ISSN: 2594-6153

Ingestão de Partículas Antropogênicas por *Phalloceros reisi* Lucinda, 2008 em Riachos Costeiros do Sudeste do Brasil

Amanda Selinger[1], Laura Pauli Baccon[1], João Henrique Alliprandini da Costa[1,2], Fabio Cop Ferreira[3], Landulfo Silveira Jr.[1,4], Ursulla Pereira Souza[1]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil
[2]Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Vicente-SP, Brasil
[3]Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos-SP, Brasil
[4]Anhembi Morumbi, Parque Tecnológico, São José dos Campos-SP, Brasil
E-mail: amandaselinger@gmail.com

Resumo: Investigamos a composição de partículas antropogênicas encontradas no trato gastrointestinal (TGI) de *Phalloceros reisi* de riachos costeiros de três bacias do Estado de São Paulo, Brasil. Os peixes foram amostrados em 2016 com auxílio de pesca elétrica em riachos das bacias dos rios Cubatão, Quilombo e Itanhaém. Os TGIs de 45 indivíduos de cada bacia foram analisados e os microplásticos (MPs) registrados foram caracterizados quanto à forma e coloração de maneira visual e estrutura química por meio da espectroscopia Raman. Foram encontrados MPs no TGI de 37 indivíduos, predominantemente fibras azuis, sendo polietileno tereftalato (PET) o polímero identificado. A presença desse formato, coloração e polímero em ambientes distantes de centros urbanos, destaca a urgência em investigar suas principais fontes e os potenciais efeitos na biota aquática.

Palavras-chave: Peixes de riacho, ecologia trófica, Mata Atlântica, partículas antropogênicas, polietileno tereftalato (PET).

Ingestion of Anthropogenic Particles by *Phalloceros reisi* Lucinda, 2008 in Coastal Streams of Southeastern Brazil

Abstract: We investigated the composition of anthropogenic particles found in the gastrointestinal tract (GIT) of *Phalloceros reisi* from coastal streams in three basins in the State of São Paulo, Brazil. The fish were sampled in 2016 using electrofishing in streams in the Cubatão, Quilombo and Itanhaém river basins. The GITs of 45 individuals from each basin were analyzed and the recorded microplastics (MPs) were characterized in terms of shape and color by visual inspection, and chemical structure using Raman spectroscopy. MPs were found in the GIT of 37 individuals, predominantly blue fibers, with polyethylene terephthalate (PET) being the identified polymer. The presence of this shape, color and polymer in environments far from urban centers highlights the urgency in investigating its main sources and potential effects on aquatic biota.

Keywords: Stream fish, trophic ecology, Atlantic Forest, anthropogenic particles, polyethylene terephthalate (PET).

Introdução

Riachos constituem habitats altamente sensíveis às alterações antrópicas nas bacias hidrográficas [1]. Entre as formas de degradação do ambiente aquático, destacam-se os

ISSN: 2594-6153

poluentes suspensos e depositados em substratos, particularmente os de origem plástica [2], o que pode representar risco aos ecossistemas aquáticos e à sobrevivência de peixes [3].

Nos corpos d'água, os plásticos são encontrados em diferentes dimensões: macropartículas (> 5 mm), micropartículas (< 5 mm) e nanopartículas (< 1 mm) [4]. A principal via de exposição dos organismos aquáticos aos microplásticos (MPs) é através da ingestão ou contato com estruturas respiratórias [5], pois as características dessas partículas facilitam a adsorção de contaminantes químicos presentes na água e a adesão aos alimentos ingeridos pela ictiofauna, representando, portanto, potencial de bioacumulação e biomagnificação [6]. Dentro deste contexto, torna-se essencial investigar a ingestão e a composição dos MPs em peixes de riachos para compreender e mitigar os impactos ecológicos dessa poluição na biota e no ecossistema aquático.

Objetivos

Descrever o consumo e a composição das partículas antropogênicas ingeridas por *Phalloceros reisi* em diferentes bacias costeiras do sudeste do Brasil.

