

Instituto de Biociências
Câmpus do Litoral Paulista

CAMILA PRIETO MARTINS

**“AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE FONTES DIFUSAS E PONTUAIS SOBRE A
QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO ITANHAÉM”**

**São Vicente - SP
2025**



CAMILA PRIETO MARTINS

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE FONTES DIFUSAS E PONTUAIS SOBRE A
QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO ITANHAÉM**



Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da UNESP – Campus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Gerenciamento Costeiro.

Orientador: Denis Moledo de Souza Abessa.

São Vicente, SP

2025



P949a

Prieto Martins, Camila

Avaliação do Impacto de Fontes Difusas e Pontuais sobre a
Qualidade Ambiental do Rio Itanhaém / Camila Prieto Martins. -- São
Vicente, 2025

34 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências, São Vicente

Orientador: Denis Moledo de Souza Abessa

1. Sedimento. 2. Ecotoxicologia. 3. Estuário. 4. Tanaidáceo. 5.
Anfípodo. I. Título.



AGRADECIMENTOS

A finalização deste projeto caminha junto com o encerramento da minha graduação. É um momento um pouco melancólico, mas também cheio de fôlego para as próximas etapas. Mais do que apenas agradecida, sinto-me profundamente privilegiada e contemplada por tudo o que vivi aqui: cada conquista, cada oportunidade e cada encontro só foram possíveis porque pessoas muito especiais fizeram o possível para que eu aproveitasse tudo o que a graduação na UNESP podia oferecer.

Em primeiro lugar, agradeço à minha família. Aos meus pais, à tia Geny e à avó Glória, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, acolhimento e suporte em cada escolha. Sempre voltarei correndo para buscar conforto com vocês! Ao meu irmão, meu exemplo desde criança, agradeço por me dar a chance de assistir a família que está construindo. Agora tudo que faço não é apenas por vocês, mas também pela Estelinha!

Nossa vida merece ser compartilhada e celebrada, portanto sempre agradecerei aos meus amigos pela parceria. Foi um prazer crescer junto com as minhas amigas, em especial a Luiza, na cidade que tanto amo. Posso me despedir da graduação, mas sei que sempre poderei contar com as amizades feitas no curso, agradeço à Tedesco, Caiçara, Dora, Pipas e Felipe. Um destaque mais do que especial ao meu melhor amigo, e por sorte namorado, Esli, que faz questão de estar presente em todos os momentos, dividindo comigo as alegrias de cada fase!

Ao longo da graduação, e especialmente em 2025, pude realizar sonhos que eu nem sabia que tinha. Grande parte disso devo ao meu orientador, Denis Abessa, que teve um papel decisivo na minha formação. Obrigada por acreditar em mim desde o início, por confiar no meu trabalho, por me deixar experimentar, errar, tentar de novo e por me tratar como alguém capaz de caminhar com autonomia. Obrigada por abrir portas, incluir-me em projetos, reuniões, coletas e conversas que ampliaram muito o meu olhar. Este TCC sobre o rio Itanhaém é, em grande parte, fruto desse espaço de confiança. Acredito que o mais importante em qualquer relação é a admiração, e posso dizer com tranquilidade que seguirá sendo um dos meus maiores exemplos de pesquisador.

Este trabalho esteve vinculado ao projeto “Regulações e identidades na divulgação científica participatória e interseccional em biodiversidade: subsídios para políticas públicas” (Processo Fapesp #23/11913-9), coordenado pela Profa. Dra. Alessandra Fernandes Bizerra, do Instituto de Biociências/USP, ao qual sou extremamente grata pela oportunidade de fazer parte, e ao projeto Global Estuaries Monitoring Programme, sediado na City University of Hong Kong. Agradeço também ao PIBIC (Processo nº15899-8/2024); essa ajuda e confiança foi fundamental para que eu concluísse meu trabalho.



**RESUMO:**

Localizado na porção sul da Baixada Santista, o município de Itanhaém destaca-se como a maior bacia costeira exclusiva do estado de São Paulo, que envolve o rio Itanhaém e seus tributários. Parte significativa da bacia foi inserida na APA Marinha Litoral Centro, uma vez que a biodiversidade de sua zona estuarina fornece serviços e bens ambientais importantes, além de cumprir funções sociais. Como o município é considerado estância balneária, seus recursos hídricos são fundamentais para a atividade turística da cidade. No entanto, a porção inferior da bacia é afetada por fontes pontuais e difusas de contaminação, as quais estão relacionadas com a urbanização desordenada, a instalação de moradias subnormais, e precariedade da coleta e tratamento de esgotos. Além disso, os descartes de uma Estação de Tratamento de Esgoto municipal afetam diretamente o Rio Itanhaém. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade ambiental do rio Itanhaém a partir de testes de toxicidade aguda em sedimento com o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* e o anfípodo *Tiburonella viscana*. Coletas sazonais foram realizadas em 6 pontos da área estuarina do Rio Itanhaém: A primeira em época mais seca e com baixa presença de turistas na região (agosto a outubro), e a segunda no período de intensa atividade turística e maior pluviosidade, entre dezembro e fevereiro. Em ambos os ensaios, 10 organismos por réplica (3 réplicas por tratamento) foram expostos aos sedimentos por 10 dias, sob condições controladas, e ao final foi determinada a taxa de sobrevivência. Para *M. schubarti*, observou-se, em geral, baixa toxicidade aguda e ausência de padrão sazonal consistente, com dois achados centrais: maior sobrevivência em I02 (próximo à ETE), compatível com subsidiação orgânica moderada, e redução acentuada da sobrevivência em I05, sugerindo a presença de um agente estressor localizado neste local. Para *T. viscana*, a sensibilidade foi maior, com diminuições significativas na sobrevivência em I02 e I05 no período chuvoso e em I01, I03 e I06 no período mais seco, indicando um mosaico de fontes difusas e pontuais ao longo do estuário. Em conjunto, os resultados apontam que, embora grande parte das amostras não provoque efeitos letais intensos para *M. schubarti*, há evidências claras de comprometimento da qualidade dos sedimentos quando avaliados por uma espécie mais sensível. Recomenda-se a integração dos bioensaios com as análises químicas em andamento e destaca-se a relevância de abordagens com diferentes espécies para refinamento do diagnóstico ambiental do rio Itanhaém.

Palavras-chave: Sedimento; ecotoxicologia; estuário; tanaidáceo; anfípodo.



**ABSTRACT:**

The city of Itanhaém is located in the southern portion of the Baixada Santista region and stands out for hosting the largest coastal river basin exclusively within the state of São Paulo, which comprises the Itanhaém River and its tributaries. A significant part of this basin was included in the “APA Marinha Litoral Centro” (Marine Environmental Protection Area), and its estuarine biodiversity provides important environmental goods and services, in addition to fulfilling social functions. Itanhaém’s economy strongly depends on beach tourism and its water resources are fundamental for the local tourism activity. However, the lower portion of the basin is affected by point and diffuse sources of contamination, which are related to unplanned urbanization, the establishment of slums, and deficiencies in sewage collection and treatment. In addition, discharges from a municipal Wastewater Treatment Plant (WWTP) directly affect the Itanhaém River. This study aimed to assess the environmental quality of the Itanhaém River using acute sediment toxicity tests with the tanaid *Monokalliapseudes schubarti* and the amphipod *Tiburonella viscana*. Sediment samplings were carried out seasonally at six sites in the estuarine area of the Itanhaém River: the first during a drier period with low tourist presence in the region (August to October), and the second during a period of intense tourism and higher rainfall precipitation, between December and February. In both assays, 10 organisms per replicate (3 replicates per treatment) were exposed to the sediments for 10 days under controlled conditions, and the survival rates were determined at the end of the tests. For *M. schubarti*, overall low acute toxicity and no consistent seasonal pattern were observed, with two central findings: higher survival at site I02 (near the WWTP), compatible with moderate organic enrichment, and a marked reduction in survival at site I05, suggesting the presence of a localized stressor in that region. For *T. viscana*, sensitivity was higher, with significant reduction of survival rates of organisms exposed to sediments from I02 and I05 in the rainy period, and from I01, I03 and I06 in the drier period, indicating a mosaic of diffuse and point sources along the estuary. Taken together, the results indicate that, although most sediment samples do not cause strong lethal effects to *M. schubarti*, there is clear evidence of impaired sediment quality in some samples, where more sensitive species are. The integration of bioassays with ongoing chemical analyses is recommended, and the relevance of multi-species approaches to refine the environmental diagnosis of the Itanhaém River is highlighted.

Keywords: Sediment; ecotoxicology; estuary; tanaidacean; amphipod.





LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema conceitual simplificado de fontes de contaminação em corpos d'água: à esquerda, o aporte difuso derivado de áreas urbanas e moradias irregulares; à direita, o aporte pontual, representado por descarga de ETE, lançando efluentes diretamente no curso d'água. O diagrama ilustra como ambos os vetores alcançam rios e estuários, especialmente em períodos chuvosos (difusas) ou de menor vazão (pontuais).....	10
Figura 2. Baixada Santista: hidrografia e cobertura vegetal (Inventário Florestal); A. Visão regional com inserto do Estado de São Paulo, exibindo hidrografia e classes do Inventário Florestal. B. Detalhe do município de Itanhaém.....	11
Figura 3. Dinâmica da coluna d'água e do sedimento como repositório de contaminantes. As setas indicam o transporte e a deposição de partículas e substâncias químicas do meio aquoso para o fundo.....	13
Figura 4. Localização dos pontos de coleta ao longo do estuário do Rio Itanhaém e vistas de campo; A. Mapa do estuário com a distribuição dos pontos I01–I06 e indicação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE); B. Vista do canal estuarino e margem com vegetação de manguezal.; C. Destaque para a área associada à ETE.....	15
Figura 5. Exemplar de <i>Monokalliapseudes schubarti</i> (Mañé-Garzón, 1949), vista lateral. Barra de escala = 2 mm.....	16
Figura 6. Registro do Rio Guaraú, Peruíbe.....	17
Figura 7. Exemplar de <i>Tiburonella viscana</i> (J.L. Barnard, 1964), vista lateral.....	17
Autor: Eduardo Masami Kitahara.....	17
Figura 8. Registro da praia Engenho d'água, Ilhabela.....	18
Figura 9. Montagem dos ensaios de toxicidade aguda.....	19
Figura 10. Sobrevivência de <i>M. schubarti</i> a partir da exposição aguda a sedimentos do rio Itanhaém. Asterisco representa diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).....	20
Figura 11. Sobrevivência de <i>T. viscana</i> a partir da exposição aguda a sedimentos do rio Itanhaém. Asterisco representa diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).....	21





SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Objetivo.....	13
3. Materiais e Métodos.....	14
3.1. Área de Estudo.....	14
3.2. Coleta e preparo de sedimento.....	15
3.3. Ensaio Ecotoxicológico.....	16
3.4. Análise estatística.....	19
4. Resultados.....	19
5. Discussão.....	21
6. Conclusão.....	25
Referências.....	27
Anexo I.....	31
Anexo II.....	32





1. Introdução

A costa brasileira apresenta ecossistemas biodiversos e produtivos, com grande relevância ecológica, econômica e social (Dominguez, 2009). Na região Sudeste, o litoral do estado de São Paulo está inserido nos biomas marinhos e da mata atlântica, apresentando uma grande biodiversidade e alto grau de espécies endêmicas, raras e ameaçadas (Brandon *et al.*, 2005). Uma extensa rede de áreas protegidas, como o Parque Estadual da Serra do Mar, o Mosaico de Unidades de Conservação (UC) Jureia-Itatins e o Mosaico de ilhas e áreas protegidas - que inclui três grandes Áreas de Proteção Ambiental (APA) marinhas (Centro, Norte e Sul), estendendo-se desde a divisa com o Paraná, a sudoeste, até a divisa com o Rio de Janeiro, a nordeste - visa cumprir os objetivos de conservação e desenvolvimento sustentável do estado (São Paulo, 2008). Por outro lado, as cidades costeiras de SP, caracterizadas por intensa urbanização, como a porção central da Baixada Santista, e atividades econômicas potencialmente impactantes, como portos e pólos industriais, representam um alto risco de aporte de contaminantes para o ambiente costeiro, incluindo as áreas protegidas (Abessa *et al.*, 2008). Durante eventos chuvosos, o escoamento sobre superfícies impermeáveis mobiliza fontes difusas, transportando não só matéria orgânica e nutrientes, como também contaminantes clássicos e de preocupação emergente (Müller *et al.*, 2020; Peter *et al.*, 2024); já em períodos secos, as fontes pontuais protagonizam o aporte de contaminantes aos corpos hídricos, como efluentes de estações de tratamento de esgoto (ETEs) (Wolfland *et al.*, 2022; Figura 1).





Figura 1. Esquema conceitual simplificado de fontes de contaminação em corpos d'água: à esquerda, o aporte difuso derivado de áreas urbanas e moradias irregulares; à direita, o aporte pontual, representado por descarga de ETE, lançando efluentes diretamente no curso d'água.

O diagrama ilustra como ambos os vetores alcançam rios e estuários, especialmente em períodos chuvosos (difusas) ou de menor vazão (pontuais).

Localizado na porção sul da Baixada Santista, o município de Itanhaém destaca-se como a maior bacia costeira exclusiva do estado, que envolve o rio Itanhaém e seus tributários. O rio Itanhaém é formado pelo encontro dos rios Branco e Preto, seguindo por cerca de 7 km até a foz no mar. A bacia tem 944,3 km² e na planície costeira inclui ambientes ricos e importantes, como manguezais, restinga, banhados, e mata atlântica, conectando-se ao Parque Estadual da Serra do Mar (Camargo & Cancian, 2016; Figura 2). Parte significativa da bacia do Rio Itanhaém foi inserida na APA Marinha Litoral Centro, uma vez que a biodiversidade de sua zona estuarina fornece serviços e bens ambientais importantes, além de cumprir funções sociais. O município de Itanhaém é considerado estância balneária, e seus recursos hídricos são importantes para a atividade turística da cidade, envolvendo desde o uso das praias, cachoeiras, pesca e navegação até a captação de água para a população (Freitas, 2022). No entanto, a porção inferior da bacia é afetada por fontes difusas de contaminação, causadas pela urbanização desordenada, instalação de moradias subnormais e precariedade do sistema de coleta de esgotos. A orla marítima do município também está sujeita a vetores de desenvolvimento em contínua expansão, destacando-se a exploração imobiliária (CETESB, 2022). Além disso, os descartes de uma Estação de Tratamento de Esgoto municipal afetam diretamente o Rio Itanhaém, caracterizando-se como uma fonte pontual de contaminação (SABESP, 2017).



