NAS ÁGUAS DO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO: ENTRE PRESAS E PREDADORES CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO NA ICTIOFAUNA

Érica Alves de Oliveira Santos[1]; Thauane Menezes Vasconcelos[2]; Beatriz Silva Santiago[3]; Samir Hipólito dos Santos[4], Adnívia Santos Costa Monteiro[5], Larissa Santos Xavier [6], Sandra Menezes Walmsley[7], Carlos Alexandre Borges Garcia[8], Marcos Vinicius Teles Gomes[9], Silvânio Silvério Lopes da Costa[10].

RESUMO – O mercúrio (Hg) é um elemento potencialmente tóxico conhecido por sua capacidade de bioacumulação e biomagnificação nos ecossistemas aquáticos, representando risco à biota e à saúde humana por meio do consumo de pescado contaminado. O presente estudo teve como objetivo determinar e comparar as concentrações de Hg total em amostras de músculo de duas espécies de peixes da família Serrasalmidae, *Metynnis lippincottianus* (onívora) e *Serrasalmus brandtii* (carnívora), capturadas na região do Baixo Rio São Francisco. As coletas foram realizadas em junho de 2025 em dois pontos localizados entre os estados de Sergipe e Alagoas. As concentrações de Hg foram determinadas utilizando espectrometria de absorção atômica utilizando analisador direto de mercúrio DMA-80. Foram analisados 88 espécimes, sendo 53 de *M. lippincottianus* e 35 de *S. brandtii*. As maiores concentrações médias foram observadas em *S. brandtii*, com 0,059 ± 0,048 mg/kg no P1 e 0,032 ± 0,014 mg/kg no P2, enquanto *M. lippincottianus* apresentou médias inferiores a 0,005 mg/kg em ambos os pontos. Os resultados evidenciaram a influência do hábito alimentar na bioacumulação do Hg, com maiores concentrações na espécie carnívora. Apesar disso, todos os valores permaneceram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira para consumo humano.

ABSTRACT– Mercury (Hg) is a potentially toxic element known for its bioaccumulation and biomagnification capacity in aquatic ecosystems, posing a risk to biota and human health through the consumption of contaminated fish. This study aimed to determine and compare the concentrations of total Hg in muscle samples from two fish species of the Serrasalmidae family, *Metynnis lippincottianus* (omnivorous) and *Serrasalmus brandtii* (carnivorous), captured in the Lower São Francisco River region. Samples were collected in June 2025 at two points located between the states of Sergipe and Alagoas. Hg concentrations were determined using atomic absorption spectrometry with a DMA-80 direct mercury analyzer. Eighty-eight specimens were analyzed, 53 of M.

[1]) Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, ericaolive381@gmail.com;
[2]) Graduando no Curso de Química Industrial, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6650, Thauane.meenezes@gmail.com;
[3]) Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, biasanttiago@gmail.com;
[4]) Professor voluntário no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, 79) 3194-6378, samirhipolito@gmail.com;
[5]) Professora visitante no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe -UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, adniviacosta@gmail.com;
[6]) Professora Doutora no Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-7401, sandramw1@yahoo.com.br;
[7]) Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, xavierlarissa2@gmail.com;
[8]) Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe- UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, 79) 3194-6378, carlosabgarcia@gmail.com;
[9]) Pesquisador no Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros de Itiúba, 5ª SR – CODEVASF, Perímetro irrigado do Itiúba, s/n, Porto Real do Colégio, AL, CEP: 7290-000, (82) 3551-2159, marcos.teles@codevasf.gov.br;
[10]) Pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elzer, São Cristóvão, SE, CEP: 491000-000, (79) 3194-6378, silvanioslc@gmail.com.

lippincottianus and 35 of S. brandtii. The highest average concentrations were observed in *S. brandtii*, with 0.059 ± 0.048 mg/kg at P1 and 0.032 ± 0.014 mg/kg at P2, while *M. lippincottianus* showed averages below 0.005 mg/kg at both points. The results highlighted the influence of dietary habits on Hg bioaccumulation, with higher concentrations in the carnivorous species. Despite this, all values remained below the maximum limits established by Brazilian legislation for human consumption.

Palavras-Chave – Qualidade ambiental; Bioacumulação; Biomagnificação.