Material e Métodos

Foram amostrados riachos de três bacias hidrográficas costeiras do estado de São Paulo: rio Cubatão, rio Itanhaém e rio Quilombo (Fig. 1). Todas as bacias têm suas nascentes em áreas periféricas e pouco ocupadas por municípios da Grande São Paulo, grande parte inseridas no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM).

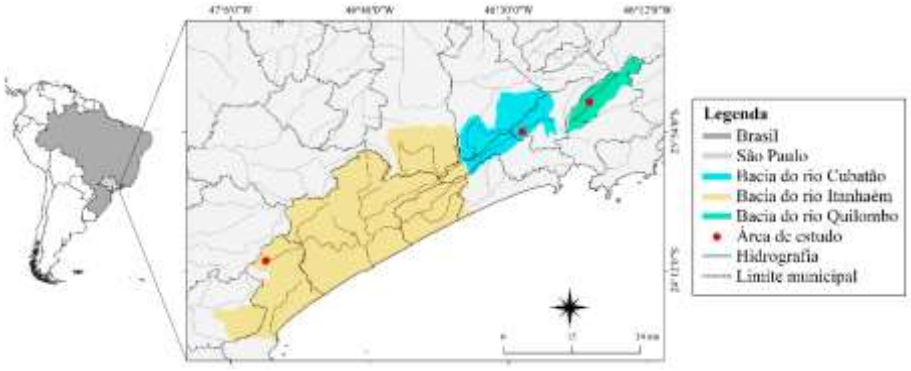

Figura 1: Localização da área de estudo e pontos amostrados dos riachos da bacia dos rios Cubatão (azul), Itanhaém (amarelo) e Quilombo (verde), São Paulo, Brasil.

A coleta foi realizada em 2016, em riachos de 1° a 4° ordem em áreas de baixa ocupação urbana. Os peixes foram amostrados através da pesca elétrica em trechos de 100 m de extensão (46994-1-SISBIO; 260108-002.954/2016-COTEC/MMA; 720615091-CEUA). Os espécimes

ISSN: 2594-6153

capturados foram anestesiados, fixados em formalina 10% e conservados em álcool 70%. Para análise do trato gastrointestinal (TGI), 45 indivíduos de *P. reisi* foram eviscerados e analisados, visualmente, em estereomicroscópio óptico. A incidência de MPs nas três bacias foi comparada pelo Teste Exato de Fisher. Os MPs foram classificados quanto à forma e coloração [7], e destacados para análise espectroscópica. Para a análise química, foi utilizado um espectrômetro micro-Raman dispersivo (Dimension P-1, Lambda Solutions Inc., MA, EUA), com excitação em 830 nm; resolução de 4 cm^{-1} na faixa espectral entre 400 e 1800 cm^{-1}; tempo de coleta de 10 s. Os espectros foram corrigidos na linha de base e comparados com os espectros da literatura [8, 9]. Para evitar contaminação externa, o laboratório teve acesso limitado, ar-condicionado desligado, janelas e portas fechadas [10]. Foram adotados procedimentos de higienização dos materiais, uso de luvas, jaleco de algodão e placas de Petri controle durante as análises [11].

Resultados

Foram encontrados MPs no conteúdo do TGI de 37 indivíduos (16 amostras ou 42,8% dos MPs encontrados nos TGIs). Embora a incidência tenha sido menor nos peixes do rio Cubatão (n = 8) (Tab. 1), não foi detectada diferença significativa entre as três bacias (Teste Exato de Fisher, $p = 0.230$). A cor azul prevaleceu em 43,2% dos MPs, seguida do preto (37,8%) e do vermelho (16,2%). Quanto à morfologia, o tipo predominante foi fibras, abrangendo 97,3%, e as partículas representaram 2,7% (Tab. 1). Em geral, todos MPs encontrados nos peixes apresentaram sinais claros de degradação. Das 16 amostras submetidas à espectroscopia Raman, 13 puderam ser identificadas, e por comparação com a literatura, foram classificadas como tereftalato de polietileno (PET) [8, 9] (Fig. 2), sendo três em cada uma das bacias dos rios Cubatão e Quilombo, e sete na bacia do rio Itanhaém. Três amostras apresentaram nível de ruído alto e foram descartadas.

