AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO UTILIZANDO *Daphnia similis*

Larissa Santos Xavier[1] ; Lidivania Barbosa Lima[2]; José Antônio Nascimento de Melo[3] ; Beatriz Silva Santiago[4] ; Adnívia Santos Costa Monteiro[5]; Marcus Aurélio Soares Cruz[6]; Carlos Alexandre Borges Garcia[7]; Andrea Novelli[8]; Vânia Elisabete Schneider[9]; Silvânio Silvério Lopes da Costa[10]

RESUMO – O rio São Francisco é um rio de integração nacional, de relevante importância ambiental, social e econômica. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar a avaliação ecotoxicológica aguda dos sedimentos superficiais da foz do Rio São Francisco em duas campanhas sazonais (janeiro e julho de 2025). Utilizando o microcrustáceo *Daphnia similis* como organismo-teste, seguiu-se a norma da ABNT NBR 12713 para verificar se os sedimentos estudados apresentavam toxicidade letal aos microcrustáceos. Os resultados físicos e químicos revelaram estabilidade na salinidade (0,2), confirmando o domínio fluvial nos pontos amostrados (P1 a P5) e a viabilidade metodológica para espécies limnéticas. A condutividade elétrica apresentou valor de 123,6 µS cm^{-1} a 317,5 µS cm^{-1} nos períodos avaliados, dentro dos limites bióticos. Em ambas as campanhas, observou-se 0% de imobilidade da *D. similis*, indicando ausência de toxicidade aguda nos sedimentos para o nível trófico estudado. Conclui-se que, apesar das pressões antrópicas na bacia, não há concentrações letais de xenobióticos biodisponíveis na fase aquosa do sedimento no curto prazo. Todavia, a ausência de efeito agudo não exclui impactos crônicos. Recomenda-se a continuidade do monitoramento, com ensaios reprodutivos e análises de bioacumulação, para garantir a proteção da biodiversidade aquática no Baixo São Francisco.

ABSTRACT – The São Francisco River is a river of national integration, of relevant environmental, social, and economic importance. In this context, the objective of this study was to carry out an acute

[1]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7146, xavierlarissa2@gmail.com
[2]) Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, lidivanialima4@gmail.com
[3]) Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7146, janto.quimica@gmail.com
[4]) Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7146, biasanttiago@gmail.com
[5]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7146, adniviacosta@gmail.com
[6]) EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, Avenida Gov. Paulo Barreto de Menezes, 3250, 49025-000, Jardins, Aracaju-Sergipe, (79) 4009-1300, marcus.cruz@embrapa.br
[7]) Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7145, cgarcia@academico.ufs.br
[8]) Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, deanovel@yahoo.com.br
[9]) Instituto de Saneamento Ambiental/ISAM - Universidade de Caxias do Sul, Rua. Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco U, Sala 215, 95070-560, Petrópolis, Caxias do Sul-Rio Grande do Sul, (54) 3218-2507, veschnei@ucs.br
[10]) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, (79) 3194-7146, silvanio@academico.ufs.br

ecotoxicological assessment of the surface sediments from the São Francisco River mouth in two seasonal campaigns (January and July 2025). Using the microcrustacean *Daphnia similis* as a test organism, the ABNT NBR 12713 standard was followed to verify if the studied sediments presented lethal toxicity to the microcrustaceans. The physical and chemical results revealed stability in salinity (0.2), confirming the fluvial dominance at the sampled points (P1 to P5) and the methodological viability for limnetic species. Electrical conductivity ranged from 123.6 µS cm^{-1} to 317.5 µS cm^{-1} over the evaluated periods, remaining within biotic limits. In both campaigns, 0% immobility of *D. similis* was observed, indicating an absence of acute toxicity in the sediments for the studied trophic level. It is concluded that, despite anthropogenic pressures in the basin, there are no lethal concentrations of bioavailable xenobiotics in the aqueous phase of the sediment in the short term. However, the absence of an acute effect does not exclude chronic impacts. Continued monitoring is recommended, including reproductive assays and bioaccumulation analyses, to ensure the protection of aquatic biodiversity in the Lower São Francisco River..

