina Central.

2.2 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA EM MICROCRUSTÁCEOS *ARTEMIA SALINA*

Para o cultivo de *Artemia salina*, foram adicionados cistos do micro crustáceo em um aquário com solução salina a 2% (água mineral e NaCl). Fez-se o uso de um compressor de aquário para oxigenação da solução. Decorridas 24 horas, iniciou-se o processo de eclosão dos cistos.

Foram realizadas diluições seriadas das amostras coletadas. Para qual foi utilizada solução salina a 2%. Dessa solução, foram adicionados 15 mL a cada tubo de ensaio, exceto no primeiro tubo, que recebeu apenas a amostra pura da água do rio. Esse procedimento foi realizado para as amostras de ambos os pontos, denominados P1 e P2. O processo de diluição seguiu o esquema apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do ensaio com *Artemia salina*



Fonte: Autora (2025).

Após as diluições, 2 mL de cada solução foram transferidos para tubos de ensaio montados em triplicata, conforme ilustrado na Figura 2. Em seguida, foram adicionados aproximadamente 10 a 15 organismos em cada tubo, utilizando uma pipeta e uma lupa para

facilitar a visualização e garantir a precisão na contagem. Passadas 24 horas do início do ensaio, foi registrada a mortalidade dos organismos-teste.

2.3 ENSAIO COM *ALLIUM CEPA*

O experimento foi realizado, de acordo com Bortolotto *et al.* (2007), com adaptações, utilizando cebolas (*Allium cepa*) de tamanho médio, adquiridas em um supermercado local. Para garantir melhores resultados, foram removidas as cascas parcialmente soltas e as raízes remanescentes das réplicas de *Allium cepa*. Todas as réplicas foram pesadas em uma balança analítica, sendo manuseadas com auxílio de uma pinça, a fim de evitar alterações na massa do material.

Posteriormente, amostras de água foram preparadas em copos descartáveis, divididas da seguinte forma: 6 (N=6) contendo água proveniente dos pontos 1 e 2 e um grupo controle, contendo água mineral. Com o auxílio da pinça, foram colocadas em todos os copos uma réplica de *Allium cepa*, de modo que o bulbo do vegetal permanecesse em contato direto com a água conforme ilustrado na figura 3. Após 7 dias foram determinado o peso dos bulbos, quantidade, peso e comprimentos das raízes.

Figura 3 – Esquema do ensaio com *Allium cepa*



Fonte: Autora (2025).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

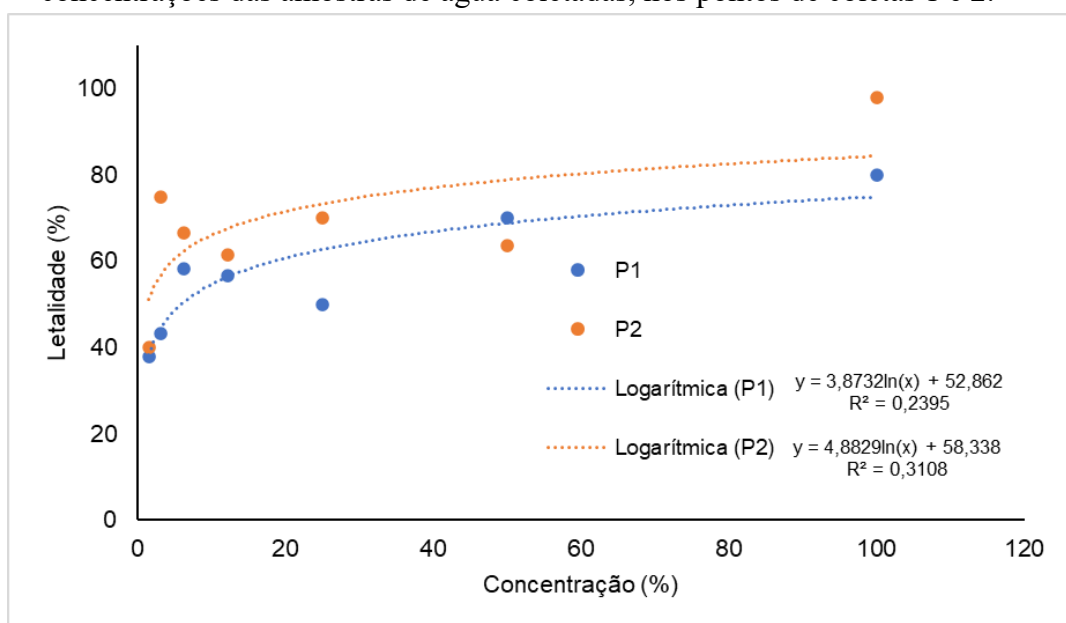
Os resultados das determinações analíticas foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) e teste de *Tukey*, para comparação das médias, ao nível de confiança de 95% com auxílio do programa STATISTICA 12 (STATSOFT CO., 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 RESULTADOS DOS ENSAIOS COM *ARTEMIASALINA*