INTRODUÇÃO

O Baixo Rio São Francisco é essencial para a manutenção da biodiversidade, abastecimento humano e desenvolvimetos das ativades socioeconômica da região como a pesca artesanal e agricutura (Barbosa *et al*., 2017). No entanto, alterações hidrológicas, lançamento de efluentes e mudanças no uso do solo podem influenciar a qualidade da água e a dinâmica de elementos potencialmente tóxicos no ambiente aquático (Rodrigues *et al*., 2021).

Entre os elementos potencialmente tóxicos, o mercúrio (Hg) destaca-se por sua elevada toxicidade, persistência e capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Cruz-Esquivel *et al*., 2023). Em ambientes aquáticos, o Hg pode ser convertido em metilmercúrio (MeHg), sua forma química mais tóxica e biodisponível, acumulando-se nos tecidos dos peixes (Basta *et al*., 2023; Jeong *et al*., 2024). Dessa forma, espécies de hábito alimentar carnívoro e onívoro tendem a apresentar maiores concentrações de elementos potencialmente tóxicos, representando risco potencial à biota aquática e à saúde humana por meio do consumo de pescado contaminado (Şimşek *et al*., 2022; Basta *et al*., 2023).

Os peixes são utilizados como bioindicadores ambientais, nesse contexto, estudos envolvendo espécies com diferentes hábitos alimentares permitem compreender os padrões de bioacumulação de Hg no ambiente aquático (Rodrigues *et al*., 2023; Córdoba-Tovar *et al*., 2023). Assim, este estudo teve como objetivo determinar e comparar as concentrações de mercúrio total (Hg) no músculo de *Metynnis lippincottianus* (Pacu CD) e *Serrasalmus brandtii* (Pirambeba), espécies representativas da ictiofauna da região do Baixo Rio São Francisco, relacionando os resultados ao hábito alimentar e aos limites estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 722 e pela Instrução Normativa (IN) nº 160, ambas publicadas em 1º de julho de 2022.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Os pontos de capturas dos espécimes compreendem a região do Baixo Rio São Francisco, localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas. O ponto 1 (P1) abrange os trechos entre Brejo Grande (SE) e Piaçabuçu (AL), enquanto o ponto 2 (P2) está situado entre os municípios Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL) (Figura 1). Essas áreas estão diretamente influenciadas pela dinâmica local, incluindo o tráfego de embarcações, o descarte de efluentes, o uso de insumos químicos, atividade de mineração, alterações no uso e ocupação do solo, bem como as atividades pesqueiras e agrícolas (Souza *et al*., 2013; Souza *et al*., 2019; MMA, 2020)

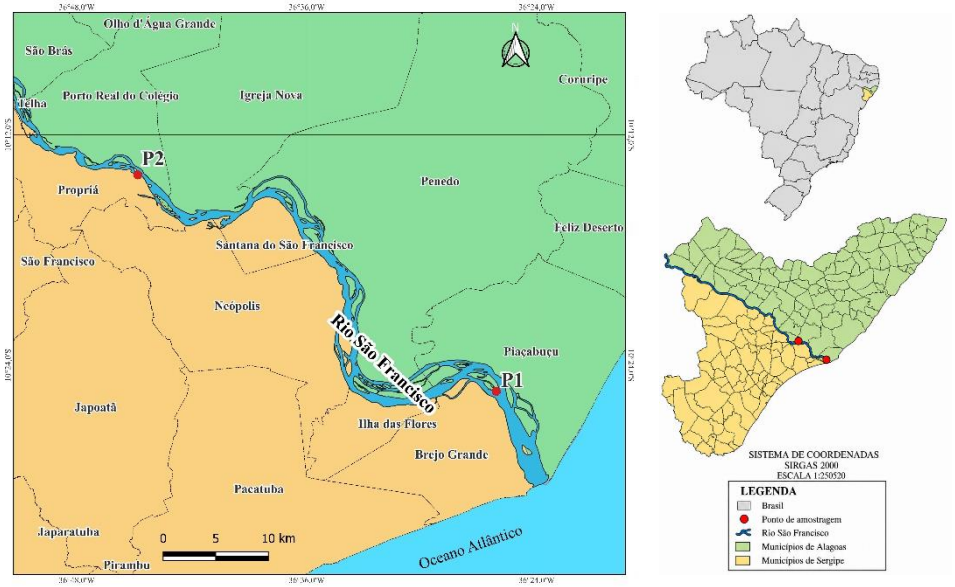


Figura 1- Mapa de localização dos pontos de captura dos espécimes na região do Baixo Rio São Francisco, entre os municípios de Brejo Grande (SE) e Piaçabuçu (AL), e Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL).

