

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ESTEBAN JORCIN NOGUEIRA

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS NO TRATO
GASTROINTESTINAL DO PEIXE-REI (*ATHERINELLA BRASILIENSIS*) EM PRAIAS
DA REGIÃO DE UBATUBA, SP, BRASIL

SOROCABA – SP

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA, TURISMO E HUMANIDADES
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ESTEBAN JORCIN NOGUEIRA

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS NO TRATO
GASTROINTESTINAL DO PEIXE-REI (*ATHERINELLA BRASILIENSIS*) EM PRAIAS
DA REGIÃO DE UBATUBA, SP, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso
de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade
Federal de São Carlos *campus* Sorocaba para obtenção
do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Orientação: Prof. Dr. George Mendes Taliaferro Mattox

Coorientação: Prof. Dr. Erminio Fernandes

SOROCABA- SP

2022

Folha de aprovação


Esteban Jorcin Nogueira

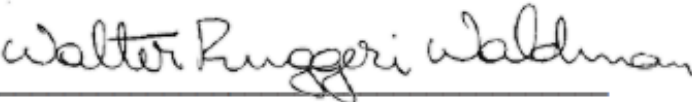
“Avaliação da presença de microplásticos no trato gastrointestinal do peixe-rei
(*Atherinella brasiliensis*) em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil”

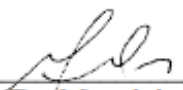
Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – *campus* Sorocaba

Sorocaba, 06 de setembro de 2022.

Orientador 
Prof. Dr. George Mendes Taliaferro Mattox

Membro 1 
Prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman

Membro 2 
Prof. Dr. Mauricio Cetra

Nogueira, Esteban Jorcin

Avaliação da presença de microplásticos no trato gastrointestinal do peixe rei (*Atherinella brasiliensis*) em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil / Esteban Jorcin Nogueira -- 2022.
58f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): George Mendes Taliaferro Mattox

Banca Examinadora: Maurício Cetra, Walter Ruggeri

Waldman, George Mendes Taliaferro Mattox

Bibliografia

1. Contaminação. 2. Ictiofauna marinha. 3. conteúdo estomacal. I. Nogueira, Esteban Jorcin. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

Para a minha família e amigos que sempre me apoiaram
Agradecimentos

Agradeço aos professores que tive ao longo da graduação pelo conhecimento passado e seu suporte durante este período. Aos meus amigos e colegas de classe, que sempre estiveram presentes e dispostos a ajudar.

Agradeço a minha família que me ajudou durante toda a minha graduação com ensinamentos e acreditarem em mim, meus pais Adriana e Marcos e minha irmã Anais.

Agradeço aos meus amigos por sempre torcerem por mim e me apoiarem, assim como amizades que fiz durante meu período de pesquisa.

Agradeço ao LISO e principalmente aos meus orientadores George e Erminio pelo apoio, conhecimento que me passaram e pela amizade construída ao longo destes anos.

Agradeço a UFSCar e a UNESP, por me proporcionarem as ferramentas necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVO.....	11
3 METODOLOGIA.....	12
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	12
3.2 AMOSTRAGEM DE PEIXES.....	15
3.3 COLETA DE DADOS FÍSICO-QUÍMICOS.....	15
3.4 ANÁLISE LABORATORIAL DOS PEIXES.....	16
3.5 ANÁLISE LABORATORIAL DO SEDIMENTO E DA ÁGUA.....	17
3.6 ANÁLISE DE DADOS.....	18
4 RESULTADOS.....	18
4.1 DADOS HIDRODINÂMICOS E CARACTERÍSTICAS DOS LOCAIS AMOSTRADOS.....	18
4.2 ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS NOS PEIXES.....	20
4.3 ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS NA ÁGUA.....	28
4.4 ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS NO SEDIMENTO.....	32
4.5 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	36
4.6 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	37
5 DISCUSSÃO.....	41
5.1 PEIXES.....	41
5.2 ÁGUA.....	42
5.3 SEDIMENTO.....	42
5.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	43
6 CONCLUSÃO.....	44
7 REFERÊNCIA.....	46
8 APÊNDICE.....	50