Os dados apresentados na Figura 4 destacam a toxicidade aguda das amostras de água dos pontos de coleta P1 e P2 em *Artemia* sp., analisando o impacto de diferentes concentrações na letalidade dos organismos para ambos os pontos de coleta. A letalidade dos microcrustáceos aumentou com o crescimento da concentração da amostra, evidenciando um efeito tóxico. No entanto, observa-se que P2 apresenta uma letalidade superior em relação a P1, o que sugere que a água coletada nesse ponto pode conter mais substâncias prejudiciais aos organismos testados.

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).

A concentração de letalidade de 50% dos organismos testes (CL50), de acordo as equações apresentadas na Figura 3, foram de CL50p1 – 0,48% e CL50p2 – 0,18%. Os valores de CL50 reforçam essa diferença entre os pontos de coleta. Enquanto no ponto P1 foi necessária uma concentração de 0,48% para causar 50% de mortalidade nos organismos, no ponto P2 essa mesma taxa de mortalidade foi atingida com uma concentração menor, de apenas 0,18%. Esse dado indica que as amostras de P2 apresentam maior toxicidade, possivelmente devido à presença de compostos mais nocivos ou em maiores quantidades.

Os dados da Tabela 1, apresentam os índices médios de letalidade (em porcentagem) dos microcrustáceos *Artemia sp.*, que foram expostos a amostras de água coletadas nos pontos P1 e P2, acompanhados dos desvios-padrão, que indicam a variabilidade dos resultados.

Tabela 1 - Valores médios dos índices de letalidades do microcrustáceos *Artemia sp.* em diferentes concentrações das amostras de água do P1 e P2.

Amostras	Letalidade
P1	62,63 ± 12,92 ^a
P2	70,66 ± 12,35 ^b

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

No ponto de coleta P1, o índice médio de letalidade foi de 62,63%, o que indicou que mais da metade dos organismos testados foram afetados. Já no ponto P2, a letalidade média foi superior, atingindo 70,66%. Essa diferença entre os dois pontos foi estatisticamente significativa, confirmando que a água do ponto P2 exerce um impacto mais severo sobre os microcrustáceos, sendo mais tóxica do que a água coletada em P1.

Diversos estudos utilizam bioindicadores para avaliar a presença de substâncias tóxicas e seus impactos nos organismos vivos. Neste contexto, Amorim (2019), em seu estudo de avaliação da toxicidade do rio Anhanduí no Estado do Mato Grosso do Sul, frente à *Artemia Salina*, analisou a toxicidade do corpo hídrico utilizando *Artemia salina* como bioindicador. No estudo, foram analisados dois pontos do rio Anhanduí: à montante (P1) e à jusante (P2) da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Los Angeles. Os resultados indicaram que o ponto P1 apresentou maior toxicidade, com um coeficiente de linearidade de 97,08%, enquanto no ponto P2 essa taxa foi reduzida para 66,23%. Isso sugere que a ETE desempenha um papel parcialmente atenuante, diluindo os poluentes presentes na água.

De maneira semelhante, o presente estudo analisou a toxicidade da água de um rio em dois pontos: antes de entrar na cidade (P1) e após atravessar a área urbana (P2). Os resultados indicaram que, ainda que o rio já apresentasse um certo grau de toxicidade antes da cidade, com uma CL50 de 0,48%, a toxicidade aumentou significativamente após o percurso urbano, atingindo uma CL50 de 0,18% no ponto P2. Esse aumento da toxicidade sugere que a cidade contribuiu com a introdução de poluentes como metais pesados, pesticidas e produtos químicos, provenientes das atividades humanas.