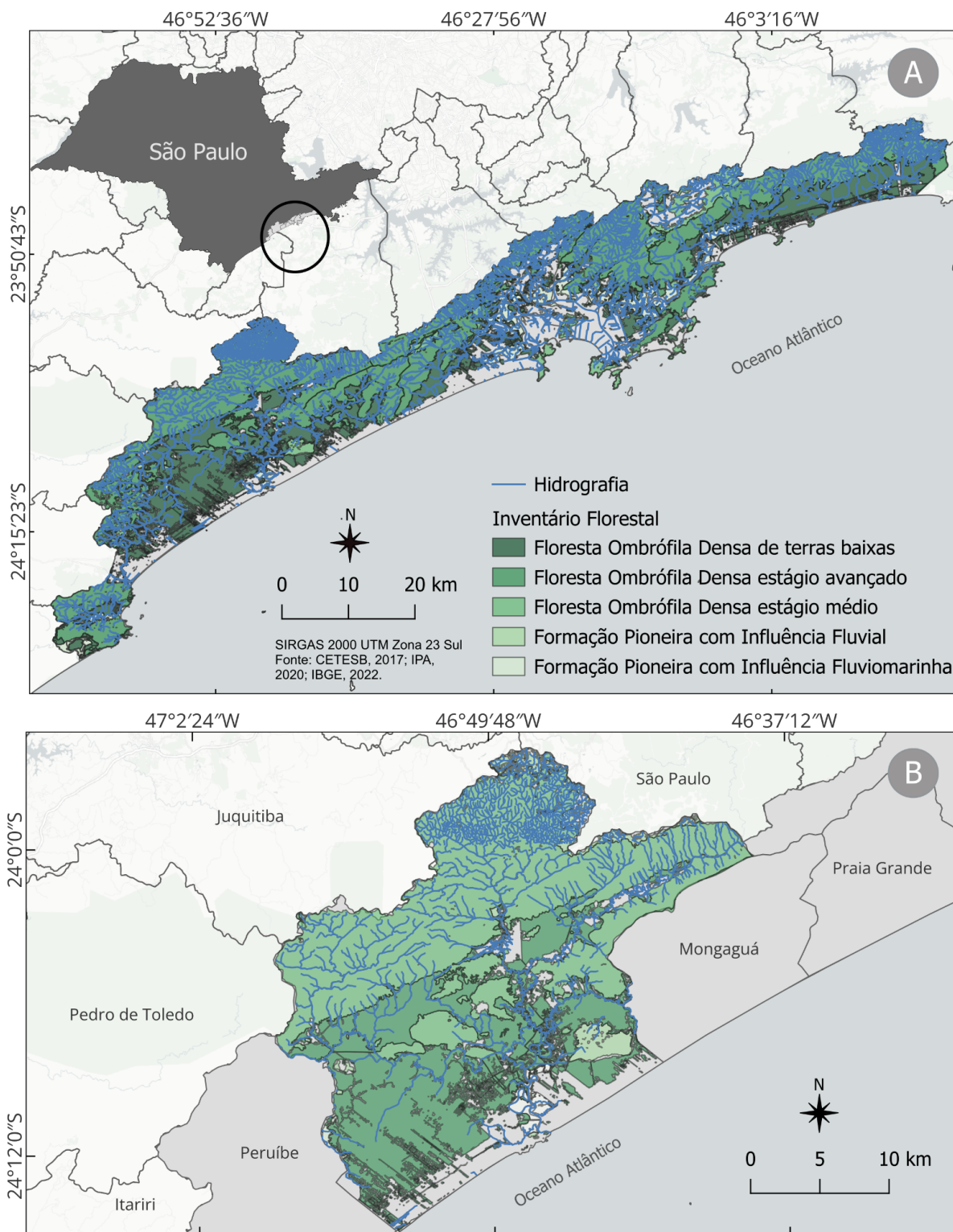


Figura 2. Baixada Santista: hidrografia e cobertura vegetal (Inventário Florestal); **A.** Visão regional com inserto do Estado de São Paulo, exibindo hidrografia e classes do Inventário Florestal. **B.** Detalhe do município de Itanhaém.





No caso dos ambientes estuarinos e marinhos rasos, a presença de poluentes tem sido registrada em algumas áreas marinhas protegidas (AMPs) e seu entorno (Moreira *et al*, 2021; Mansor & Turra, 2021), gerando preocupação quanto à degradação ambiental, efeitos sobre processos ecológicos e perda da efetividade em relação à conservação dessas áreas. Medir e monitorar a poluição é fundamental para proteger a saúde humana e a biodiversidade, identificando riscos e embasando decisões relacionadas à gestão costeira. O monitoramento revela onde e quando os impactos ocorrem e permite acompanhar tendências no tempo, verificando se políticas públicas, saneamento e ações de mitigação estão funcionando. Também ajuda a diferenciar a simples presença de contaminantes de sua disponibilidade biológica. Por isso, é estratégico integrar abordagens complementares: Enquanto a análise química ajuda a identificar e quantificar contaminantes presentes nas amostras, o ensaio ecotoxicológico possibilita avaliar seus efeitos sobre os organismos, tornando-se essencial para avaliação de qualidade ambiental (Abessa, Sousa e Tommasi, 2006; Fenili *et al*, 2011).

Nesse contexto, enquanto a coluna d'água do estuário apresenta alto dinamismo, devido às variações de maré, salinidade e temperatura, o sedimento tende a ser um compartimento ambiental mais estável, que constitui o principal receptor de substâncias químicas, de diversas fontes, lançados no ambiente aquático (Abessa *et al.*, 2008). Portanto, o sedimento pode apresentar uma maior concentração de contaminantes do que a coluna de água, indicando ainda a dinâmica de deposição local (Elliott, 2015; Figura 3). Organismos como poliquetos, decápodos, tanaidáceos, anfípodos e copépodos são exemplos de modelos para testes ecotoxicológicos, uma vez que apresentam estreita relação com sedimentos. Ao considerar hábito alimentar, alta tolerância às variações de salinidade e a sua preferência por sedimentos finos o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* tem sido recomendado como um ótimo modelo de estudo em ambientes estuarinos (Zamboni e Costa, 2002; Mottola, Schork e Resgalla, 2009; Soroldoni *et al*, 2020). Entre os anfípodos bentônicos, o escavador *Tiburonella viscana* tem sido amplamente utilizado em ensaios de toxicidade aguda com sedimento na costa sudeste do Brasil, apresentando elevada sensibilidade a metais, surfactantes e misturas complexas, com protocolos padronizados e desempenho comparável ao de outros organismos-teste amplamente aceitos (Abessa, Rachid e Mastroti, 1998; Melo e Nipper, 2007). Portanto, esforços para avaliar a qualidade ambiental do Rio Itanhaém, exposto constantemente a fontes difusas e pontuais de contaminação, a partir de ensaios ecotoxicológicos com sedimento são importantes (Moreira *et al*, 2021).



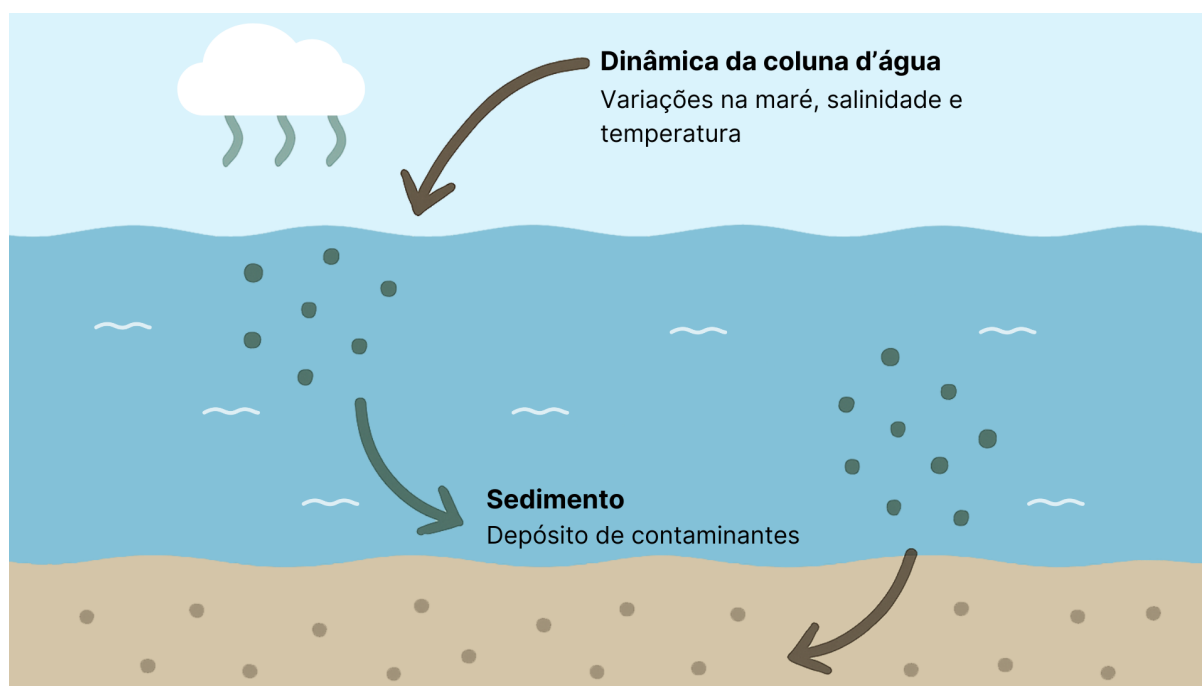


Figura 3. Dinâmica da coluna d'água e do sedimento como repositório de contaminantes. As setas indicam o transporte e a deposição de partículas e substâncias químicas do meio aquoso para o fundo.

2. Objetivo

O objetivo deste projeto é avaliar a qualidade ambiental do rio Itanhaém, tanto em períodos chuvosos e maior vazão, quanto em períodos mais secos e de menor vazão, a partir de testes de toxicidade do sedimento com as espécies *Monokalliapseudes schubarti* e *Tiburonella viscana*. Como objetivos secundários, busca-se avaliar a evolução da qualidade dos sedimentos do rio Itanhaém por meio de uma comparação direta com resultados anteriores reportados por Moreira *et al.* (2019), bem como comparar a performance das duas espécies-modelo nos testes de toxicidade, considerando sua sensibilidade e consistência de resposta entre períodos e pontos amostrais.

A principal hipótese é que se espera uma toxicidade estatisticamente significativa em pontos próximos à ETE. Em ambos os períodos de coleta essa característica pode permanecer, porém espera-se também que no verão outras amostras apresentem maior toxicidade, devido ao maior aporte de contaminantes arrastados pelas chuvas. Adicionalmente, espera-se detectar mudanças no padrão de toxicidade do sedimento em relação ao descrito por Moreira *et al.* (2019), sobretudo nos trechos sob maior influência antrópica, e que as espécies-modelo apresentem respostas diferentes, refletindo diferenças de sensibilidade e de capacidade de discriminar variações espaciais e sazonais na qualidade do sedimento.