Resumo

As praias do município de Ubatuba são conhecidas por sua grande diversidade de fauna, sendo que uma das espécies mais abundantes da ictiofauna na região é o peixe-rei (*Atherinella brasiliensis*), objeto de estudo deste projeto. Neste trabalho, estudou-se o grau de contaminação por microplásticos através da análise do trato gastrointestinal de exemplares de *A. brasiliensis*. Foram feitas análises comparativas de duas praias com hidrodinâmicas diferentes. As praias escolhidas para este estudo foram Perequê-Açú e Barra da Seca, sendo a primeira dividida em duas áreas amostrais visando contemplar uma região mais calma e outra de maior energia. Em cada uma das praias foram feitas duas coletas, uma durante o inverno e outra durante o verão. Os peixes coletados foram medidos e seu conteúdo gastrointestinal extraído, sendo os microplásticos, caso presentes, classificados quanto à cor, forma, tamanho e quantidade. Simultaneamente, foram feitas medidas de parâmetros ambientais e coleta de amostras de água e sedimento para correlacionar a presença de microplástico na água e sedimento bem como determinar a influência de fatores abióticos como temperatura e salinidade da água e granulometria do sedimento. Observou-se um grau considerado elevado de contaminação nos indivíduos (~40% dos indivíduos analisados), sendo que os polímeros sintéticos predominantes foram do tipo fibra da cor azul e transparente. Houve maior consumo de microplásticos pelos peixes na Barra-Seca no verão (45%) e durante o inverno na Perequê-Calma (50%), assim como ocorreu uma similaridade da presença de microplásticos em amostras de água para ambos os períodos. A variação de microplásticos na água, assim como no trato gastrointestinal dos peixes foi similar, demonstrando a importância de incluir dados do meio biótico e do meio físico (água e sedimento) neste tipo de estudo.

Palavras-chave: contaminação, conteúdo estomacal, hidrodinâmica costeira, ictiofauna marinha, praia arenosa.

Abstract

The beaches of the municipality of Ubatuba are known for their diverse fauna. One of the most abundant species of the ichthyofauna in the region is the beach silverside (*Atherinella brasiliensis*), object of this study. We studied the degree of contamination by microplastics through the analysis of the gastrointestinal tract of *A. brasiliensis* specimens. Comparative analyses were made in two beaches with different hydrodynamics. The beaches chosen for this study are Perequê-Açú and Barra da Seca, the former being divided into two sampling areas: one calmer and another more energetic. Each beach was sampled twice, one during winter and the other during summer. The collected fish were measured, their gastrointestinal content was extracted, and the microplastics, if present, were classified according to colour, shape, size, and quantity. Simultaneously, measurements of environmental parameters and collection of water and sediment samples were made to correlate the presence of microplastic in the water and sediment, as well as to determine the influence of abiotic factors such as water temperature and salinity and sediment granulometry. The degree of contamination in the individuals was observed and considered high (~40% of the individuals analysed), with the predominant synthetic polymers being blue and transparent of the fiber type. There was a higher consumption of microplastics in the summer at Barra-Seca (45%) and in the winter at Perequê Calma (50%), and a similarity of microplastics in the water samples in both periods. The variation of microplastics in the water and in the gastrointestinal tract of fish was similar, which demonstrates the importance of including data of the biotic environment, as well as the physical environment (water and sediment) in studies such as this.

Keywords: coastal hydrodynamics, contamination, marine ichthyofauna, sandy beach, stomach contents.

1. Introdução

A invenção do plástico modificou radicalmente nosso comportamento de consumo e nos fez entrar na era dos descartáveis. Seu baixo custo, versatilidade e resistência foram decisivos para o crescimento exponencial na sua fabricação e uso (COLE *et al.*, 2011). Por outro lado, o consumo massivo desses polímeros sintéticos, associado ao descarte inapropriado, gerou uma enorme contaminação ambiental, de proporção global, com o acúmulo de 4,9 milhões de toneladas na natureza, sobretudo nos oceanos (JAMBECK *et al.*, 2015; SILVA-CAVALCANTI *et al.*, 2017; BLETTLER *et al.*, 2018; OLIVATTO *et al.*, 2018). O envolvimento e a ingestão de itens plásticos são amplamente reconhecidos nos vertebrados. Estima-se, desde os anos 1990, que mais de 250 espécies marinhas sejam impactadas pela ingestão deste tipo de material (LAIST, 1997).

Os microplásticos são ainda mais pervasivos que os resíduos plásticos grandes quando estão no ambiente marinho, atingindo, através de sua ingestão, praticamente todos os níveis das teias tróficas (WRIGHT *et al.*, 2013, IVAR do SUL & COSTA, 2014). Não há um consenso definindo o menor tamanho que uma partícula de plástico deva ter para ser considerada microplástico, entretanto a maioria dos estudos consideram como sendo <5mm (THOMPSON, 2015).

Atualmente, os itens numericamente mais abundantes de detritos plásticos no oceano são os microplásticos e as quantidades tendem a aumentar inevitavelmente, já que itens grandes e únicos de plástico acabam por se degradar em milhões de fragmentos menores (LAW & THOMPSON, 2014). Quanto à sua origem, os microplásticos são classificados em primários e secundários. Os primários abrangem os microplásticos fabricados para aplicações microscópicas tais como os utilizados em pastas de dentes, protetores solares, esfoliantes, tinta para cabelo, desodorante e esmaltes (FENDALL & SEWELL, 2009; CASTAÑEDA *et al.*, 2014), enquanto que os secundários compreendem detritos maiores que foram fracionados através de processos físicos, químicos e biológicos, até se tornarem pequenos fragmentos.