Ao comparar os dois estudos, observa-se que ambos demonstram que a toxicidade já existia antes das respectivas fontes poluidoras principais. Isso sugere que os corpos hídricos já apresentavam contaminação prévia, possivelmente devido a despejos de efluentes não tratados,

atividades agrícolas e industriais ao longo do curso d'água. Contudo, há uma diferença expressiva entre os dois casos. No estudo de Amorim (2019), a jusante da ETE houve uma redução na toxicidade, sugerindo que o tratamento aplicado foi eficaz em mitigar parcialmente os impactos. Já no presente estudo, a toxicidade aumentou após a cidade, o que indica que a introdução de poluentes urbanos agravou a qualidade da água.

3.2 RESULTADOS DO ENSAIO COM *ALLIUM CEPA L.*

A Tabela 2 apresenta os valores médios da diferença de peso, número de raízes, comprimento das raízes e peso das raízes do teste de Fitotoxicidade em *Allium cepa* L. O experimento comparou as amostras P1, P2 e grupo controle, utilizando o teste estatístico de *Tukey*, ao nível de 95% de confiança. O teste foi realizado para avaliar as variações entre duas amostras (P1 e P2) e o controle. Contudo, nos testes realizados, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras e o controle, exceto no parâmetro número de raízes, em que P1 apresentou uma quantidade significativamente maior em relação às demais.

Figura 5 - Réplicas de *allium cepa* L. após 7 dias de ensaio com água do P1.



Imagem: Autora (2025)

Figura 6 - Réplicas de *allium cepa* L. após 7 dias de ensaio com água do P2.



Imagem: Autora (2025)

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros físicos do teste de Fitotoxicidade em *Allium cepa* L.

Amostras	Diferença de peso (g)	Nº de raízes	Comprimento das raízes (cm)	Peso das raízes (g)
P1	$2,56 \pm 1,34^a$	$18,00 \pm 11,08^a$	$4,95 \pm 1,79^a$	$0,29 \pm 0,19^a$
P2	$1,18 \pm 0,68^a$	$1,88 \pm 0,30^b$	$2,00 \pm 0,71^a$	$0,24 \pm 0,26^a$
Controle	$1,81 \pm 0,93^a$	$5,33 \pm 3,08^b$	$4,4 \pm 2,22^a$	$0,12 \pm 0,06^a$

Fonte: Autora (2025). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$).

No parâmetro diferença de peso, os valores médios encontrados foram 2,56 g para P1, 1,18 g para P2 e 1,81 g para o controle. As três avaliações não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as amostras. Assim, pode-se inferir que P1 e P2 não causaram alterações estatísticas relevantes na diferença de peso das plantas em comparação ao controle.

Já no parâmetro número de raízes, observou-se que P1 apresentou o maior valor médio (18,00), seguido pelo controle (5,33) e P2 (1,88). Neste caso, apenas P1 foi significativamente diferente das demais amostras. Esses resultados sugerem que P1 favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular, enquanto P2 reduziu drasticamente o número de raízes. Portanto, evidenciou-se um afloramento notável no ponto 1 em comparação ao ponto 2. O ponto 1 corresponde à amostra do rio antes de passar pela cidade, indicando que a influência urbana pode ter impactado negativamente as águas do rio. Segundo McAllister et al. (1997), as atividades antrópicas provocam alterações significativas nos corpos hídricos, principalmente devido ao grande volume de despejo de efluentes de diferentes tipos. Complementando essa ideia, Jackson (2005), afirma que esses efluentes podem introduzir substâncias tóxicas no meio. De acordo com Roseghini (2016), essas substâncias presentes no ambiente podem inibir o crescimento das plantas, o que não foi observado no ponto 1, evidenciando condições favoráveis para o desenvolvimento radicular nesse local.