Palavras-Chave – Gestão de águas; Impactos ambientais; Ecotoxicologia

1. INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco representa um ecossistema de vital importância ecológica e socioeconômica para o Brasil. Suas águas são utilizadas para abastecimento humano, pesca, irrigação, navegação e geração de eletricidade (Romão *et al.*, 2020). A região estuarina do rio São Francisco localiza-se entre os estados de Sergipe e Alagoas e consiste em uma zona de interface dinâmica entre rio e oceano (Cavalcante *et al.*, 2020). No entanto, por ser o receptor final dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais gerados ao longo de sua extensa bacia hidrográfica, o baixo curso fluvial e, por conseguinte, a sua região de foz, experimentam o efeito cumulativo das cargas poluentes.

Nesse contexto, o sedimento desempenha muitas funções importantes no ambiente estuarino, podendo atuar tanto como um depósito de contaminantes quanto como uma fonte potencial de toxicidade para a biota aquática, dependendo das condições físico-químicas do meio, como variações de pH, potencial de oxirredução e hidrodinâmica local (Olisah *et al.*, 2021; Douglas *et al.*, 2025). A análise química isolada dos sedimentos, embora necessária para identificar a presença de substâncias específicas, não é capaz de prever os efeitos biológicos reais causados pela mistura complexa de contaminantes e pela sua biodisponibilidade, por essa razão, a avaliação ecotoxicológica torna-se indispensável. Dessa forma, os bioensaios laboratoriais permitem mensurar a resposta direta de organismos-testes à exposição ao sedimento (Silva *et al.*, 2013), fornecendo dados sobre a letalidade ou sobre distúrbios fisiológicos no ecossistema.

Dentre os organismos utilizados para monitoramento ambiental, o microcrustáceo *Daphnia similis* destaca-se como um indicador biológico eficiente. Devido à sua sensibilidade a uma ampla gama de substâncias tóxicas, ao ciclo de vida curta e à facilidade de cultivo em laboratório, a espécie é amplamente empregada em ensaios de toxicidade aguda para avaliar a qualidade da água e dos

elutriatos de sedimentos (Rowan *et al.*, 2024; Kühl *et al.*, 2022). A utilização dessa espécie em estudos na foz do Rio São Francisco fornece subsídios fundamentais para compreender o estado de degradação ou de conservação deste trecho final do rio.

Muitos estudos ecotoxicológicos utilizando *D. similis* disponíveis na literatura concentram-se na avaliação da toxicidade aguda dos contaminantes específicos como metais, pesticidas, poluentes emergentes, em condições controladas em laboratório e na presença artificial de sedimentos (Araujo *et al.*, 2005; Jardim *et al.*, 2008; Zhang *et al*., 2020; Tani *et al.*, 2021; Kühl *et al.*, 2022), nessas abordagens, o sedimento atua como uma matriz moduladora da biodisponibilidade dos compostos testados, e não como objeto principal da avaliação da toxicidade ambiental. Em contraste, o presente estudo buscou avaliar diretamente a toxicidade aguda da matriz sedimentar natural, considerando o sedimento como um compartimento ambiental complexo, integrando possíveis contaminantes adsorvidos, matéria orgânica e características físico-químicas do próprio compartimento (Leppanen *et al.*, 2024).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo estimar a toxicidade de amostras de sedimentos superficiais coletadas na calha principal do Baixo Rio São Francisco, abrangendo municípios limítrofes dos estados de Sergipe e Alagoas, por meio de ensaios de imobilidade com *Daphnia similis* em duas campanhas sazonais.

2. METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E AMOSTRAGEM

A área de estudo compreende o baixo curso do Rio São Francisco, na região de divisa entre os estados de Sergipe (SE) e Alagoas (AL). Foram selecionados cinco pontos de amostragem (P1 a P5), distribuídos estrategicamente na calha principal do rio, abrangendo os municípios de Ilha das Flores e Brejo Grande, em Sergipe, e Piaçabuçu, em Alagoas (Figura 1). As coletas foram realizadas em duas campanhas sazonais no ano de 2025: a primeira em janeiro, correspondente ao período seco/verão, e a segunda em julho, correspondente ao período chuvoso/inverno.

Os sedimentos superficiais foram coletados com o auxílio de um amostrador do tipo Van Veen de aço inoxidável. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos inertes, resfriadas a 4 ºC e transportadas ao laboratório, onde foram mantidas sob refrigeração até o processamento para os bioensaios de toxicidade, conforme recomendado pela U.S. EPA (2001).