Fatores como a luz solar e a temperatura, além das próprias características do polímero, influenciam na sua degradação. A radiação ultravioleta, incidente nas águas rasas da região costeira, é outro fator atuante no processo de degradação, causando a oxidação da matriz do polímero (MAILHOT *et al.*, 2000; WAGNER *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2019).

As correntes oceânicas exercem um importante papel na dispersão de poluentes e plásticos de modo geral – isto faz com que muitas vezes a distribuição destes materiais próximos à costa seja heterogênea. Os detritos plásticos depositados no mar consistem principalmente em dois tipos: partículas que afundam imediatamente e detritos com alta capacidade de flutuar por longos períodos (semanas a vários meses). Os detritos marinhos flutuantes são comumente transportados por correntes e ventos antes de serem transportados para a costa ou perderem a flutuabilidade e afundarem (THIEL *et al.*, 2003).

Devido ao seu tamanho, os microplásticos podem ter efeitos diferentes dos detritos maiores, os macroplásticos. Por exemplo, microplásticos flutuantes em correntes oceânicas tornam-se habitats para diversas comunidades de microrganismos, as quais variam dependendo do tipo de polímero (ZETTLER *et al.*, 2013), tornando assim os microplásticos biodisponíveis para os organismos em toda a cadeia alimentar. Sua composição e área superficial relativamente grande os tornam propensos a aderir poluentes orgânicos à base de água e à lixiviação de plastificantes. A ingestão de microplásticos pode, portanto, introduzir toxinas na base da cadeia alimentar, com potencial para bioacumulação (TEUTEN *et al.*, 2009).

Os peixes são um dos mais diversos grupos de animais do planeta, de importância ecológica e econômica indiscutível (NELSON, 2006) e, devido à sua distribuição, são afetados pelos detritos plásticos, cuja ingestão está cientificamente comprovada (CARPENTER *et al.*, 1972; HOSS & SETTLE, 1990; KUBOTA, 1990; LAIST, 1997; BOERGER *et al.*, 2010; SILVA-CAVALCANTI *et al.*, 2017; BLETTER *et al.*, 2019). Os grupos nos quais se relata maior frequência de ingestão de detritos marinhos são tubarões e raias (LAIST, 1997), mas peixes ósseos também são listados como suscetíveis à ingestão destes produtos (CARPENTER *et al.*, 1972; KUBOTA, 1990; LAIST, 1997; BOERGER *et al.*, 2010; BLETTER *et al.*, 2019).

Experimentos de laboratório demonstraram que o processo de ingestão é altamente viável quando plásticos, especialmente aqueles de tamanhos menores, estão disponíveis de forma combinada com itens alimentares (HOSS & SETTLE, 1990; BROWNE *et al.*, 2010). Sugere-se que os peixes ingiram principalmente os fragmentos de plástico com cor e forma semelhantes às de suas partículas alimentares, como também acontece com as tartarugas marinhas, para as quais os sacos plásticos se assemelham a medusas, uma de suas principais fontes de alimento. Devido à grande variedade de cores, tamanhos e formas dos fragmentos

de plástico, eles provavelmente são confundidos com uma ampla variedade de fontes naturais de alimentos (CARPENTER *et al.*, 1972; BOERGER *et al.*, 2010).

O peixe-rei, *Atherinella brasiliensis*, espécie alvo deste estudo, é abundante, possui pequeno porte com no máximo 160 mm de comprimento total, sendo encontrado em águas costeiras do Atlântico Sul, desde a Venezuela ao Sul do Brasil (FIGUEIREDO & MENEZES, 1978). Trata-se de uma espécie generalista que possui uma dieta diversificada, alimentando-se principalmente de material vegetal, pequenos peixes, invertebrados bentônicos, crustáceos e alguns insetos (CONTENTE *et al.*, 2010). Devido à sua dieta variada, é possível que esta espécie possa estar sendo diretamente afetada pelos microplásticos. Além disso, a crescente degradação dos habitats onde a espécie ocorre, a torna mais vulnerável (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al.*, 2009), podendo ser considerada uma espécie importante em avaliações de impacto ambiental, ações de manejo e conservação de ambientes costeiros e estuarinos (FÁVARO *et al.*, 2007).

Na região de Ubatuba, área onde se desenvolveu este estudo, diversas praias são heterogêneas com relação a ação das correntes oceânicas e hidrodinâmica costeira, sendo *A. brasiliensis* uma das espécies comuns na zona de arrebatção de praias arenosas (GONDOLO *et al.*, 2011).

A presente pesquisa estudou a presença de microplásticos no trato gastrointestinal de *Atherinella brasiliensis*, assim como a presença destes contaminantes em praias do município de Ubatuba, através de análise de amostras de água e sedimento. Também é importante destacar que devido à sua ampla distribuição geográfica, o grau de contaminação poderá se tornar um importante bioindicador da qualidade ambiental, em relação à presença de microplásticos.