No parâmetro comprimento das raízes, os valores médios obtidos foram de 4,95 cm para P1, 2,00 cm para P2 e 4,4 cm para o controle. Embora as diferenças entre P2 e os demais grupos não tenham sido estatisticamente significativas, é evidente que o comprimento das raízes de P2 foi inferior em relação às outras condições, indicando um possível efeito prejudicial. Esses resultados são alinhados com o estudo de Sampaio (2021), que, ao investigar a toxicidade de misturas de poluentes na biota aquática vegetal utilizando *Allium cepa* L., demonstrou que concentrações mais elevadas de poluentes podem reduzir significativamente o comprimento das raízes, enquanto concentrações menores resultaram em medidas semelhantes ao controle negativo. Dessa forma, o estudo de Sampaio (2021) complementa as observações feitas nesta pesquisa, reforçando a hipótese de que as condições ambientais do ponto 2 podem ter contribuído para o menor desenvolvimento das raízes nesse local.

Por fim, o peso das raízes apresentou valores médios de 0,29 g para P1, 0,24 g para P2 e 0,12 g para o controle. Assim como nos outros parâmetros, não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras. Resultados semelhantes foram reportados por Freccia (2011), que, em sua pesquisa sobre a toxicidade das águas do rio Urussanga no Estado de Santa Catarina, antes e após o tratamento com sedimentos gerados em estações de tratamento de efluentes de mineração

de carvão, demonstraram que o peso médio das raízes também não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle, tratado e não tratado.

4 CONCLUSÃO

A análise da qualidade da água do rio, por meio das amostras coletadas a montante e a jusante, permite identificar a interferência da área urbana na sua toxicidade. Os testes com *Artemia salina* e *Allium cepa* se mostraram métodos eficazes para a avaliação da toxicidade da água, evidenciando que o rio apresenta um grau de poluição significativo ao atravessar o perímetro urbano de Teresina – PI. Além disso, os resultados indicam que já há um nível considerável de contaminação antes mesmo da entrada do rio na cidade, demonstrando que fatores externos anteriores à área urbana também podem estar contribuindo para a degradação da qualidade da água.

Analizando o mapa de localização dos pontos e pelo GoogleMaps, é possível observar a presença de um empreendimento de agronegócio na região, identificado por meio de um polígono desmatado. Esse desmatamento pode estar associado ao uso de produtos químicos agrícolas, que podem percolar pelo solo e alcançar o rio, contribuindo para o efeito tóxico detectado nas amostras analisadas. Dessa forma, a contaminação da água pode estar sendo intensificada não apenas pela ação urbana, mas também por atividades agrícolas nas áreas a montante do rio.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**, 1987. Disponível em: https://sistema.ceteclins.com.br/Uploads/PDF/B8E15D63-B64B-4106-81AB-0E807999C6DD_29012020115558.pdf, acessado em 24/07/2024.
- ALBUQUERQUE, M; RODRIGUES, R; SÁTIRO, J; BRITO, A; LOPES, W. **Daphnias spp. Como organismos bioindicadores de toxicidade e caracterização Ambiental de sistemas aquáticos eutrofizados**. CONAPESC, 2023. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2021/TRABALHO_EV161_MD1_SA106_ID2304_20102021122945.pdf, acessado em 24/07/2024.
- ALVES, S. **bioacumulação de elementos essenciais e metais pesados no fígado dos grandes predadores do atlântico**. Universidade de Lisboa, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/31150/1/Bioacumula%C3%A7%C3%A3o%20de%20elementos%20essenciais%20e%20metais%20pesados%20nos%20figados%20dos%20grandes%20predadores%20do%20Atl%C3%A2ntico.pdf>, acessado em 12/08/2024.
- AMORIM, J. R.; CAVALHERI, P. S.; SILVA, R. S. G.; RODRIGUES, S. G. **Avaliação da toxicidade do rio Anhanduí frente à Artemia salina**. In: ABES 2019, Mato Grosso do Sul. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=rjtvAecAAAAJ&hl=pt-BR>, acessado em 13/12/2024.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de abastecimento de água do Estado do Piauí**. Brasília: ANA/SAS, 2004. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/atlasaguas/atlas-aguas?m=estado&b=PI>, acessado em 25 de julho de 2024.
- LAISE, C. **Introduction to ecotoxicological concepts**. In: **Proceedings of Biological Testing and Hazard Assessment**. Environmental Canada, 1984. P. 11-47. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264083566_Ecotoxicology_3, acessado em 05/12/2024.
- BORTOLOTTTO, T. **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: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18102/2/LIMA%2C%20Pedro%20Andr%C3%A9%20de%20Souza.pdf>, acessado em 12/12/2024.
- BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357/ 2005**. Diário Oficial da República Federativa Do Brasil, Brasília, 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450, acessado em: 12/03/2024.
- FARIA, C. M. B. ; SILVA, D. J.; MENDES, A. M. S. **Nutrição e adubação**. In: COSTA, N. D.; RESENDE, G. M. (Org.). **Cultivo da Cebola no Nordeste**. 3 ed. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2007, p. 1-6. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/162405>, acessado em 05/10/2024.