Tabela 1: Microplásticos encontrados no TGI de *P. reisi* nas bacias dos rios Cubatão, Itanhaém e Quilombo, separados por forma e cor. Total (%): porcentagem de indivíduos de cada bacia que ingeriram MPs.

Bacia Hidrográfica	Fibra azul	Fibra preta	Fibra vermelha	Partícula azul	Total	Total (%)
Cubatão	4	3	1	0	8	8 (17,8%)
Itanhaém	6	5	3	0	14	14 (31,1%)
Quilombo	6	6	2	1	15	15 (33,3%)

ISSN: 2594-6153

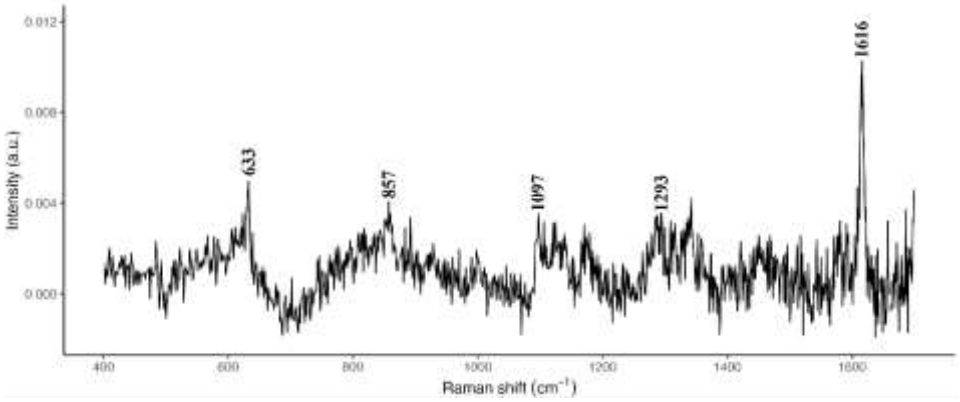

Figura 2: Espectro Raman de um dos fragmentos de MPs identificado como PET recuperado do TGI de *P. reisi*, em riachos das bacias dos rios Cubatão, Itanhaém e Quilombo, São Paulo, Brasil.

Discussão

A ingestão de MPs foi documentada entre as populações de peixes nas três bacias distintas. A propensão dos peixes para ingerir MPs pode estar ligada aos seus padrões comportamentais, particularmente aos seus hábitos alimentares [12]. A estratégia alimentar detritívora dos Poecilídeos, na qual exploram e ingerem os materiais particulados nas regiões marginais e bentônica nos leitos dos riachos, pode aumentar a probabilidade de exposição a MPs durante as atividades de alimentação, uma vez que os substratos são frequentemente documentados como repositórios para partículas de plástico [3].

Predominantemente, as fibras azuis demonstram ser a forma e coloração prevalentes de MPs em ambientes lóticos [13]. A análise espectroscópica de MPs no TGI de *P. reisi* revelou a presença de PET, polímero comumente utilizado em produtos têxteis e na fabricação de embalagens alimentícias de uso único [14]. Composições semelhantes foram relatadas em outras espécies de peixes, sugerindo uma ampla distribuição destes materiais nos ecossistemas aquáticos [15, 16].

A detecção de MPs no TGI dos peixes sugere a elevada capacidade de dispersão destes poluentes a partir de fontes distantes, ou contaminação local, mesmo em áreas de menor ocupação urbana. Alguns estudos ressaltam, por exemplo, a influência da poluição atmosférica através das correntes de vento [17], prevalecendo o formato fibroso [18] em função de sua forma e densidade.

Conclusões

A ocorrência de MPs em *P. reisi* em riachos costeiros de baixa ordem, em áreas de Mata Atlântica, evidencia a importância de investigar diferentes espécies de peixes, mesmo em

ISSN: 2594-6153

riachos próximos a áreas de preservação e distantes de centros urbanos. A ingestão, principalmente de fibras azuis, e a presença do material PET, ressaltam a necessidade de investigar os efeitos dessas formas de fibras poliméricas com colorações específicas no ambiente natural, bem como a urgência de explorar as fontes e as consequências dos MPs na biota aquática.