A pesquisa também procurou verificar como a hidrodinâmica costeira influencia na deposição e concentração de detritos plásticos, e como isto interfere nas taxas de ingestão por peixe-rei. Para tanto, considerou-se praias com características hidrodinâmicas diferentes (Praia da Barra Seca e Perequê-Açú). Espera-se que os resultados obtidos contribuam para evidenciar a problemática da contaminação deste tipo de resíduo e auxilie no desenvolvimento de ações de prevenção e conservação do meio aquático costeiro. Os resultados também poderão ser utilizado como base para futuros estudos na área.

2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi verificar o grau de contaminação de *Atherinella brasiliensis* por ingestão de microplástico, através de uma análise comparativa do conteúdo gastrointestinal de indivíduos amostrados em duas praias com diferentes hidrodinâmicas na região de Ubatuba, Brasil. Adicionalmente, procurou-se relacionar as taxas de ingestão com as características do microplástico (cor, forma e tamanho), presença destes polímeros em amostras de água e sedimentos, bem como com os dados abióticos (granulometria, temperatura e salinidade da água).

3. Metodologia

3.1 Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no município de Ubatuba, SP, Brasil. Nesta região se observam tanto costões rochosos e praias com morfodinâmicas refletivas, perfis íngremes e de maior energia, como a ocorrência de praias arenosas dissipativas e águas calmas. A plataforma continental está predominantemente sob a influência de três tipos de correntes: Água Costeira (AC), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que variam no nível de mistura, influenciando na vida de muitos organismos. Estes sistemas de correntes proporcionam duas características sazonais diferenciadas ao longo do ano. A plataforma continental interna está, no final da primavera e no verão, sob a influência das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS), o que favorece o enriquecimento em nutrientes da região, aumentando assim a disponibilidade de alimento para as larvas de peixes. As ACAS proporcionam estabilidade na coluna d'água devido à formação de uma termoclina. Durante o inverno, com a entrada das águas costeiras (AC) e retração das águas centrais do atlântico sul (ACAS) para a margem da plataforma continental, a coluna de água torna-se mais homogênea enfraquecendo a termoclina e reduzindo a disponibilidade de alimentos (CASTRO FILHO *et al.*, 1987; PIRES-VANIN *et al.*, 1993). Por fim, é importante notar que possivelmente a deriva litorânea desempenha um papel importante para os peixes analisados, uma espécie costeira de pequeno porte que está constantemente sob sua influência.

As praias escolhidas para a realização deste estudo foram as Praia da Barra Seca e Praia Perequê-Açú (coordenadas na Tabela I). Devido ao seu maior tamanho

e hidrodinâmica diferenciada, a Praia Perequê-Açú foi dividida em duas áreas amostrais (Perequê “Brava” e Perequê “Calma”). Estas praias situam-se ao nordeste da cidade de Ubatuba (Figura 1).

Tabela I. Coordenadas geográficas dos locais de estudo, Ubatuba, SP.

Local	Coordenada
Praia da Barra Seca	-23.417880° / -45.047816°
Praia Perequê-Açú	-23.418099° / -45.048494°

A Praia da Barra Seca, orientada de leste-oeste, é classificada como reflexiva de baixa energia com tendência intermediária com declividade média aproximada do estirância de 5,1° e com alto risco de erosão costeira (SOUZA, 2012). Caracteriza-se por apresentar águas calmas, sendo um local muito utilizado por pescadores locais, com menor ocorrência de turistas e pouca urbanização (Figura 2). A Praia Perequê-Açú, orientada de NE é classificada como dissipativa de baixa energia com declividade média do estirância por volta de 4,5° (SOUZA, 2012) e, por sua vez, é bem urbanizada, mais expostas à ação da maré e com alto risco de erosão costeira (Figura 2).



Figura 1- Imagem geral da região de Ubatuba, São Paulo, Brasil. Fonte: Google Earth.