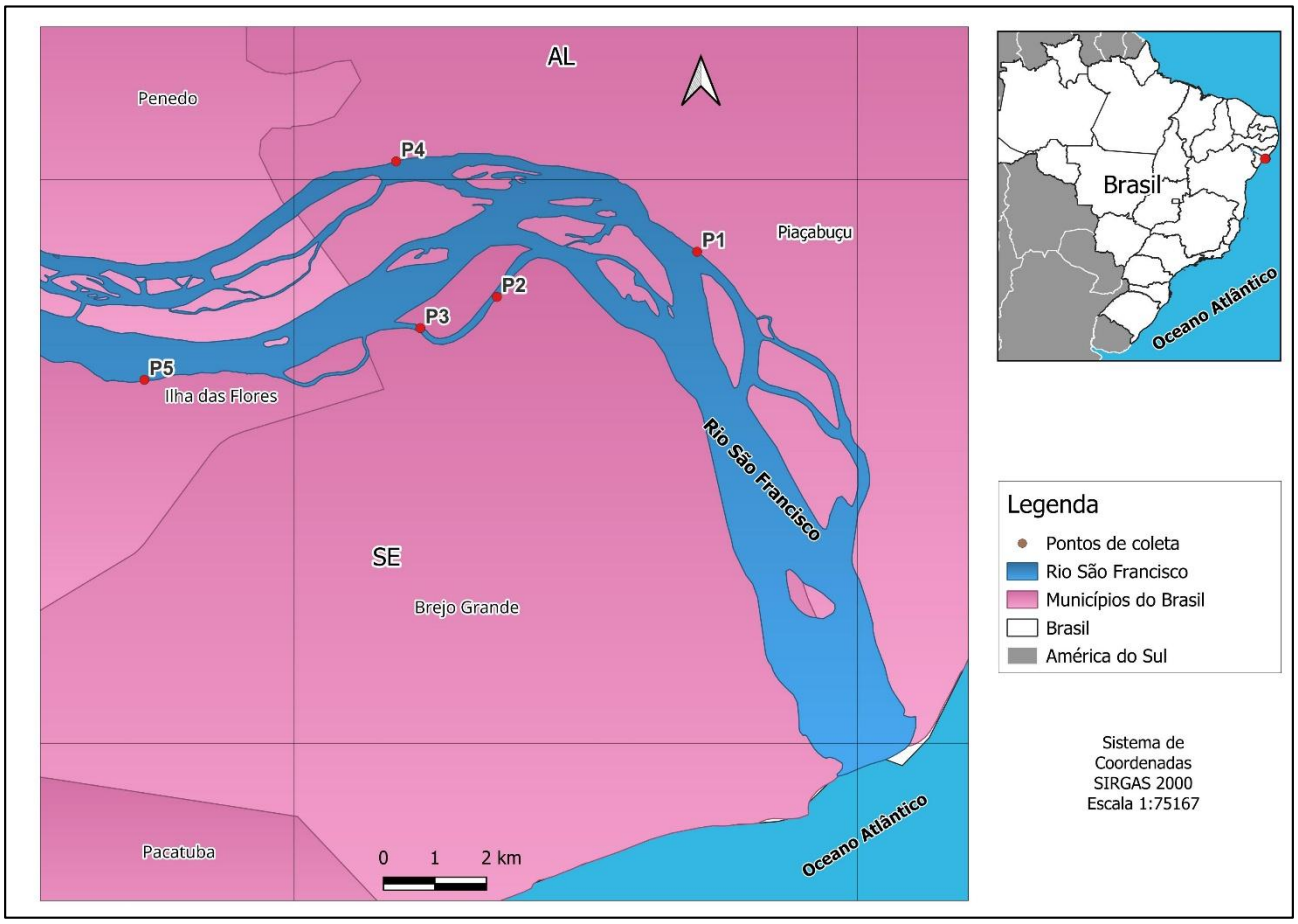


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos na região estuarina do baixo São Francisco, no nordeste do Brasil.

2.2 ENSAIO DE TOXICIDADE AGUDA COM *DAPHNIA SIMILIS*

Para a avaliação ecotoxicológica, os ensaios de toxicidade aguda foram conduzidos utilizando a metodologia de exposição à interface água-sedimento, a fim de avaliar o potencial de transferência de contaminantes do compartimento sedimentar para a coluna d'água. As análises foram realizadas no Laboratório do Grupo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos: com Ênfase em Ecotoxicologia (LABGEA), na Universidade Federal de Sergipe, e conduzidas de acordo com o protocolo estabelecido pela norma ABNT NBR 12713 de 2022. Em quadruplicata para cada ponto, alíquotas de 20 g de sedimento úmido foram transferidas para os recipientes-teste e adicionados 80 mL de água de cultivo reconstituída, na proporção de 1:4, respectivamente. O sistema composto por sedimento e água de cultivo foi mantido em repouso por 24h, e após esse período, foram introduzidos cinco organismos-teste em cada béquer, totalizando 20 indivíduos por amostra. Foram utilizados neonatos de *Daphnia similis* (<24h de vida), provenientes de cultivos laboratoriais mantidos sob condições

controladas de fotoperíodo (12h luz/12h escuro) e temperatura (23ºC) (Lima *et al.*, 2025). Paralelamente, foi mantido um controle utilizando apenas água de cultivo padrão e sedimento padrão.