Amostragem, identificação e pré-tratamento de peixes

A captura dos espécimes foi realizada no junho de 2025, correspondente ao período chuvoso da região de estudo, com licenciamento junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sob a licença do Sistema de Autorização e Informação sobre Biodiverisade (SISBIO), sob processo de nº 72102-6. O manejo dos espécimes atendeu à Lei nº 11.794/2008 e tiveram todos os procedimentos previamente aprovados pelo Comitê de Ética no Uso Animal da Universidade Federal de Sergipe (CEUA/UFS) sob o parecer nº 6742050923. Os espécimes foram capturados conforme metodologia adaptada de Gomes *et al*. (2021), Santos *et al*. (2022) e Santos (2023). Após a captura, os espécimes foram acondicionados e transportados para o Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental (LTMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

No laboratório, os espécimes foram submetidos à documentação fotográfica, identificação e biometria. A identificação das espécies foi realizada com base em literatura especializada e chaves dicotômicas, com destaque para Reis, Kullander e Ferraris Jr. (2003), Barbosa *et al.* (2017), Santos (2023), Sato (2025) e Gomes e Sato (2026). Posteriormente, os espécimes foram submetidos à biometria. Em seguida, foi retirado um fragmento da musculatura da região lateral-dorsal, conforme metodologia adaptada de Silva *et al*. (2020); Gomes *et al*. (2021); Santos *et al*. (2022); Silva *et al.* (2022) e Santos (2023). As amostras foram enviadas para à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), localizada no município de Porto Real do Colégio/ AL onde foi realizado a análise de Hg.

Para efeito de comparação dos limites máximos de Hg nas amostras de músculo de peixe, utilizou-se os limites máximos de tolerância de contaminantes químicos em alimentos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitaria (ANVISA), conforme Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº - 722, e a Instrução Normativa – IN nº 160, publicadas em 1º de junho de 2022 adotando-se os limites de 0,5 mg/kg para peixes não predadores e 1,0 mg/kg para peixes predadores (ANVISA, 2022b; ANVISA,2022a).

Análise química e garantia de qualidade

As concentrações de Hg total nas amostras de músculo de peixe foram determinadas por decomposição térmica, amalgamação e detecção por espectrometria de absorção atômica, utilizando o equipamento DMA-80 (Direct Mercury Analyzer, Milestone, Bergamo, Itália), de acordo com o método USEPA 7473 (USEPA, 2007b), adaptado de Gomes *et al*. (2021) e Santos (2023). Para assegurar a representatividade e a reprodutibilidade analítica, foram realizadas análises em triplicata a partir do mesmo fragmento muscular. Para a validação do método analítico foi utilizado o material de referência certificado de proteína de peixe DORM-4 da National Research Council Canada.

Análise estatística

Neste estudo, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo calculados o número de espécimes, média, desvio-padrão, valores mínimos e máximos das concentrações de Hg total por espécie e ponto de coleta, utilizando o software BioEstat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações de Hg foram analisadas em 88 espécimes de peixes distribuídas entre os pontos P1 e P2. A espécie *Metynnis lippincottianus*, classificada como introduzida, apresentou o maior número de espécimes analisados (n = 53), distribuídos entre P1 (n = 47) e P2 (n = 6). Já

Serrasalmus brandtii, espécie endêmica, totalizou 35 espécimes analisadas, sendo 20 provenientes do P1 e 15 do P2 (Figura 2). Informações sobre o hábito alimentar, o status e o número de espécimes analisadas em cada ponto de coleta são apresentados na Tabela 1.



Metynnis lippincottianus (Cope, 1870) (Pacu Cd) — *Serrasalmus brandtii (Lütken 1875)* (Pirambeba)

Figura 2- Espécies de peixes.

Tabela 1- Classificação, hábito alimentar e status da ictiofauna capturada durante as coletas na região do Baixo rio São Francisco.

Família	Nome científico e comum	Status das espécies	P1 (nº)	P2 (nº)
Serrasalmidae	*Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870) Pacu CD	Introduzida	47	6
	Serrasalmus brandtii (Lütken, 1875) Pirambeba	Endêmico	20	15

Legenda: P1 ponto de coleta entre os trechos de Brejo Grande (SE) e Piaçabuçu (AL), P2 ponto de coleta entre os municípios de Propriá (SE) e Porto Real do Colégio (AL) e n° número de espécimes capturadas por espécie. **Fonte:** elaborado com os dados da autora (2026), com base em Reis, Kullander e Ferraris Jr. (2003), Barbosa *et al.* (2017), Santos (2023), Sato (2025) e Gomes e Sato (2026).