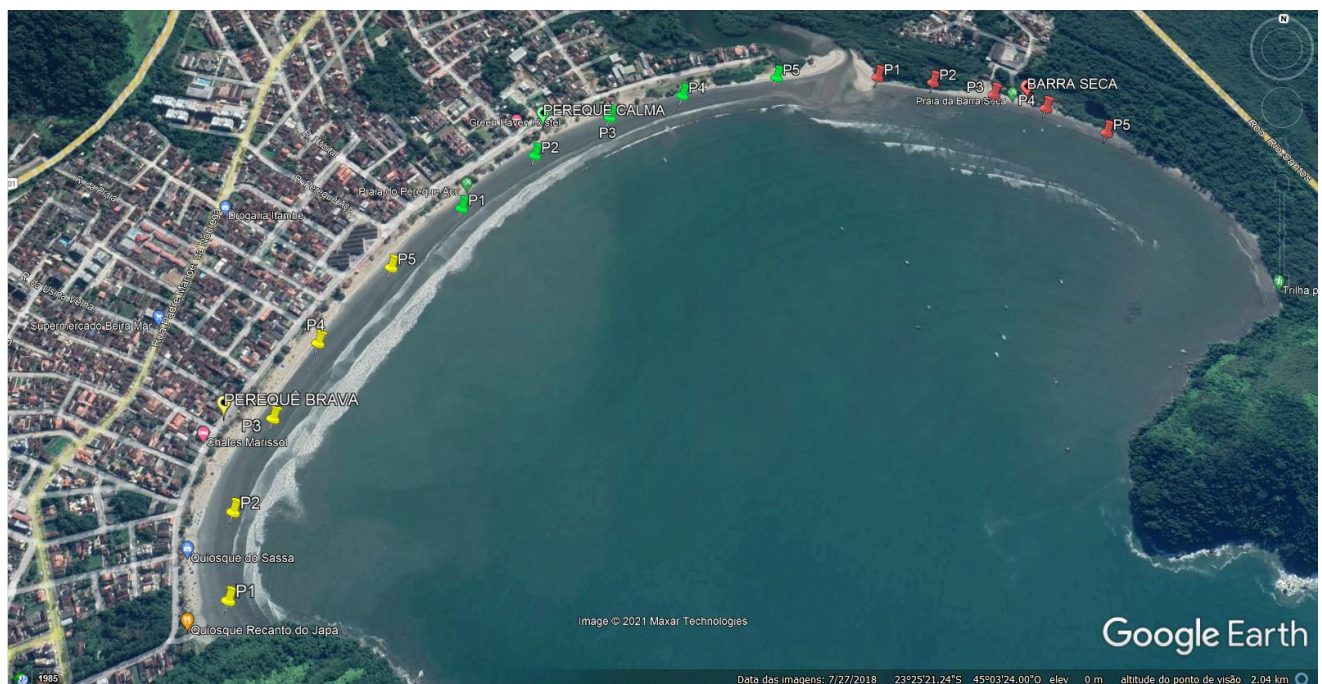


Figura 2- Praias da Barra Seca (pontos vermelhos) e Perequê-Açu (Brava, pontos amarelos, e Calma, pontos verdes) (Ubatuba, São Paulo, Brasil), mostrando a localização dos pontos de coletas. Fonte: Google Earth.

3.2 Amostragem dos peixes

Foram feitas duas coletas, uma no verão e uma no inverno, em cada uma das praias selecionadas, em janeiro e julho de 2021, respectivamente. As coletas foram padronizadas para os períodos de lua cheia e crescente, quando há maior amplitude de maré.

Para a coleta, foi obtida uma autorização para atividade com finalidade científica (SISBIO 75633-1). Os peixes foram coletados com rede de arrasto do tipo picaré (9 m de comprimento e 1,5 m de altura, com distância entre nós de 5 mm). Somente foram retidos nas capturas exemplares da espécie *Atherinella brasiliensis* (Figura 3). Outras espécies capturadas foram imediatamente devolvidas no ambiente. O esforço de pesca foi empregado tantas vezes quanto necessário a fim de obter 20 indivíduos em cada área amostral. Os indivíduos capturados foram anestesiados com solução de Eugenol, de acordo com os critérios definidos na Resolução CFBio nº 301/2012, e fixados com formol 4%. Esta pesquisa está registrada no Comitê de Ética no Uso de Animais da UFSCar (CEUA nº 5280201120).

3.3 Coleta de dados Físico-químicos

Simultaneamente à coleta dos peixes, foram obtidos dados hidrodinâmicos utilizando o aplicativo Wyndy.com, disponível na Play Store. Em cada área amostral foram coletadas cinco amostras de água e cinco de sedimento, tanto no verão como no inverno, em pontos distribuídos de forma equidistante, sendo utilizado GPS para localização de cada ponto amostral. Em cada um destes cinco pontos também foram tomadas medidas *in situ* de parâmetros físicos e químicos: temperatura, pH, condutividade elétrica, salinidade, oxigênio dissolvido, potencial redox, sólidos em suspensão e turbidez, com uma sonda multiparâmetros da marca Horiba U52.

Para a coleta das amostras de água foi utilizado um balde de aço de 10 litros, filtrando-se um volume total de 100 litros para cada ponto, através de uma rede de plâncton de 60 µm. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em frascos de vidros e fixadas com formol 4%. A coleta dos sedimentos foi realizada superficialmente, em cada ponto, com ajuda de pá coletora de aço. O sedimento foi armazenado em frascos de vidro.

As análises granulométricas das amostras de sedimento foram feitas segundo descrito por HAKANSON & JANSSON (1983), após a secagem completa do material,

em estufa a 50°C durante um período de aproximadamente 10 dias. Foi utilizado um agitador mecânico para a separação dos grãos, com peneiras de tamanhos 53µm (silte e argila), 125µm (areia fina), 250µm (areia média), 0.5mm (areia grossa) e 1.0mm (areia muito grossa), segundo escala de WENTWORTH (1922). Após a separação, o material retido em cada peneira foi pesado e determinada a porcentagem de cada fração para a amostra como um todo. Para esta análise, foram utilizadas somente as amostras coletadas durante o inverno.