3. Materiais e Métodos

3.1. Área de Estudo

O estudo foi conduzido no estuário do Rio Itanhaém (SP), inserido em um contexto climático de caráter tropical, no qual a precipitação ocorre ao longo de todo o ano. Ainda assim, há flutuações sazonais na frequência e na intensidade das chuvas, com tendência a volumes mais elevados e eventos mais intensos nos meses mais quentes, que se refletem em variações de vazão, turbidez e carga de material particulado transportado para o estuário. Essas mudanças modulam o balanço entre descarga fluvial e influência de maré, afetando a mistura de água doce e salina, o transporte e a deposição de sedimentos e, consequentemente, a distribuição e a disponibilidade de contaminantes ao longo do canal. O estuário apresenta margens ocupadas por vegetação típica de manguezal, além de zonas com maior influência marinha próximo à desembocadura. Do ponto de vista sedimentológico, espera-se um gradiente espacial de deposição, com tendência a maior acúmulo de partículas finas e matéria orgânica em trechos de menor energia, e sedimentos relativamente mais arenosos e retrabalhados em setores sob maior influência da maré e da dinâmica costeira (CETESB, 2024).

A partir de discussões técnicas com a equipe envolvida no projeto maior, foram selecionados seis pontos amostrais ao longo do estuário (I01–I06; Figura 4), de modo a representar um gradiente longitudinal e diferentes contextos de pressão antrópica e hidrodinâmica. O ponto I01 foi estabelecido próximo à porção inferior do estuário, sob maior influência marinha e maior renovação hídrica, constituindo uma área com potencial diluição/redistribuição de contaminantes associados à dinâmica de maré e ao transporte de sedimentos. O ponto I02 foi alocado na proximidade da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), caracterizando-se como área potencialmente mais influenciada por fonte pontual, com expectativa de maior risco ecotoxicológico associado a efluentes, sobretudo em condições de menor vazão. Os pontos I03 e I04 representam trechos intermediários do canal estuarino, onde a combinação de menor energia local, presença de margens vegetadas e maior permanência da água pode favorecer a deposição de finos e a retenção de contaminantes, além de refletir a influência conjunta de aportes difusos urbanos, como escoamento superficial, e atividades ao longo das margens. Os pontos I05 e I06 aproximam-se de condições progressivamente mais dulcícolas e, em geral, com menor influência direta da zona de mistura costeira; esses trechos podem refletir tanto o transporte de material proveniente de setores urbanos quanto a contribuição de drenagens locais, funcionando como áreas relevantes para avaliar a





propagação longitudinal de possíveis fontes e o papel do estuário como depósito de contaminantes.

As coletas foram realizadas em dois períodos, buscando contemplar condições contrastantes de vazão e pressão antrópica sazonal: um período mais seco e com menor intensidade turística (agosto a outubro), e um período com maior pluviosidade e intensa atividade turística (dezembro a fevereiro). Essa estratégia visa captar possíveis mudanças na toxicidade do sedimento associadas ao aumento do carreamento de contaminantes no verão (fontes difusas) e, simultaneamente, testar a persistência de efeitos próximos à ETE, especialmente quando a vazão no corpo hídrico é menor.

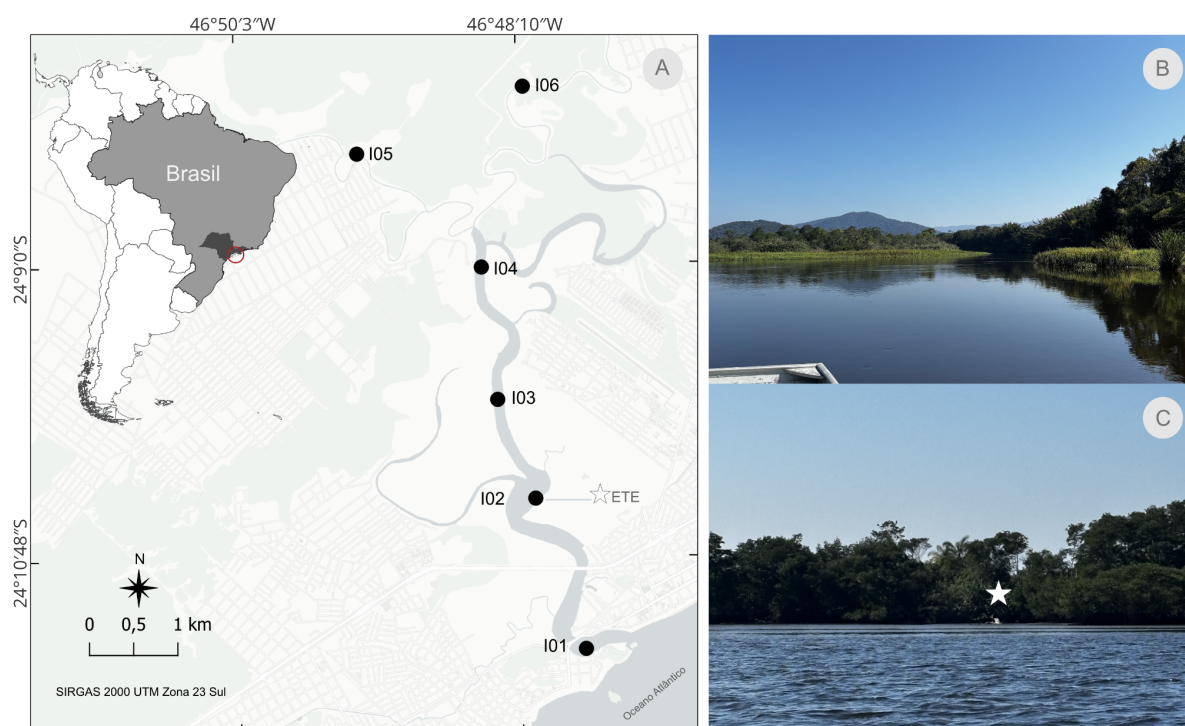


Figura 4. Localização dos pontos de coleta ao longo do estuário do Rio Itanhaém e vistas de campo; **A.** Mapa do estuário com a distribuição dos pontos I01–I06 e indicação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE); **B.** Vista do canal estuarino e margem com vegetação de manguezal.; **C.** Destaque para a área associada à ETE.

3.2. Coleta e preparo de sedimento

O acesso aos pontos de coleta foi feito por embarcação, e em campo foram tomadas as coordenadas geográficas, usando GPS, e medidas de salinidade, temperatura e teor de oxigênio dissolvido na água, usando um medidor multiparâmetro.

As amostras de sedimentos foram coletadas em condição de maré baixa, próximo das margens do rio, utilizando uma pá de aço inoxidável. O sedimento foi retirado da camada





superficial (até 5 cm de profundidade), visando obter pelo menos 2 kg de amostra composta, a qual foi homogeneizada em campo, e resfriada com gelo durante o transporte. Em laboratório, uma alíquota de 1 Kg destinada aos testes de toxicidade foi retirada, acondicionada em frascos de vidro, e armazenada a 4 °C. Uma outra alíquota de 1 Kg foi congelada e destinada para as análises geoquímicas, que incluem tamanho de partícula, teor de carbonato de cálcio, e matéria orgânica. Para a análise de contaminantes orgânicos, cerca de 300 g da amostra foram separados, colocados em recipientes de alumínio e mantidos congelados a -20 °C. Este material foi enviado para a City University of Hong Kong, onde serão realizadas as análises químicas, posteriormente ao presente estudo.

3.3. Ensaio Ecotoxicológico

A coleta do tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* (Figura 5) foi realizada nas margens do rio Guaraú, Peruíbe (Figura 6), local inserido na APA Marinha Litoral Centro e no mosaico de unidades de conservação Juréia-Itatins. Já a do anfípodo *Tiburonella viscana* (Figura 7) foi realizada na praia do Engenho d'água, Ilhabela (Figura 8). Servindo como referência, amostras do sedimento local foram usadas, respectivamente, como controle negativo de cada teste.



Figura 5. Exemplar de *Monokalliapseudes schubarti* (Mañé-Garzón, 1949), vista lateral.

Barra de escala = 2 mm.





Figura 6. Registro do Rio Guaraú, Peruíbe.



Figura 7. Exemplar de *Tiburonella viscana* (J.L. Barnard, 1964), vista lateral.

Autor: Eduardo Masami Kitahara.





Figura 8. Registro da praia Engenho d'água, Ilhabela.