A exatidão e a qualidade analítica foram verificadas por meio da utilização do material de referência certificado DORM-4, composto por proteína de peixe com concentração certificada de 0,410 ± 0,055 mg/kg de Hg. As análises apresentaram recuperação média de 98,4 ± 2,3 %, com desvio padrão relativo inferior a 3%, evidenciando precisão e confiabilidade do método empregado para a quantificação de Hg nas amostras.

Análise comparativa das concentrações de Mercúrio total e sua conformidade com a Legislação Brasileira

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciaram diferenças nas concentrações de mercúrio total (Hg) entre as espécies analisadas e os pontos de coleta P1 e P2, demonstrando a influência do hábito alimentar nos processos de bioacumulação do Hg. Embora ambas as espécies pertençam à família Serrasalmidae, foram observados padrões distintos de contaminação entre a espécie carnívora *S. brandtii* e a espécie onívora *M. lippincottianus*.

No ponto P1, a espécie *S. brandtii* apresentou a maior concentração média de Hg total no tecido muscular (0,059 ± 0,048 mg/kg), além do maior valor máximo registrado (0,222 mg/kg). Em contraste, a espécie *M. lippincottianus* apresentou concentrações menores, com média de 0,004 ± 0,003 mg/kg e valor máximo de 0,016 mg/kg. No ponto P2, observou-se comportamento semelhante, com concentração média de 0,032 ± 0,014 mg/kg para *S. brandtii* e 0,003 ± 0,001 mg/kg para *M.*

lippincottianus (Tabela 2). Em ambos os pontos de coleta, as concentrações registradas na espécie carnívora foram superiores às da espécie onívora, corroborando o processo de biomagnificação do Hg ao longo da cadeia alimentar (Albuquerque *et al*., 2023; Rodrigues *et al*., 2023; Almeida *et al*., 2024).

Tabela 2- Concentrações (média ± desvio padrão) de mercúrio total no músculo e dados biométricos nas diferentes espécies de peixes capturadas na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.

Pontos	Espécie	Hábito alimentar	CT (cm)	PC (g)	Hg (mg/kg)
P1	*Metynnis lippincottianus*	Onívoro	12,4 ± 1,1 (10,0–15,0)	51,1 ± 12,5 (26,0–84,0)	0,004 ± 0,003 (0,002–0,016)
	Serrasalmus brandtii	Carnívoro	18,4 ± 2,6 (12,7–21,4)	136,0 ± 51,2 (36,0–232,0)	0,059 ± 0,048 (0,025–0,222)
P2	*Metynnis lippincottianus*	Onívoro	12,1 ± 0,9 (11,1–13,7)	50,8 ± 11,4 (34,0–69,0)	0,003 ± 0,001 (0,002–0,004)
	Serrasalmus brandtii	Carnívoro	17,1 ± 2,2 (12,5–19,9)	107,1 ± 38,9 (39,0–178,0)	0,032 ± 0,014 (0,019–0,074)

Legenda: CT comprimento total, PC peso corporal e Hg concentrações de mercúrio total em peixe

A maior acumulação observada em *S. brandtii* está associada ao seu habito alimentar, uma vez que espécies carnívoras consideradas predadoras incorporam Hg por meio do consumo contínuo de presas contaminadas (Cruz-Esquivel *et al*., 2023). Por outro lado, a espécie *M. lippincottianus*, por apresentar hábito alimentar onívoro, cuja dieta é composta por vegetal, sementes e outros itens alimentares de níveis tróficos inferiores, apresentou concentrações reduzidas e menor variabilidade entre os indivíduos analisados (Barbosa *et al*., 2017).

As maiores concentrações de Hg registradas no ponto P1 sugerem influência das condições ambientais locais e de pressões antrópicas presentes no Baixo Rio São Francisco, como urbanização, lançamento de efluentes e alterações hidrológicas. Além disso, a elevada variabilidade observada em *S. brandtii*, especialmente em P1, indica que fatores biológicos, como tamanho, idade e disponibilidade de presas contaminadas, desempenham papel importante na bioacumulação de Hg nos tecidos musculares (Albuquerque *et al*., 2023).