3.4 Análise laboratorial dos peixes

No laboratório os peixes foram transferidos para álcool 70% para procedimento das análises. Os indivíduos foram medidos e pesados, e classificados em “J” (jovens) e “A” (adultos), com base no estágio de maturação de suas gônadas. O trato gastrointestinal foi removido e preservado em etanol 70% para análise e o conteúdo observado através de uma lupa DI-724 (DIGILAB). Para uma melhor identificação do material, foi feita uma purificação para eliminar resíduos orgânicos do plástico, através de digestão com a enzima tripsina, obtida de pâncreas suíno, da marca SIGMA-ALDRICH (KAVYA *et al.*, 2020).

Os microplásticos encontrados foram classificados por tamanho, cor e formato. A identificação seguiu critérios visuais para determinar se as partículas são sintéticas: 1, ausência de estruturas celulares e orgânicas; 2, cores identificáveis e homogêneas; 3, as fibras de mesma espessura possuindo uma flexão tridimensional para excluir a origem biológica (NORÉN, 2007; HIDALGO-RUZ *et al.*, 2012). A maior dimensão longitudinal foi considerada para determinar o tamanho das partículas.

A ingestão de microplásticos foi caracterizada por local de amostragem, número de indivíduos que ingeriram e número de partículas no trato digestivo por cada animal analisado.

A fim de evitar contaminação, durante os procedimentos laboratoriais foram utilizados aventais limpos de algodão e luvas de procedimento cirúrgico, e as superfícies de trabalho e utensílios utilizados foram esterilizados (SILVA-CAVALCANTI *et al.*, 2017). Para avaliar a contaminação externa por meio de fibras plásticas advindas do ar (ZHANG *et al.*, 2020), foi colocada uma placa de petri aberta com etanol adjacente ao microscópio, para quantificação de fibras de plásticos transportadas pelo ar. Também, foram utilizados frascos de vidros para o armazenamento das amostras cobertas por folhas de alumínio, para evitar a

contaminação por partículas transportadas pelo ar durante a amostragem e procedimentos laboratoriais (SARIJAN *et al.*, 2018).

Com as medidas tomadas *in situ*, foram feitas uma ANOVA assim como uma análise de PCA (Tabela XVIII e Figura 11). Foi feita uma comparação entre praias para determinar suas diferenças e similaridades com base em seus dados físico-químicos, onde foram divididas em letras “A (Barra Seca), B (Perequê Brava) e C (Perequê Calma)” cada uma representando uma área diferente. Letras quando representadas sozinhas indicam que não possuem semelhança com as outras praias; ao estarem juntas (Exemplo “AC”), indicam semelhança entre elas; quando não há letras, representa que não há diferenças significativas entre os dados amostrais (Tabela XVII).



Figura 3 - *Atherinella brasiliensis*. Escala 2cm. Foto George Mattox.

3.5 Análise laboratorial do sedimento e da água

Para análise de plásticos no sedimento foi utilizado o método de peneiração, com peneiras de aço inoxidável de malhas de 53 μ m, 125 μ m, 180 μ m, 250 μ m, 0.5mm, e 1.0mm. A fim de contabilizar a presença total de microplásticos, foi obtida uma amostra composta, integrando as amostras de sedimento de cada área amostral, sendo uma alíquota de 25g por cada ponto, somando 125g por área, totalizando 3 amostras finais (uma para cada área). Após a peneiração, para uma melhor identificação do material, foi feita uma purificação para eliminar resíduos orgânicos do plástico, utilizando peróxido de hidrogênio (H₂O₂) sobre uma placa aquecedora a 60°C, até que todo, ou grande parte do material orgânico fosse dissolvido (PRATA *et al.*, 2019). Posteriormente, foi feita a filtração do material em peneira inoxidável de 53 μ m, seguida da lavagem do sedimento com água destilada, a fim de remover resíduos da solução. Após esta etapa, foi adicionado uma solução de NaCl saturada ao sedimento remanescente, para promover a flutuação do plástico, agitando-se por 1-2 minutos e, posteriormente, aguardando 3 minutos (BETTLER *et al.*, 2019). Por

fim, foi feita a recuperação e armazenamento do material presente no sobrenadante para a futura análise de presença de plástico.

Para a água, as amostras também foram integradas a partir dos 5 pontos de coleta, totalizando 3 amostras finais (uma para cada área). Estas foram passadas através de peneiras de malhas de 125 μ m, 250 μ m, 0.5mm e 1.0mm (ROWLEY *et al.*, 2020), e recuperado o material retido. O material coletado foi armazenado, e a este adicionado água destilada junto com a enzima tripsina, obtida de pâncreas suíno da marca SIGMA-ALDRICH (KAVYA *et al.*, 2020), a fim de degradar o material orgânico e facilitar a identificação do plástico, caso presente. Após a degradação, o material foi lavado com água destilada, através de uma peneira de aço inoxidável de malha 53 μ m e o material retido foi armazenado em frascos de vidro para futuras análises.