Após serem transportados ao laboratório, os tanaidáceos e os anfípodos foram aclimatados em água do mar filtrada, mantendo-se uma fina camada de sedimento limpo como substrato para reduzir o estresse comportamental, com aeração suave, sem alimentação, e nas mesmas condições de cada ensaio: *M. schubarti* com salinidade ajustada para 16, temperatura controlada em 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12h luz; *T. viscana* com salinidade mantida em torno de 35, temperatura controlada em 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 24h luz. A aclimação seguiu por tempo suficiente para estabilização fisiológica dos organismos (Melo e Abessa, 2002; Zamboni e Costa, 2002), garantindo que as respostas observadas nos testes refletissem a qualidade dos sedimentos e não efeitos de manipulação prévia.

O teste de toxicidade aguda em *M. schubarti* foi realizado de acordo com o método padronizado por Zamboni e Costa (2002). Câmaras de exposição foram montadas em frascos de polietileno contendo uma parte de amostras de sedimento para quatro de água do mar limpa, salinidade de 16. Após 12 horas de equilíbrio, os testes foram iniciados através da exposição de 10 animais por réplica (3 réplicas por tratamento), durante 10 dias, em condições estáveis, ou seja, 25 ± 2 °C, aeração suave, e fotoperíodo de 12 horas de luz (Zamboni e Costa, 2002; Figura 9). No término do período de exposição, o conteúdo de cada réplica foi peneirado em malha de 0.5 mm, tendo sido registrado o número de animais vivos, determinando a taxa de sobrevivência em cada réplica.

Durante a realização do teste de toxicidade aguda em *T. viscana*, foram seguidas as instruções da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – NBR 15638, 2021) e o método padronizado por Melo e Abessa (2002). Entretanto, preservou-se o mesmo arranjo





geral adotado para *M. schubarti*, como proporção sedimento:água, número de organismos por réplica, número de réplicas e tempo de exposição, assim como a finalização do teste com objetivo de determinar a taxa de sobrevivência de cada réplica.



Figura 9. Montagem dos ensaios de toxicidade aguda.

Parâmetros físico-químicos, como níveis de oxigênio dissolvido (OD), pH e salinidade também foram monitorados em todas as câmaras de exposição durante os experimentos, garantindo confiabilidade dos dados.

3.4. *Análise estatística*

A distribuição dos dados e a homogeneidade das variâncias foram verificadas a partir dos testes de Shapiro-Wilk e Cochran, respectivamente. Os resultados foram analisados em um teste t'-student de comparação de duas médias (H_0 ; controle = cada amostra) comparando cada amostra com o respectivo controle. A base de avaliação foi a taxa de sobrevivência dos organismos expostos.

4. Resultados

Nos ensaios de toxicidade aguda com *Monokalliapseudes schubarti*, a sobrevivência no controle manteve-se elevada e, de modo geral, as amostras de sedimento do rio Itanhaém apresentaram altas taxas de sobrevivência, com variação moderada entre pontos e entre estações. Não se observou um padrão sazonal consistente entre períodos chuvoso e seco. Apenas durante o período chuvoso foi possível observar diferenças significativas de sobrevivência em relação ao controle ($p < 0,05$), enquanto o período seco não diferiu estatisticamente (Figura 10).

No período chuvoso destaca-se um aumento significativo da sobrevivência dos animais expostos aos pontos I02 e I03, próximos a ETE, com médias superiores às do





controle e da maioria dos demais pontos. O único ponto que apresentou uma redução significativa de sobrevivência foi o ponto I05. Já no período mais seco, mesmo que sem diferença significativa, observa-se que o ponto I02 apresentou sobrevivência não só bastante similar ao controle, mas também maior que os demais pontos. Além disso, destaca-se também ligeira diminuição de sobrevivência nos pontos I01 e I05.

Taxa de sobrevivência de *M. schubarti*

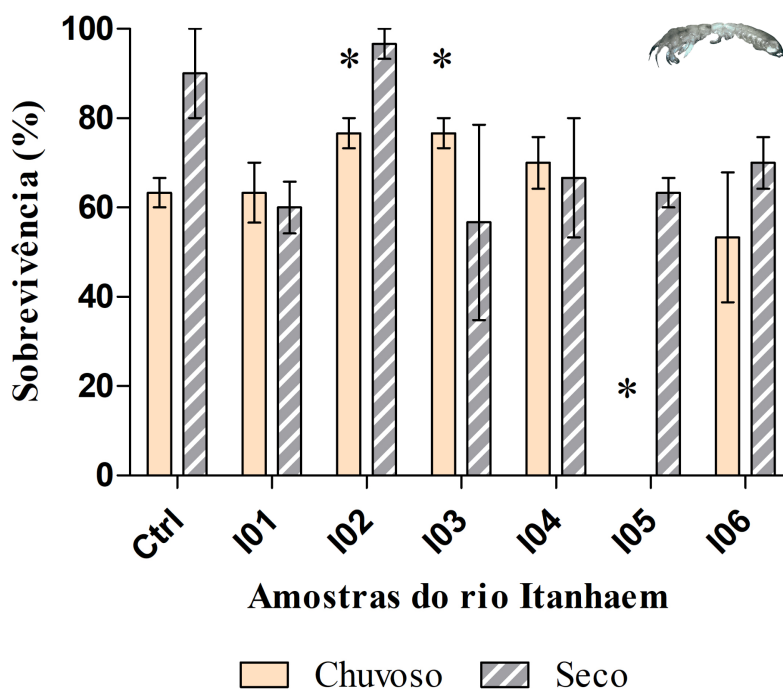


Figura 10. Sobrevivência de *M. schubarti* a partir da exposição aguda a sedimentos do rio Itanhaém. Asterisco representa diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

Os ensaios de toxicidade aguda com *Tiburonella viscana* destacam diminuições significativas na taxa de sobrevivência em diferentes pontos ao longo do rio Itanhaém quando comparados com seu controle ($p < 0,05$) (Figura 11). Ao contrário dos tanaidáceos, essas diferenças estão presentes tanto no período mais seco quanto no período chuvoso.

Observa-se nas amostras do período chuvoso, diferenças nos pontos I02, próximo à ETE, e I05, reafirmando dados apresentados pelos tanaidáceos. Já nas amostras do período mais seco, a mortalidade não se limitou à ETE, mas sim em áreas adjacentes, como os pontos I01 e I03, e no ponto I06.



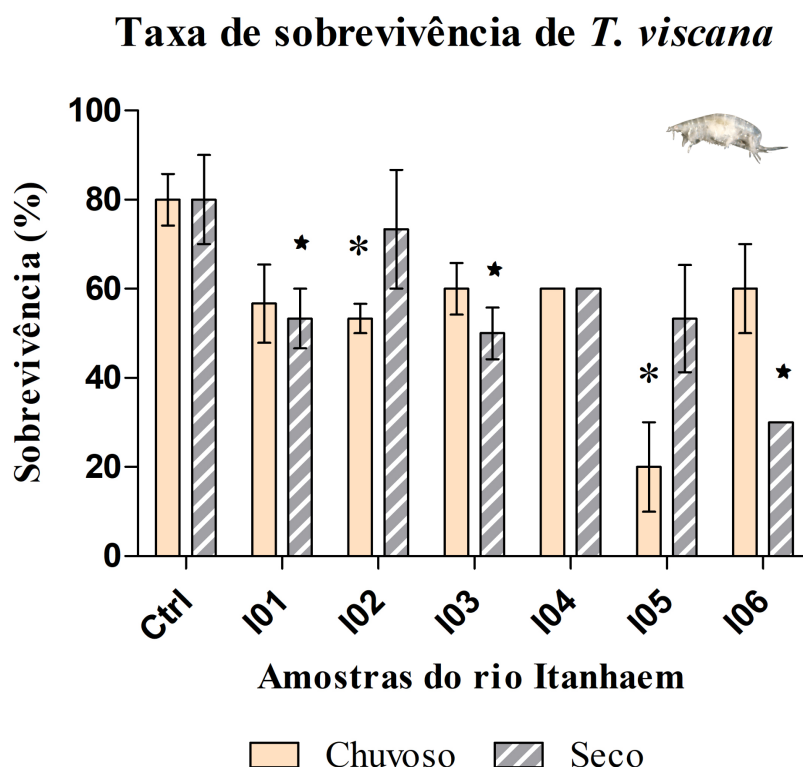


Figura 11. Sobrevivência de *T. viscana* a partir da exposição aguda a sedimentos do rio Itanhaém. Asterisco representa diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$).