A duração do experimento foi de 48 horas, sem renovação da solução nem alimentação dos organismos. A leitura dos resultados foi realizada por meio da observação visual da imobilidade (mortalidade) dos indivíduos, e os resultados foram expressos como porcentagem de efeito total. O critério de validade do teste seguiu a exigência de mortalidade inferior a 10% no grupo controle. Os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica e salinidade) foram monitorizados no início (t = 0h) e no término (t = 48h) do período de exposição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros físico-químicos mensurados na água de sobreposição no início (t = 0h) e no término (t = 48h) do ensaio ecotoxicológico, para as campanhas sazonais de janeiro (período seco) e julho (período chuvoso) de 2025, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A salinidade manteve-se constante em 0,2 ppm em ambas as campanhas experimentais. Ressalta-se, contudo, que esse valor corresponde a solução de exposição utilizada nos bioensaios (sedimento+água de cultivo), sendo, portanto, uma condição experimental do sistema teste, e não um reflexo direto da salinidade natural da água da foz do Rio São Francisco nos pontos amostrados. Dessa forma, a estabilidade desse parâmetro indica que não houve variações capazes de comprometer a viabilidade fisiológica da *D. similis*, uma vez que é considerada um organismo-teste exclusivamente de água doce (Castro *et al.*, 2023).

Em relação à variação sazonal da condutividade elétrica, que atingiu valores mais elevados em janeiro (P1 com 317,5 µS cm^{-1}) em relação a julho (P1 com 155,2 µS cm^{-1}), essa diferença sugere uma maior concentração de íons dissolvidos durante o período de estiagem, possivelmente devido à menor vazão do rio e ao aumento da evaporação (Arcos *et al.*, 2025).

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros físico-químicos e percentual de imobilidade de *Daphnia similis* na interface água-sedimento, campanha de janeiro de 2025 (Período Seco), em sedimentos superficiais coletados na região da foz do Baixo São Francisco, Nordeste, Brasil.

Amostra	Variáveis iniciais			Organismos imóveis				Efeito Total	Variáveis finais		
				Replicas							
	x̄ pH	x̄ Cond (µS cm^{-1})	x̄ Sal ppm	1	2	3	4		x̄ pH	x̄ Cond (µS cm^{-1})	x̄ Sal (ppm)
Controle	6,3	259,5	0,2	0	0	0	0	0%	7,8	241,0	0,2
Ponto 1	6,5	317,5	0,2	0	0	0	0	0%	7,2	286,5	0,2
Ponto 2	6,4	215,0	0,2	0	0	0	0	0%	6,8	191,7	0,2
Ponto 3	6,5	204,5	0,2	0	0	0	0	0%	6,6	177,0	0,2
Ponto 4	6,4	217,8	0,2	0	0	0	0	0%	6,9	187,3	0,2
Ponto 5	6,5	238,2	0,2	0	0	0	0	0%	7,0	219,2	0,2

Tabela 2 – Resultados dos físico-químicos e percentual de imobilidade de *Daphnia similis* na interface água-sedimento, campanha de julho de 2025 (Período chuvoso), em sedimentos superficiais coletados na região da foz do Baixo São Francisco, Nordeste, Brasil.