Comparações com estudos realizados na região do Baixo Rio São Francisco reforçam os padrões observados neste estudo. Santos (2023) verificou que espécies carnívoras apresentaram as maiores concentrações médias de Hg, destacando-se a espécie *S. brandtii* (0,098 ± 0,060 mg/kg), enquanto espécies de níveis tróficos inferiores apresentaram menores concentrações, como a espécie *M. lippincottianus* (0,011 ± 0,002 mg/kg). Esses resultados são similares aos observados no presente estudo e corroboram os achados de Silva *et al*. (2020), Silva *et al*. (2022) e Santos (2023), evidenciando a influência do hábito alimentar na bioacumulação e biomagnificação do Hg ao longo da cadeia alimentar.

Dessa forma, os resultados indicam que *S. brandtii* apresenta maior potencial para atuar como bioindicadora da contaminação por Hg na região, refletindo de maneira mais evidente os processos de transferência trófica desse contaminante nos ecossistemas aquáticos do Baixo São Francisco.

Em relação a legislação os resultados demonstraram que as concentrações médias de Hg total permaneceram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela ANVISA, conforme a RDC nº 722/2022 e a Instrução Normativa nº 160/2022, que estabelecem valores de 0,5 mg/kg para peixes não predadores e 1,0 mg/kg para peixes predadores. Conforme observado na Figura 3, as concentrações médias registradas para *M. lippincottianus* variaram entre 0,003 e 0,004 mg/kg, enquanto *S. brandtii* apresentou médias entre 0,032 e 0,050 mg/kg. Embora ambas as espécies tenham apresentado valores abaixo dos limites permitidos, as concentrações observadas em *S. brandtii* foram aproximadamente dez vezes superiores às verificadas em *M. lippincottianus*, evidenciando a influência do hábito alimentar na bioacumulação do Hg.

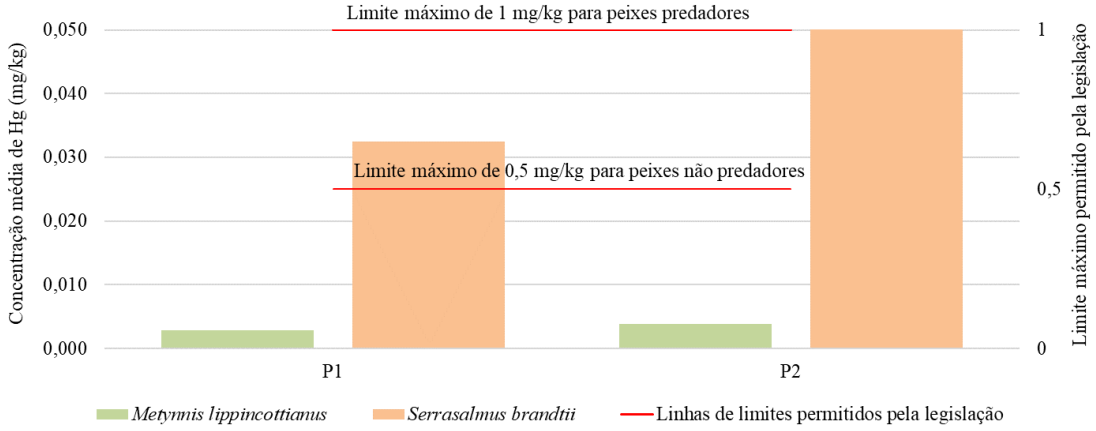


Figura 03- Concentrações médias de Hg no músculo das espécies de peixes analisas, em relação ao limite estabelecido pela legislação brasileira**.**

Os resultados obtidos são semelhantes com os observados por no estudo de Santos (2023), encontrou concentrações médias de Hg em *S. brandtii* variaram entre 0,0456 e 0,0983 mg/kg, valores superiores aos encontrados no presente estudo, porém abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Essa diferença pode estar relacionada às variações temporais de coleta, características ambientais locais e disponibilidade de presas contaminadas.

Apesar dos baixos níveis observados, a detecção sistemática de Hg em ambas as espécies indica que o Hg está presente no ecossistema continua sendo incorporado à cadeia trófica, justificando a necessidade de programas contínuos de biomonitoramento para avaliar potenciais riscos ecológicos e à saúde humana (Vieira *et al*., 2020; Jędruch *et al*., 2023).