Agradecimentos: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da FAPESP – Processo No. 2015/18013-7.

Referências

1. Castro RMC, Menezes NA. Estudo diagnóstico da diversidade de peixes do estado de São Paulo. Biodiversidade do Estado de São Paulo. Síntese do conhecimento ao final do século XX. *Vertebrados*. 1998; 6.
2. Malafaia G, Nóbrega RH, Luz TM, Costa AAP. Shedding light on the impacts of gestational exposure to polystyrene nanoplastics on the reproductive performance of Poecilia reticulata female and on the biochemical response of embryos. *Journal of Hazardous Materials*. 2022; 427: 127873.
3. Meng Y, Kelly, FJ, Wright SL. Advances and challenges of microplastic pollution in freshwater ecosystems: a UK perspective. *Environmental Pollution*. 2020; 256: 113445.
4. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 2011; 62: 1596-1605.
5. López-Martinez S, Morales CC, Kadar J, Rivas ML. Overview of global status of plastic presence in marine vertebrates. *Global Change Biology*. 2021; 27: 728-737.
6. Liu Y, Zhang K, Xu S, Yan M, Tao D, Chen L, Wei Y, Wu C, Liu G, Lam PK. Heavy metals in the “plastisphere” of marine microplastics: adsorption mechanisms and composite risk. *Gondwana Research*. 2022; 108: 171-180.
7. Lusher AL, Welden NA, Sobral P, Cole M. Sampling, isolating, and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analysis of Nanoplastics and Microplastics in Food*. 2017; 9; 1346-1360.
8. Zapata F, Ortega-Ojeda FE, García-Ruiz C. Forensic examination of textile fibres using Raman imaging and multivariate analysis. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2022; 268: 120695.
9. Peñalver R, Zapata F, Arroyo-Manzanares N, López-García I, Viñas P. Raman spectroscopic strategy for the discrimination of recycled polyethylene terephthalate in water bottles. *Journal of Raman Spectroscopy*. 2023; 54: 107-112.
10. Bessa F, Frias J, Kogel T, Lusher A, Andrade JM, Antunes J, Gerdts G. Harmonized Protocol for Monitoring Microplastics in Biota. 2019.
11. Rummel CD, Löder MG, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerdts G. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 2016; 102: 134-141.

ISSN: 2594-6153

12. McNeish RE, Kim LH, Barrett HA, Mason SA, Kelly JJ, Hoellein TJ. Microplastic in riverine fish is connected to species traits. *Scientific Reports*. 2018; 8: 11639.
13. Fernandes AN, Bertoldi C, Lara LZ, Stival J, Alves NM, Cabrera PM, Grassi MT. Microplastics in Latin America ecosystems: a critical review of the current stage and research needs. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2022; 33: 303-326.
14. Koshti R, Mehta L, Samarth N. Biological recycling of polyethylene terephthalate: a mini-review. *Journal of Polymers and the Environment*. 2018; 26: 3520-3529.
15. Andrade MC, Winemiller KO, Barbosa PS, Fortunati A, Chelazzi D, Cincinelli A, Giarrizzo T. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental Pollution*. 2019; 244: 766-773.
16. Munno K, Helm PA, Rochman C, George T, Jackson DA. Microplastic contamination in Great Lakes fish. *Conservation Biology*. 2022; 36: e13794.
17. O'Brien S, Rauert C, Ribeiro F, Okoffo ED, Burrows SD, O'Brien JW, Wang X, Wright AL, Thomas KV. There's something in the air: a review of sources, prevalence and behaviour of microplastics in the atmosphere. *Science of the Total Environment*. 2023; 874: 162193.
18. Bullard JE, Ockelford A, O'Brien P, Neuman CM. Preferential transport of microplastics by wind. *Atmospheric Environment*. 2021; 245: 118038.