Amostra	Variáveis iniciais			Organismos imóveis				Efeito Total	Variáveis finais		
				Replicas							
	x̄ pH	x̄ Cond (µS cm^{-1})	x̄ Sal ppm	1	2	3	4		x̄ pH	x̄ Cond (µS cm^{-1})	x̄ Sal (ppm)
Controle	6,8	133,9	0,2	0	0	0	0	0%	6,9	178,3	0,2
Ponto 1	6,6	155,2	0,2	0	0	0	0	0%	6,8	152,9	0,2
Ponto 2	6,4	123,6	0,2	0	0	0	0	0%	6,7	127,2	0,2
Ponto 3	6,4	124,1	0,2	0	0	0	0	0%	6,6	122,7	0,2
Ponto 4	6,4	143,6	0,2	0	0	0	0	0%	7,07	161,0	0,2
Ponto 5	6,2	126,5	0,2	0	0	0	0	0%	7,08	140,0	0,2

Os valores de pH mantiveram-se predominantemente levemente ácidos no início dos experimentos (6,2 a 6,8), evoluindo para a neutralidade e leve alcalinização ao término de 48 horas (6,4 a 7,3 nos pontos amostrais e até 7,8 no grupo controle). Comportamento similar foi observado por Baran e Tarnawski (2015) com amostras de sedimento ligeiramente ácidas, com pH variando de 6,0 a 6,7. Essa variação biótica ascendente é comum em sistemas estáticos de bioensaios, sendo influenciada pelas trocas gasosas de CO_2 com a atmosfera do laboratório e pelo fotoperíodo regulado (Sales, 2009). Todos os parâmetros físico-químicos monitorados permaneceram dentro dos limites de tolerância fisiológica e homoestática para a sobrevivência e atividade metabólica de *Daphnia similis*.

No que tange aos ensaios de toxicidade aguda realizados com sedimentos do Baixo São Francisco, constatou-se 0% de imobilidade (ou mortalidade) durante o período de exposição de 48 h, nas campanhas de janeiro e julho de 2025, conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2. Este dado indica que, no momento da coleta os sedimentos não apresentavam contaminantes em concentrações letais para este organismo-teste. Efeito similar foi observado por Cesar *et al.* (2011) em solos superficiais, também utilizando a *D. similis* como organismo indicador, sem observação de imobilidade dos organismos. Dessa forma, a ausência de mobilidade da *Daphnia similis* observada neste estudo indica que os sedimentos superficiais avaliados não apresentaram toxicidade aguda detectável nas condições experimentais empregadas.

O aspecto inédito deste estudo reside na delimitação espacial da zona com baixa toxicidade aguda sedimentar para ensaios com organismos de água doce nesta região de transição da foz do São Francisco, demonstrando que nos pontos estudados os sedimentos analisados mantêm uma integridade química que impede a mortalidade imediata do zooplâncton, tornando imprescindível o aprofundamento das investigações por meio de ensaios ecotoxicológicos crônicos, avaliando os efeitos subletais da toxicidade deste compartimento sedimentar.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que os sedimentos superficiais da foz do Rio São Francisco não apresentam toxicidade aguda para *Daphnia similis*, indicando baixo risco de efeitos letais imediatos para a biota aquática no período avaliado. Esse achado confere ao trabalho uma relevância estratégica, pois fornece dados científicos atualizados sobre a qualidade ambiental de uma região vital para a biodiversidade, a pesca e o abastecimento público no Baixo São Francisco. Contudo, essa integridade biológica, frente aos efeitos agudos de curto prazo, não exclui riscos de degradação ambiental decorrentes de deposição crônica ou da presença de poluentes emergentes. Dessa forma, este estudo consolida-se como uma ferramenta essencial para a proteção ecossistêmica e para a segurança socioeconômica local, recomenda-se a continuidade do monitoramento ambiental na região por meio de ensaios ecotoxicológicos crônicos (reprodutivos e de ciclo de vida), para subsidiar a gestão integrada e a conservação dos recursos hídricos do Baixo São Francisco.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); do Laboratório do Grupo de Estudos em

Ecossistemas Aquáticos: com Ênfase em Ecotoxicologia (LABGEA); do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF); da Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE); e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Tabuleiros Costeiros). Este trabalho se alinha aos objetivos do projeto "Indicadores Ambientais e Socioeconômicos para a gestão integrada participativa dos recursos hídricos da Foz do Rio São Francisco e zonas costeiras adjacentes" edital CNPq/MCTI/FNDCT/CT-Hidro Nº 63/2022, e do projeto "Qualidade de água, sedimentos e recurso pesqueiro como instrumento de avaliação ambiental e desenvolvimento regional da região da foz do rio São Francisco" edital CNPQ/MCTI Nº 44/2024.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 12713. (2022). *"Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com Daphnia ssp (Crustacea, Cladocera)".* Rio de Janeiro - RJ, 23p.

ARAUCO, L. R. R. et al. (2005). "Efeito Da Presença De Sedimento Na Toxicidade Aguda Do Sulfato De Cobre E Do Triclorfon Para Três Espécies De *Daphnia*". Pesticidas: Revista De Ecotoxicologia E Meio Ambiente 15, pp. 55-64.