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que a bioacumulação de mercúrio na ictiofauna da região do Baixo Rio São Francisco está relacionada ao hábito alimentar das espécies analisadas. A espécie carnívora *S. brandtii* apresentou concentrações de Hg maiores às encontradas na espécie onívora *M. lippincottianus*, evidenciando a ocorrência de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar.

Embora todas as concentrações de Hg tenham permanecido abaixo dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira para consumo humano, a presença de Hg em ambas as espécies mostra que existe a disponibilidade desse elemento potencialmente tóxico no ambiente aquático e sua incorporação pela ictiofauna local. As diferenças observadas entre os pontos de amostragem indicam a influência de fatores ambientais e pressões antrópicas sobre a dinâmica e a biodisponibilidade do Hg na região de estudo.

Dessa forma, a espécie *S. brandtii* mostrou-se promissora para o biomonitoramento da contaminação por Hg na região do Baixo Rio São Francisco, contribuindo para o entendimento dos processos de bioacumulação e biomagnificação desse elemento potencialmente tóxico. Os resultados obtidos podem fornecer subsídios para programas de monitoramento ambiental, conservação da ictiofauna e gestão sustentável dos recursos hídricos da região.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Centro de Referência em Aquicultura e Recursos Pesqueiros de Itiúba – 5ª SR/CODEVASF pelo apoio financeiro, institucional e técnico que possibilitou a realização deste estudo.

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

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). (2022a). Instrução Normativa nº 160, de 1 de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados de contaminantes em alimentos. ANVISA, Brasília – DF.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). (2022b). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 722, de 1 de julho de 2022. Dispõe sobre os limites máximos tolerados de contaminantes em alimentos, os princípios gerais para o seu estabelecimento e os métodos de análise para fins de avaliação de conformidade. ANVISA, Brasília – DF.

ALBUQUERQUE, K.F.M.; SILVA, M.H.L.; AZEVEDO, J.W.J.; SOARES, L.S.; BANDEIRA, A.M.; SOARES, L.A.; CASTRO, A.C.L. (2023). *"Assessment of water quality and concentration of*

heavy metals in fishes in the estuary of the Perizes River, Gulf of Maranhão, Brazil". Marine Pollution Bulletin 186, 114420.

ALMEIDA, R.; BASTOS, W.R. (2024). *"Mercury in Fish and Human Hair and Estimated Dietary Intake in a Riverside Community of the Madeira River Basin in the Brazilian Amazon".* Toxics 12(3), 208.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C.; CINTRA, I. H. A.; SILVA, M. A.; DANTAS, D. V. (2017). *"Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco".* Acta of Fisheries and Aquatic Resources 1(6), pp. 70–90.

BASTA, P.C.; VASCONCELLOS, A.C.S.; HALLWASS, G.; YOKOTA, D.; PINTO, D.O.R.; AGUIAR, D.S.; SOUZA, C.C.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M. (2023). *"Risk assessment of mercury-contaminated fish consumption in the Brazilian Amazon: An ecological study".* Toxics 11(9), 800.

CÓRDOBA-TOVAR, L.; MARRUGO-NEGRETE, J.; BARÓN, P.A.; CALAO-RAMOS, C.R.; DÍEZ, S. (2023). *"Toxic metal(loids) levels in the aquatic environment and nuclear alterations in fish in a tropical river impacted by gold mining".* Environmental Research 224, 115517.

CRUZ-ESQUIVEL, Á.; DÍEZ, S.; MARRUGO-NEGRETE, J.L. (2023). *"Genotoxicity effects in freshwater fish species associated with gold mining activities in tropical aquatic ecosystems".* Ecotoxicology and Environmental Safety 253, 114670.

GOMES, M. V. T.; GARCIA, C. A. B.; SATO, Y.; MENDES, E. A.; MIRANDA, M. O.; COSTA, S. S. L. (2021). *"Determination and evaluation of mercury concentration in fish in the São Francisco River Watershed, Brazil".* Revista Ambiente & Água, 16(1), pp. 1–14.

GOMES, M. V. T.; SATO, Y. (2026). *Ictiofauna de água doce da região do Baixo São Francisco*. Codevasf, Brasília – DF, 63 p.

JĘDRUCH, A.; FALKOWSKA, L.; SANIEWSKA, D.; et al. (2023). *"Mercury in the Polish part of the Baltic Sea: A response to decreased atmospheric deposition and changing environment".* Marine Pollution Bulletin 186, 114426.