5. Discussão

Este estudo avaliou a qualidade ambiental do rio Itanhaém por meio de ensaios de toxicidade aguda em sedimento com o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* e com o anfípodo *Tiburonella viscana*. Amostras foram coletadas a partir de 6 pontos ao longo do estuário do Rio Itanhaém, durante duas estações (chuvosa e seca). Ao avaliar o endpoint de sobrevivência após a exposição dos animais aos sedimentos, durante 10 dias de exposição, protagonizaram-se dois achados: efeitos em ambas as espécies quando expostas ao I02 e a sensibilidade de *T. viscana*, em pontos adjacentes durante a estação mais seca.

Devido aos hábitos tubícola e suspensívoro de *M. schubarti* (Zamboni e Costa, 2002; Mottola, Schork e Resgalla, 2009; Soroldoni *et al*, 2020), aportes moderados de matéria orgânica em áreas sob influência de ETE podem funcionar como “subsídio trófico”, ampliando alimento e favorecendo o micro-habitat, o que é compatível com a sobrevivência mais alta em I02 (Ferraz *et al*, 2020). Estudos de gradiente de esgoto relatam respostas semelhantes, porém, à medida que o enriquecimento é excessivo, seja por hipóxia, sulfetos ou co-ocorrer com outros contaminantes, podem surgir efeitos adversos (Ferraz *et al*, 2020; Vesal *et al*, 2022; Rodrigues *et al*, 2023). Outras evidências de que tanaidáceos podem ser sensíveis





a descargas de esgoto é apresentada por de-la-Ossa-Carretero e colaboradores (2010) em populações de *Apseudes latreillei*, onde proximidade a emissários resultou em menor densidade e alterações no espectro de tamanhos, indicando impacto negativo da poluição por esgoto. Por outro lado, interações geoquímicas podem atenuar parte da toxicidade de metais: em ensaios clássicos, pequenas adições de lodo de esgoto (ou aumento da fração fina do sedimento) reduziram a toxicidade do cádmio para anfípodos infaunais, provavelmente por diminuição da biodisponibilidade via matéria orgânica/particulado (Swartz *et al.*, 1986). Assim, os dois processos de enriquecimento orgânico e de modulação da biodisponibilidade de contaminantes podem coexistir e ajudar a explicar por que, nas condições do nosso ensaio agudo, o balanço em I02 favoreceu a sobrevivência sem, contudo, indicar ausência de risco. Entretanto, enquanto *M. schubarti* apresentou aumento de sobrevivência, compatível com um enriquecimento orgânico moderado, *T. viscana* respondeu com mortalidade significativa no período chuvoso, indicando que, para esse anfípodo, o pacote de contaminantes associados ao efluente (incluindo metais e misturas complexas de contaminantes) supera o benefício trófico. Ensaio prévios mostram que *T. viscana* é particularmente sensível à contaminação em sedimentos costeiros e estuarinos, detectando efeitos em concentrações relativamente baixas de contaminantes (Abessa *et al.*, 1998; Abessa, Sousa e Tommasi, 2006; Melo e Nipper, 2007), o que sustenta sua capacidade de responder em cenários nos quais *M. schubarti* ainda apresenta desempenho aparentemente estável. Além disso, estudos anteriores indicaram que os sedimentos do estuário do Rio Itanhaém foram esporadicamente tóxicos para *T. viscana* (Seriani *et al.*, 2006), corroborando os resultados obtidos no presente estudo.

Em conjunto, a comparação com Moreira *et al.* (2019) reforça dois pontos centrais do presente estudo. Primeiro, há convergência quanto ao papel de *T. viscana* como indicador sensível para o Itanhaém: assim como observado em 2019, a espécie respondeu de forma clara a sedimentos do setor estuarino inferior sob maior influência antrópica, sustentando a interpretação de que metais e misturas orgânicas associadas a esgotos podem estar entre os fatores determinantes da toxicidade. Segundo, as diferenças entre os padrões detectados sugerem a importância do recorte amostral e do desenho do ensaio: enquanto Moreira *et al.* (2019) reportaram toxicidade mais frequente (incluindo respostas em *Tisbe biminiensis*), aqui os efeitos foram espacialmente mais heterogêneos e variaram entre períodos, com ocorrência de respostas também em pontos adicionais (especialmente no período seco) e um foco agudo extremo em I05. Essa aparente mudança no mapa de risco destaca que avaliações multiespécies e repetidas no tempo são essenciais para capturar a natureza dinâmica do estuário.





Nesse cenário, o decréscimo significativo da sobrevivência no ponto I05 indica um estresse localizado e episódico, coerente com descargas pontuais, ressuspensão de material contaminado ou aportes específicos. Trata-se de um ponto assimétrico, já que não só foi o único com diferença significativa, mas também com mortalidade de 100% aos tanaidáceos. O fato de *T. viscana* também apresentar redução de sobrevivência em I05, no período chuvoso, reforça que se trata de um foco de contaminação relevante no estuário, coerente com o diagnóstico apresentado no Relatório de Qualidade de Águas Interiores da CETESB para o rio Itanhaém, que, com base em dados recentes, registra elevadas porcentagens de desconformidade para sólidos dissolvidos totais e cloreto, bem como não conformidades recorrentes para metais dissolvidos, como alumínio, ferro e cobre, e para a qualidade microbiológica da água, com cerca de 75% das amostras acima dos limites estabelecidos para *Escherichia coli* em um corpo d'água Classe 2 (CETESB, 2024). Nesse contexto, reforça-se a importância de integrar os achados ecotoxicológicos com dados químicos e microbiológicos e de combinar os bioensaios de rotina já utilizados em programas de monitoramento, como os realizados com *Grandidierella bonneiroides*, com testes adicionais empregando outras espécies, como *Monokalliapseudes schubarti* e *Tiburonella viscana*, ampliando o espectro de resposta biológica e fortalecendo as múltiplas linhas de evidência na avaliação da qualidade ambiental do estuário.

Por fim, a biologia e ecologia de *M. schubarti* são coerentes com os resultados observados: trata-se de espécie abundante em planícies de lama e estuários de baixa energia, com preferência por sedimentos finos e frequentemente associada a áreas com matéria orgânica; populações podem responder fortemente a perturbações de habitat e a pressões antrópicas locais (Leite, Turra e Souza, 2003; Freitas-Júnior, Christoffersen e Branco, 2013; Moreira *et al.*, 2019). Isso explica por que maior disponibilidade de matéria orgânica dissolvida pode melhorar o desempenho no curto prazo (caso I02), enquanto perturbações episódicas podem reduzir rapidamente sua sobrevivência (caso I05). Além disso, como a espécie é tubícola, consegue evitar o contato direto com sedimento, reduzindo sua exposição a contaminantes. A literatura tem sugerido que *M. schubarti* pode ser, em geral, menos sensível do que outros organismos-teste comumente utilizados, como o anfípodo *Tiburonella viscana* ou o copépodo *Nitokra* sp. (Mottola *et al.*, 2009). Os padrões observados nos ensaios com *T. viscana* neste trabalho são consistentes com o uso consolidado deste anfípodo, evidenciando sua tendência a apresentar maior sensibilidade do que outros invertebrados bentônicos (Abessa *et al.*, 1998; Abessa, Sousa e Tommasi, 2006; Melo e Nipper, 2007). Além disso, *T. viscana* é uma das espécies recomendadas em protocolos e normas nacionais para avaliação





de sedimentos marinhos e estuarinos (Melo e Abessa, 2002; ABNT, 2021), o que reforça a relevância de integrá-lo a *M. schubarti* em um contexto de monitoramento ambiental. No presente estudo, a detecção de efeitos em pontos adicionais por *T. viscana* (I01, I03 e I06) sugere que o estuário do Itanhaém apresenta um mosaico de fontes difusas e pontuais que não se limita a áreas imediatamente adjacente à ETE, com dinâmica sujeita à variações em diferentes épocas do ano.





6. Conclusão

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental do rio Itanhaém a partir de ensaios de toxicidade aguda com sedimentos, utilizando duas espécies infaunais com diferentes características ecológicas, o tanaidáceo *Monokalliapseudes schubarti* e o anfípodo *Tiburonella viscana*, em seis pontos ao longo do estuário e em dois períodos (chuvoso e seco). De modo geral, o objetivo foi cumprido: os resultados obtidos permitiram identificar variações espaciais e sazonais na toxicidade dos sedimentos, bem como diferenças de sensibilidade entre as espécies-teste, contribuindo para um diagnóstico mais refinado do gradiente de qualidade ambiental no sistema.