3.6. Análise de dados

Para a caracterização e representação de cada uma das áreas de estudo calculou-se uma média (e o desvio-padrão) entre os dados obtidos em cada um dos cinco pontos de cada área amostral (praias Perequê Brava e Calma e Barra Seca).

Para as variáveis ambientais foi feita uma ANOVA (Sigma Plot 14) a fim de verificar diferenças estatísticas significativas ($P < 0,05$), para cada uma das variáveis analisadas, entre as áreas selecionadas

A fim de ordenar as principais diferenças entre os locais e os fatores responsáveis foi feita uma análise de componentes principais (ACP), utilizando dados previamente transformados ($\log x+1$), exceto para o pH, evitando o uso de variáveis redundantes (e.g. condutividade e salinidade; oxigênio massa/volume e oxigênio saturação).

4. Resultados

4.1 Dados Hidrodinâmicos e características dos Locais Amostrados

Período de verão

- Praia Perequê Calma

A praia de Perequê Calma apresentou baixa-moderada urbanização. Durante o período de amostragem (30/01/2021) foram observadas as seguintes feições naturais: dunas (altura 2m), terraço vegetado (10m); coloração do sedimento creme; encalhes na face da praia (lixo plástico, restos vegetais, materiais de pesca e vidro); e as seguintes características oceanográficas: altura de onda (0,6m) direção SE; direção de vento SE a 5km/h; tipo de arrebentação (deslizante); intervalo de arrebentação de 7 segundos.

-Praia Perequê Brava

A praia Perequê Brava, apresentou moderada urbanização (barracas, pousadas, casas, estradas, esgotos). Durante o período de amostragem (30/01/2021) as seguintes características foram observadas: feições naturais, duna (altura 2m), terraço vegetado (6m); coloração do sedimento creme; encalhes na face da praia (lixo plástico, restos vegetais, materiais de pesca); assim como as seguintes características oceanográficas: altura de onda (0,6m) direção SE; direção de vento SE a 3km/h; tipo de arrebentação (progressiva); intervalo de arrebentação de 7 segundos.

-Praia Barra Seca

A praia Barra Seca, apresentou baixa urbanização. Durante o período de amostragem (29/01/2021) as seguintes características foram observadas: feições naturais, duna (altura 1m), terraço vegetado (30m); coloração do sedimento ocre enegrecida; encalhes na face da praia (conchas, restos vegetais, lixo plástico, materiais de pesca e vidro); assim como as seguintes características oceanográficas: altura de onda (0,5m) direção E; direção de vento SE a 2km/h; tipo de arrebentação (deslizante); intervalo de arrebentação de 7 segundos.

Período de Inverno

-Praia Perequê Calma

A praia Perequê Calma não teve mudanças em sua característica de urbanização, mantendo-se baixa-moderada. Durante a amostragem (12/07/2021) os seguintes dados sobre as feições naturais foram obtidos: duna (1 m de altura), terraço vegetado (10m); coloração do sedimento creme; encalhes na face da praia (lixo plástico e vidro); assim como os seguintes dados oceanográficos foram obtidos: Altura

de onda (0,7m) direção SE; Direção do vento SE a 5km/h; Tipo de arrebentação (deslizante); intervalo de arrebentações de 9 segundos.

-Praia Perequê Brava

A praia Perequê Brava manteve suas características de ocupação, mantendo-se em uma taxa de urbanização moderada. Para o período de amostragem (12/07/2021) os seguintes dados sobre as feições naturais foram obtidos: duna (1,5m de altura), terraço vegetado (3m); coloração do sedimento creme; encalhes na face da praia (lixo plástico e vidro); assim como os dados oceanográficos: altura de onda (0,7m), direção SE, direção de vento SE a 5km/h; tipo de arrebentação (deslizante); intervalo de arrebentações de 10 segundos.

-Praia Barra Seca

A praia Barra Seca manteve sua taxa de urbanização baixa em comparação a do verão. Para esta amostragem (13/07/2021) os seguintes dados sobre as feições naturais foram obtidos: duna (1,5 m de altura), terraço vegetado (30m); coloração do sedimento ocre enegrecida; encalhes na face da praia (conchas, entulhos e vegetações); assim como os dados oceanográficos: altura de onda (0,7 m), direção SE, direção de vento NO a 2km/h; tipo e arrebentação (deslizante); intervalo de arrebentações 10 segundos.

4.2 Análise de microplásticos nos peixes¹

Os resultados de ingestão pelos peixes da Barra Seca para o período de verão, podem ser vistos na Tabela II. Nove indivíduos (45%) ingeriram plásticos, todos eles exclusivamente na forma de fibra, e, em sua grande maioria, o consumo foi de plásticos da coloração azul, com o tamanho da partícula variando entre 0,41mm e 5,68mm.