JEONG, H.; ALI, W.; ZINCK, P.; SOUISSI, S.; LEE, J.S. (2024). *"Toxicity of methylmercury in aquatic organisms and interaction with environmental factors and coexisting pollutants: A review".* Science of the Total Environment 943, 173574.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2020). *Diagnóstico ambiental integrado da bacia do Rio São Francisco*. MMA, Brasília – DF.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (org.). (2003). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS, Porto Alegre – RS, 742 p.

RODRIGUES, L.; CAPPELLO, M.; MANHÃES, B.; MONTANINI, G.; AZEVEDO, A.F.; LAILSON-BRITO, J.; LEMOS, B. (2023). *"Understanding trophic transference role in mercury biomagnification and bioaccumulation in the Atlantic spotted dolphin (Stenella frontalis)".* Chemosphere 338, 139496.

RODRIGUES, P. A.; FERRARI, R. G.; ROSARIO, D. K. A.; HAUSER-DAVIS, R. A.; LOPES, A. P.; SANTOS, A. F. G. N.; CONTE-JUNIOR, C. A. (2021). "*Interactions between mercury and environmental factors: a chemometric assessment in seafood from an eutrophic estuary in southeastern Brazil".* Aquatic Toxicology, 236, 105844.

SANTOS, E. A. O.; NASCIMENTO, P. T. S.; SILVA, J. M.; SOUZA, W. V.; XAVIER, L. S.; GARCIA, C. A. B.; GOMES, M. V. T.; COSTA, S. S. L. *"Perfil da ictiofauna e rendimento pesqueiro na região do Baixo São Francisco, Brasil".* In: XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste; 15º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 2022. Anais [...]. 2022.

SANTOS, É.A.O. (2023). *Perfil da ictiofauna e níveis de mercúrio em peixes capturados na região do baixo rio São Francisco*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, 89 f.

SATO, Y. (2025). *Peixes da bacia do rio São Francisco*. Codevasf, Brasília – DF, 367 p.

SILVA, C.A.; SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (2020). *"Níveis de mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro, manganês e arsênio em importantes espécies de peixes do Baixo São Francisco"*, in O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais. Org. por Soares, E.C.; Silva, J.V.; Navas, R., Edufal, Maceió – AL, pp. 184–194.

SILVA, C.A.; SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; SILVA, T.J. (2022). *"Distribuição de mercúrio em peixes de diferentes níveis tróficos do Baixo São Francisco",* in *O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais*. Org. por Soares, E.C.; Silva, J.V.; Silva, T.J., v. 2, Edufal, Maceió – AL, pp. 84–98.

ŞIMŞEK, A.; ÖZKOÇ, H.; BAKAN, G. (2022). *"Environmental, ecological and human health risk assessment of heavy metals in sediments at Samsun-Tekkeköy, North of Turkey".* Environmental Science and Pollution Research 29(2), pp. 2009–2023.

SOUZA, M.E.; FILHO, N.E.S.S.; PEREIRA, L.A.; LIRA, L.H.B. (2013). *"Monitoramento e caracterização do assoreamento no Rio São Francisco nas orlas urbanas de Petrolina – PE e Juazeiro – BA"*. Revista da Casa da Geografia de Sobral 15(1), pp. 68–80.

SOUZA, S.O.; COSTA, S.S.L.; BRUM, B.C.T.; SANTOS, S.H.; GARCIA, C.A.B.; ARAUJO, R.G.O. (2019). *"Determination of nutrients in sugarcane juice using slurry sampling and detection by ICP OES".* Food Chemistry 273, pp. 57–63.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). (2007). *Method 7473 - SW-846: Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry*. US EPA, Washington – DC, 17 p.

VIEIRA, T. C.; RODRIGUES, A. P. C.; AMARAL, P. M. G.; OLIVEIRA, D. F. C.; GONÇALVES, R. A.; RODRIGUES E SILVA, C.; VASQUES, R. O.; MALM, O.; SILVA-FILHO, E. V.; GODOY, J. M. O.; MACHADO, W.; FILIPPO, A.; BIDONE, E. D. (2020). *"Evaluation of the bioaccumulation kinetics of toxic metals in fish (A. brasiliensis) and its application on monitoring of coastal ecosystems".* Marine Pollution Bulletin 151, 110830.