Para *M. schubarti*, observou-se, em geral, baixa toxicidade aguda, sem padrão sazonal consistente. A sobrevivência manteve-se elevada na maior parte das amostras, com dois destaques: maior sobrevivência em I02, especialmente no período chuvoso, compatível com subsidiação orgânica associada à ETE; e redução acentuada, com mortalidade de 100%, em I05, sugerindo a presença de um estressor localizado ou episódico. Já *T. viscana* revelou um quadro mais sensível e abrangente, com diminuições significativas na sobrevivência em diferentes pontos e em ambas as estações (I02 e I05 no período chuvoso; I01, I03 e I06 no período seco), indicando que o estuário está sujeito a um mosaico de fontes difusas e pontuais de contaminação que não se restringem à área imediatamente adjacente à ETE.

Em relação às hipóteses propostas, a expectativa de maior toxicidade em pontos próximos à ETE foi parcialmente corroborada. De fato, no período chuvoso, *T. viscana* indicou toxicidade em I02, reforçando a importância da ETE como fonte pontual de contaminação. No entanto, para *M. schubarti*, o sedimento de I02 induziu uma maior sobrevivência, sugerindo que a combinação de aumento de matéria orgânica e modulação da biodisponibilidade de contaminantes pode atenuar a toxicidade aguda para essa espécie. Essa interpretação é coerente com o fato de *M. schubarti* ser uma espécie registrada em estuários da região, podendo apresentar tolerância relativa a variações naturais e a estressores típicos desses ambientes, além de estar em consonância com padrões já observados anteriormente para o sistema (Moreira *et al.*, 2019). A hipótese de maior toxicidade no período chuvoso também foi atendida apenas em parte: embora o regime de chuvas tenha coincidido com efeitos em I02 e I05, a presença de respostas significativas em pontos adicionais durante o período mais seco (I01, I03 e I06 para *T. viscana*) mostra que o sistema permanece sob pressão mesmo em condições de menor vazão, possivelmente devido a descargas contínuas, acúmulo prévio de contaminantes no sedimento ou fontes difusas atuando ao longo do ano.





Comparativamente, os resultados aqui obtidos são consistentes com o diagnóstico de Moreira *et al.* (2019) ao confirmar a utilidade de *T. viscana* para revelar comprometimento da qualidade do sedimento no estuário do Itanhaém, especialmente em setores sujeitos a pressões antrópicas. Ao mesmo tempo, as diferenças no padrão de ocorrência e na abrangência espacial dos efeitos, incluindo a identificação de um foco crítico em I05 e a detecção de respostas em pontos adicionais no período seco, sugerem que o sistema pode alternar no tempo, entre cenários de toxicidade mais frequente e episódios/localizações de maior intensidade, reforçando a necessidade de monitoramentos periódicos e com abordagem multiespécies para captar tanto tendências quanto eventos pontuais.

Assim, os resultados indicam que os sedimentos do rio Itanhaém, em sua maior parte, não impõem efeitos letais intensos para *M. schubarti* em ensaios agudos, mas apresentam sinais claros de comprometimento quando avaliados por uma espécie mais sensível, como *T. viscana*. O uso combinado de ambas as espécies permitiu captar tanto situações de subsidiação orgânica e tolerância relativa (*M. schubarti*) quanto focos de toxicidade mais sutis e disseminados (*T. viscana*), reforçando a importância de baterias de bioensaios com organismos de diferentes hábitos e sensibilidades. Como desdobramento, recomenda-se integrar os dados ecotoxicológicos às análises geoquímicas em andamento, aprofundar a investigação em pontos críticos (especialmente I02 e I05) e, em futuras avaliações, incorporar outros endpoints e espécies-teste, de forma a ampliar o poder diagnóstico sobre a influência conjunta de fontes difusas e pontuais na qualidade ambiental do rio Itanhaém.





Referências

- Abessa, D.M.S., Carr, R.S., Sousa, E.C.P.M., Rachid, B.R.F., Zaroni, L.P., Gasparro, M.R., Pinto, Y.A., Bicego, M.C., Hortellani, M.A., Sarkis, J.E.S., Muniz, P., 2008. Integrative ecotoxicological assessment of contaminated sediments in a complex tropical estuarine system. In: Hofer, T.N. (Ed.), *Marine Pollution: New Research*. Nova Science Publishers, New York, pp. 1–36.
- Abessa, D.M.S., Sousa, E.C.P.M., Rachid, B.R.F., & Mastroi, R.R. (1998). Use of the burrowing amphipod *Tiburonella viscana* as a tool in marine sediments contamination assessment. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 41(2), 225–230. <https://doi.org/10.1590/s1516-89131998000200009>
- Abessa, D.M.S., Sousa, E.C.P.M., Tommasi, L.R., 2006. Utilização de testes de toxicidade na avaliação da qualidade de sedimentos marinhos. *Revista de Geologia* 19 (2), 253e261.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 15638 de 12/2021 - Ecotoxicologia aquática — Toxicidade aguda — Método de ensaio com anfípodos marinhos e estuarinos em sedimentos.
- Brandon, K.; Fonseca, G. A. B da; Rylands, A. B.; & Silva, J. M. C. da. (2005). 1007 Conservação brasileira: desafios e oportunidades. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 7-13.
- Camargo, A. F. M., & Cancian, L. F. Ecologia da bacia do rio Itanhaém: características limnológicas e uso do solo. In: MORAES, MEB., and LORANDI, R., orgs. *Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas* [online]. Ilhéus, BA: Editus, 2016, pp. 197-218. ISBN 978-85-7455-443-3.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). (2022). *Qualidade das praias litorâneas do Estado de São Paulo. Série relatórios*.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). (2024). *Relatório de qualidade de águas interiores 2023 (RAI-2023)*. São Paulo, SP: CETESB. <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/manual-de-gerenciamento-deareas-contaminadas/informacoes-gerais/apresentacao/>. Acessado em 13 de outubro de 2021
- de-la-Ossa-Carretero, J. A., Del-Pilar-Ruso, Y., Giménez-Casalduero, F., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2010). Sensitivity of tanaid *Apseudes latreillei* (Milne-Edwards) populations to sewage pollution. *Marine Environmental Research*, 69(5), 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2009.12.005>
- Dominguez, J.M.L., 2009. The coastal zone of Brazil. In: *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Lecture Notes in Earth Sciences*, vol 107.





- Elliott, M. 2015. Transitional waters: A new approach, semantics or just muddying the waters? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, v. 154, p. 1–4.
- Fenili, L.H.; Gomes, C. C.; Rocha, V. F.; Zanin, G. R.; Masutti, M. B.; Gonçalves, C.; Silvério, P. F.; Lima, S. N. P. (2011). Avaliação da concentração de metais e arsênio e sua relação com granulometria e ensaios ecotoxicológicos no canal do Porto de Santos. Em: Anais do V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Santos.
- Ferraz, M. A., Choueri, R. B., Castro, Í. B., Simon da Silva, C., & Gallucci, F. (2020). Influence of sediment organic carbon on toxicity depends on organism's trophic ecology. *Environmental Pollution*, 261, 114134. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114134>
- Freitas, G.S.; Arruda, R.O.M.; Rosini, E.F.; Osti, J.A.S. 2022. Analysis of the bathing suitability of the beaches of Itanhaém (São Paulo, Brazil): insights from a long-term monitoring data series. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. e14911427107.
- Freitas-Júnior, F., Christoffersen, M. L., de Araújo, J. P., & Branco, J. O. (2013). Spatiotemporal distribution and population structure of *Monokalliapseudes schubarti* (Tanaidacea: Kalliapseudidae) in an estuary in southern Brazil. *The Scientific World Journal*, 2013, 363187. <https://doi.org/10.1155/2013/363187>
- Leite, F. P. P., Turra, A., & Souza, E. C. F. (2003). Population biology and distribution of the tanaid *Kalliapseudes schubarti* Mañé-Garzón, 1949, in an intertidal flat in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(3), 469–479. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000300013>
- Mansor, M. T. C.; Turra, A. (2021). Gestão do desconhecido: a preocupação com o lixo no mar em unidades de conservação marinhas e costeiras do estado de São Paulo. XIV Encontro Nacional de Gerenciamento Costeiro.
- Melo, S. L. R.; Abessa, D. M. S. (2002). Testes de toxicidade com sedimentos marinhos utilizando anfípodos. In I. A. Nascimento, E. C. P. M. de Sousa, & M. Nipper (Eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: Aplicações no Brasil* (pp. 179–188). São Paulo, SP: Artes Gráficas e Indústria.
- Melo, S. L. R., & Nipper, M. (2007). Sediment toxicity tests using the burrowing amphipod *Tiburonella viscana* (Amphipoda: Platyschnopidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66(3), 412–420. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.12.003>
- Moreira, L. B., Leite, P. R. B. D., Dias, M. L., Martins, C. C., Abessa, D. M. S. (2019). Sediment quality assessment as potential tool for the management of tropical estuarine