ARCOS, A. N. et al. (2025). *"Seasonal variation and chemical composition of total precipitation and throughfall in an urban forest fragment in the Central Brazilian Amazon"* Revista Brasileira de Recursos Hídricos 30(40), pp. 1-12.

BARAN, A.; TARNAWSKI, M. (2015). *"Assessment of heavy metals mobility and toxicity in contaminated sediments by sequential extraction and a battery of bioassays"* Ecotoxicology 24, pp. 1279-1293.

CASTRO, D. G. et al. (2023). *"Effects of PET microplastics on the freshwater crustacean Daphnia similis Claus, 1976"* Acta Limnologica Brasiliensia 35 (6), pp. 1-11.

CAVALCANTE, G. et al. (2020). *"Temporal streamflow reduction and impact on the salt dynamics of the São Francisco River Estuary and adjacent coastal zone (NE/Brazil)".* Regional Studies in Marine Science 38, pp. 1 – 11.

CESAR, R. G. et al. (2011).*"Avaliação do potencial tóxico de solos contaminados por metais pesados utilizando bioensaios com micro-crustáceos (Daphnia similis)"* in Anais do XIX Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, Gramado, Out. 2011, 1, pp. 235-237

DOUGLAS, A.R. et al. (2025). *"Influence of Inflows on Estuary Sediments." in Freshwater Inflows to Texas Bays and Estuaries*. Estuaries of the World. Org. por Montagna, P.A., Douglas, A.R. Springer, TX, USA, pp 173–190.

HAMADA, N. et al. (2011). *"Avaliação Ecotoxicológica da Estação de Tratamento de Esgotos Suzano (São Paulo) Utilizando Daphnia similis e Vibrio fischeri"* J. Braz. Soc. Ecotoxicol. 6(1), pp. 31-35.

JARDIM, G.M. et al. (2008). *"Ecotoxicological assessment of water and sediment of the Corumbataí River, SP, Brazil"* Braz. J. Biol. 68(1), pp. 51-59.

KÜHL, A. M. et al. (2022). *"Toxic tests show the sensitivity of the Daphnia similis (Crustacea, Cladocera) and Pseudokirchneriella subcapitata (Chlorophyceae) to commercial pesticides".* An. Acad. Bras. Ciênc. 94(4), pp. 1 – 13.

LEPPANEN, M.T. et al. (2024). *"Sediment Toxicity Tests: A Critical Review of Their use in Environmental Regulations."* Environ Toxicol Chem 43(8), pp. 1697-1716.

LIMA, L.S. et al. (2025). *"Adsorption and ecotoxicology studies with aqueous solution of Cr(VI) ions using adsorbent materials derived from Inga edulis".* Chemosphere 370, pp. 1 – 12.

OLISAH, C. et al. (2021). *"The state of persistent organic pollutants in South African estuaries: A review of environmental exposure and sources".* Ecotoxicology and Environmental Safety 219, pp. 1 – 18.

ROMÃO, A. L. E. et al. (2020). *"Element contents in the lower São Francisco river assessed by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) analysis.".* Ambiente: Gestão e Desenvolvimento pp. 132 – 138.

ROWAN, E. et al. (2024). "*A Novel Method for the Assessment of Feeding Rate as a Phenotypic Endpoint for the Impact of Pollutants in Daphnids"* Environmental Toxicology and Chemistry 43(10), pp. 2211–2221.

SALES, S. C. M. (2009). *"Reavaliação ecotoxicológica da qualidade da água e do sedimento do Reservatório da Pampulha (MG) e seus principais tributários"* Dissertação (Mestre em Ecologia), Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 103 p.

SILVA, L. F. O. et al. (2013). *"Study of environmental pollution and mineralogical characterization of sediment rivers from Brazilian coal mining acid drainage"* Science of the Total Environment 447, pp. 169–178.

TANI, K. et al. (2021). *"Toxicity assessment of typical polycyclic aromatic hydrocarbons to Daphnia magna and Hyalella azteca in water-only and sediment–water exposure systems"* Science of the Total Environment 784, pp. 1-10.

U.S. EPA. (2001). *"Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual."* EPA 823-B-01-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, 208p.

ZHANG, L.L. et al. (2020). *"Toxicity Changes of Heavily Polluted River Sediments on Daphnia magna Before and After Dredging."* Bull Environ Contam Toxicol 105, pp. 874–881