FRECCIA, B. **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.** Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/447>, acessado em 05/12/2024.

IPCS - Programa Internacional sobre Segurança Química. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/Comissoes/localdegestaoedescartederesiduos/substancias-quimicas-perigosas-manual.pdf>, acessado em 05/09/2024.

JACKSON, J. **Heavy metals and other inorganic toxic substances.** In: **GUIDELINES OF LAKE MANAGEMENT.** Ed. Matsui, S. Japan. ILEC, p.65-80, 1991. Disponível em: <https://ilec.or.jp/en/guideline/>, acessado em 04/05/2024.

MARKERT, B.; WAPPELHORST, O.; WECKERT, V.; HERPIN, U.; SIEWERS, U. FRIESE, K.; BREULMANN, G. **The Use of bioindicators for monitoring heavy-metal Status of the environment.** Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v. 240, p. 425-429, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/243959306_The_Use_of_Bioindicators_for_Monitoring_the_Heavy_Metal_Status_of_the_Environment, acessado em: 07/05/2024.

McALLISTER, D.E.; HAMILTON, A.L.; HARVEY, B. **Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems.** Sea Wind, v. 11, n. 3, p.1-142, 1997. Disponível em: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/items/f8ce7336-6cd2-4f7e-8f8d-48e2958328c1>, acessado em 04/08/2024.

MELVILLE, F.; BURCHETT, M. **Genetic variation in Avicennia marina in three estuaries of Sydney (Australia) and implications for rehabilitation and management.** Marine Pollution Bulletin 44, 469-479, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12146830/>, acessado em 08/07/2024.

POMPÊO, M.; MOSCHINI, C.; Viviane; LÓPEZ-DOVAL, Júlio César. **Aspectos Da ecotoxicidade em ambientes aquáticos.** São Paulo: IB/USP, 2022. Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/portal/ecotoxicidade/index_arquivos/0_all_book_ecotoxicidade.pdf, acessado em 04/04/2024.

RODRIGUES, L, C. de A.; BARBOSA, S.; PAZIN, M.; MASELLI, B. de S.; BEIJO, L. A.; KUMMROW, F. **Fitotoxicidade e citogenotoxicidade da água e sedimento de córrego urbano em bioensaio com Lactuca sativa.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 10, p. 1099–1108, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/STvWwbV4LVYs343P3wCpNMR/abstract/?lang=pt>, acessado em 14/07/2024.

RAND, G. M.; WELLS, P. G.; MCCARTY, L. S. (eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology: Effects, environmental Fate, and risk assessment.** 2. Ed. Washington: Taylor & Francis, 1995. Disponível em: <https://www.noaa.gov/sites/default/files/legacy/document/2020/Oct/07354626715.pdf>, acessado em 07/08/2024.

ROSEGHINI, Luiz Portugal. **Fitotoxicidade por fungicidas em soja e relação com a Produtividade**. UFGD, Dourados, MS, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/3976/1/LuizAntonioPortugalRoseghini.pdf>, acessado em 14/09/2024.

SEMARH-PI. **Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí**. Altas notícias. 2024. Disponível em: <https://www.semar.pi.gov.br/noticias> , acessado em 07/08/2024.

SAMPAIO, L. L. G. **Shedding light sobre a toxicidade de mistura de poluentes na biota aquática vegetal: um estudo envolvendo Allium cepa L**. Urutaí: IFGO, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2140>, acessado em: 14/09/2024.

Wilke, B. M.; Riepert, F.; Koch, C.; Kühne, T. **Ecotoxicological Characterization of hazardous wastes**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.70, p.283-293, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651307002382?via%3Dihub>, acessado em 16/09/2024.