- protected areas in SW Atlantic, Brazil. *Ecological Indicators*, 101: 238-249. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.052>
- Moreira, L. B.; Fernandes, G. M.; Figueira, R.C.L.; Nascimento, R. F.; Cavalcante, R.M.; Machado, W.T.V.; Abessa, D.M.S. (2021). Sediment contamination and toxicity of Marine Protected Areas in southeastern Brazilian coast: A baseline for management planning. *Mar Pollut Bull*;170:112613. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112613. Epub 2021 Jun 11. PMID: 34126445.
- Mottola, L. S. M., Schork, G., & Resgalla Jr., C. (2009). Review of the Protocol and Sensibility of the Tanaid *Kalliapseudes schubartii* in Tests Conducted With Reference Toxicants. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, 4(1), 15–20. <https://doi.org/10.5132/jbse.2009.01.003>
- Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2020). The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of the Total Environment*, 709, 136125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125>
- Peter, K. T., Gilbreath, A., Gonzalez, M., Tian, Z., Wong, A., Yee, D., ... Sutton, R. (2024). Storms mobilize organophosphate esters, bisphenols, PFASs, and vehicle-derived contaminants to San Francisco Bay watersheds. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 26(9), 1862–1878. <https://doi.org/10.1039/D4EM00117F>
- Rodrigues, A. P. C.; Pereira, M.M.; Campos, A.; Quaresma, T.L.S; Pova, R.; Vieira, T.C.; Diaz, R.A.; Moreira, M.; Araripe, D.; Monte, C.N.; Machado, W. (2023). Bioavailability assessment of metals from the coastal sediments of tropical estuaries based on acid-volatile sulfide and simultaneously extracted metals. *Coasts*, 3(4), 19. <https://doi.org/10.3390/coasts3040019>
- SABESP - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo. Relatório de Sustentabilidade 2022. São Paulo, 2023.
- São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Zona Costeira Paulista: Relatório de Qualidade Ambiental 2012. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/2013/03/o-relatorio-de-qualidade-ambiental-da-zona-costeira-do-estado-de-sao-paulo-2012/>. Acesso em: 7 de junho de 2024.
- São Paulo. (2008). Decreto N° 53.528, de 8 de outubro de 2008. Cria o Mosaico das Ilhas e Áreas Marinhas Protegidas do Litoral Paulista, e dá providências correlatas. Disponível em:





- <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2008/decreto128553528-08.10.2008.html>. Acesso em: 09 junho 2024.
- Seriani, R., Pinna, F. V., Silveira, F. L., Romano, P., & Abessa, D. M. S. (2006). Toxicidade de água e sedimentos e estrutura da comunidade bentônica do estuário do Rio Itanhaém, SP, Brasil – resultados preliminares. *O Mundo da Saúde*, 30(4): 628-633.
- Seriani, R., Silveira, F. L., Pinna, F. V.; Romano, P., Abessa, D. M. S., & MAGINI, C. (2008). Sediment Quality at the Estuary of Itanhaém River, SP, Brazil. *Mundo da Saúde*, jul/set 32(3): 294-301.
- Soroldoni, S., Vieira da Silva, S., Castro, Í. B., de Martinez Gaspar Martins, C., & Pinho, G. L. L. (2020). Antifouling paint particles cause toxicity to benthic organisms: Effects on two species with different feeding modes. *Chemosphere*, 238, 124610. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124610>
- Swartz, R. C., Ditsworth, G. R., Schults, D. W., & Lamberson, J. O. (1986). Sediment toxicity to a marine infaunal amphipod: Cadmium and its interaction with sewage sludge. *Marine Environmental Research*, 18(2), 133–153. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(86\)90004-8](https://doi.org/10.1016/0141-1136(86)90004-8)
- Vesal, S. E., Auriemma, R., Libralato, S., Nasi, F., & Del Negro, P. (2022). Impacts of organic enrichment on macrobenthic production, productivity, and transfer efficiency: What can we learn from a gradient of sewage effluents? *Marine Pollution Bulletin*, 182, 113972. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113972>
- Wolfand, J. M., Taniguchi-Quan, K. T., Abdi, R., Gallo, E., Irving, K., Philippus, D., Rogers, J. B.; Stein, E. D.; Hogue, T. S. (2022). Balancing water reuse and ecological support goals in an effluent-dominated river. *Journal of Hydrology X*, 15, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2022.100124>
- Zamboni, A. J., & Costa, J. B. (2002). Testes de toxicidade com sedimentos marinhos utilizando tanaidáceos. In I. A. Nascimento, E. C. P. M. de Sousa, & M. Nipper (Eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: Aplicações no Brasil* (pp. 179–188). São Paulo, SP: Artes Gráficas e Indústria.





Anexo I

Valores de p obtidos através do teste t' -student de comparação de duas médias (H_0 ; controle = cada amostra) para os tanaidáceos *M. schubarti* e para os anfípodos *T. viscana*. Os valores destacados em amarelo apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

M. schubarti

	I01	I02	I03	I04	I05	I06
Período Seco	0,122	0,581	0,266	0,239	0,105	0,176
Período Chuvoso	1,000	0,047	0,047	0,387	0,003	0,566

T. viscana

	I01	I02	I03	I04	I05	I06
Período Seco	0,015	0,680	0,021	0,074	0,143	0,013
Período Chuvoso	0,073	0,025	0,070	0,074	0,012	0,070





Anexo II

Valores dos parâmetros físico-químicos.

<i>M. schubarti</i>						
Inicial				Final		
Pontos	OD	pH	Salinidade	OD	pH	Salinidade
<i>Amostras de dezembro de 2024, período chuvoso, verão</i>						
Controle	7,44	8,13	37	6,76	8,74	37
I01	7,18	8,05	36	7,07	8,77	35
I02	6,51	7,8	35	6,41	6,41	35
I03	7,76	7,76	35	6,54	8,39	35
I04	6,33	7,15	36	7,34	7,22	35
I05	6,5	7,21	35	7,64	7,21	35
I06	5,83	7,13	36	7,55	5,53	32
<i>Amostras de agosto de 2025, período com maior vazão, inverno</i>						
Controle	7,78	6,74	35	7,65	6,93	35
I01	7,72	7	35	7,92	7,11	32
I02	6,48	7,09	35	7,86	7,12	34
I03	6,57	7,19	34	7,73	7,17	35
I04	4,28	7,12	36	7,71	7,26	30
I05	5,78	7,15	36	7,35	7,19	32
I06	5,54	7,15	35	7,37	7,24	35





<i>T. viscana</i>						
Inicial				Final		
Pontos	OD	pH	Salinidade	OD	pH	Salinidade
<i>Amostras de dezembro de 2024, período chuvoso, verão</i>						
Controle	6,49	6,54	15	7,6	6,44	15
I01	6,91	6,8	16	5,7	6,07	16
I02	6,23	6,91	15	6,58	6,13	17
I03	6,66	7	16	7,58	6,17	17
I04	6,16	7,02	14	7,43	6	15
I05	6,42	7,03	15	7,35	5,85	15
I06	4,85	6,8	14	7,53	4,98	15
<i>Amostras de agosto de 2025, período com maior vazão, inverno</i>						
Controle	6,91	6,6	17	6,2	6,24	20
I01	7,9	6,7	17	6,95	6,25	18
I02	5,8	6,68	16	3,45	6,31	16
I03	7,5	6,68	16	6,75	6,3	19
I04	4,2	6,43	16	4,86	6,32	17
I05	5,7	6,63	17	3,5	6,24	16
I06	6,09	6,66	15	6,7	6,03	16



PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: CAMILA PRIETO MARTINS

Título: "Avaliação do impacto de fontes difusas e pontuais sobre a qualidade ambiental do Rio Itanhaém"

Orientador: Prof. Dr. Denis Moledo de Souza Abessa

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Gerenciamento Costeiro

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Prof. Dr. Denis Moledo de Souza Abessa	APROVADA
Prof. Dr. Lucas Buruaem Moreira	Aprovada

PARECER:

O trabalho foi apresentado dentro do tempo ~~estipulado~~
dentro das normas e a argumentação demonstra
conhecimento e respostas para satisfatório.
Portanto meu parecer é pela aprovação.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Camila Prieto Martins** obteve o seguinte conceito:



APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 08 de dezembro de 2025.


Prof. Dr. Denis Moledo de Souza Abessa


Prof. Dr. Lucas Buruaem Moreira