Tabela II- Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Barra Seca (Ubatuba, SP, Brasil), período de verão (janeiro/2021).

¹ Imagens das partículas apresentadas no Apêndice.

Individuo	Idade (J/A)	Massa (g)	Comprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho (mm)	Quantidade
1	J	2,45	57,96	P	azul	fibra	4,93	1
2	J	1,63	53,17	-	-	-	-	-
3	J	2,27	59,29	-	-	-	-	-
4	J	2,35	58,07	P	azul	fibra	1,06	1
5	J	2,3	58,17	-	-	-	-	-
6	J	1,56	52,54	-	-	-	-	-
7	J	1,14	47,76	-	-	-	-	-
8	J	1,75	55,19	P	azul	fibra	3,99	1
9	J	1,74	52,87	P	azul	fibra	4,85	1
10	J	2,68	62,12	-	-	-	-	-
11	J	2,22	57,53	P	vermelho	fibra	5,68	1
12	J	1,51	51,65	P	transparente	fibra	0,96	1
13	J	2,51	59,95	-	-	-	-	-
14	J	1,27	48,7	-	-	-	-	-
15	J	1,87	55,98	P	azul	fibra	2,66	1
16	J	1,49	51,51	-	-	-	-	-
17	J	1,76	53,72	-	-	-	-	-
18	J	0,75	39,9	-	-	-	-	-
19	J	1,37	51,55	P	azul/preto	fibra	3,66	2
20	J	1,9	56,01	P	azul	fibra	0,41	1

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; - = ausente.

Com base na Tabela III referente aos dados de Perequê Brava no verão, é possível notar que os plásticos ingeridos por *A. brasiliensis* também foram todos da forma de fibra, sendo quatro da cor transparente e três da cor azul. O tamanho das partículas variou entre 2,00mm e 4,85mm. Dos 20 indivíduos amostrados, cinco (25%) ingeriram plástico.

Tabela III- Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Perequê Brava (Ubatuba, SP, Brasil) período de verão (janeiro/2021).

Indivíduo	Idade (J/A)	Massa (g)	Cumprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho Partícula (mm)	Quantidade
1	J	7,29	92,56	P	transparente	fibra	2,62	1
2	A	13,9	111,07	-	-	-	-	-
3	A	15,53	117,7	-	-	-	-	-
4	A	15,42	114,07	-	-	-	-	-
5	J	5,63	80,26	P	azul	fibra	2,47	1
6	J	1,67	56,28	-	-	-	-	-
7	A	14,33	110,12	-	-	-	-	-
8	A	9,65	98,56	-	-	-	-	-
9	J	2,72	64,84	P	transparente	fibra	4,85	1
10	J	2,26	61,19	-	-	-	-	-
11	J	10,53	98,56	-	-	-	-	-
12	J	3,61	66,75	-	-	-	-	-
13	J	1,25	48,69	P	-	-	-	-
14	J	2,86	56,84	-	azul	fibra	2,04	1
15	J	1,39	49,56	P	-	-	-	-
16	J	1,79	53,98	P	-	-	-	-
17	J	1,77	56,57	P	-	-	-	-
18	J	1,84	54,06	-	transparente	fibra	2,00	1
19	J	2,45	63,9	-	-	-	-	-
20	J	1,22	47,91	-	-	-	-	-

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; A= ausente

Ao analisar a tabela IV referente à Perequê Calma no período de verão, podemos notar que ao contrário dos outros pontos de amostragem, houve o consumo de plástico da forma de “fragmento” além da de “fibra”, sendo os plásticos tanto “fibras” quanto “fragmentos” em sua maioria da coloração transparente, com apenas um microplástico da cor azul; as partículas variaram em tamanhos de 0,45mm e 3,02mm. Dos 20 indivíduos, apenas cinco (25%) ingeriram partículas plásticas.

Tabela IV- Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Perequê Calma (Ubatuba, SP, Brasil), período de verão (janeiro/2021).

Individuo	Idade (J/A)	Massa (g)	Comprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho (mm)	Quantidade
1	A	13,8	106,7	-	-	-	-	-
2	J	2,02	56,99	-	-	-	-	-
3	A	5,69	81,82	P	transparente	fragmento	3,02	1
4	J	1,66	51,44	-	-	-	-	-
5	J	1,37	48,51	-	-	-	-	-
6	J	2,35	60,94	P	transparente	fibra	0,57	1
7	J	1,21	47,65	-	-	-	-	-
8	J	1,84	54,73	-	-	-	-	-
9	J	1,45	50,98	-	-	-	-	-
10	J	1,23	47,09	-	-	-	-	-
11	J	2,23	60,11	-	-	-	-	-
12	J	1,91	54,77	P	transparente	fibra	0,84	1
13	A	3,35	65,14	-	-	-	-	-
14	J	2,7	63,4	P	azul	fibra	0,5	1
15	A	10,33	99,3	-	-	-	-	-
16	J	4,83	76,83	-	-	-	-	-
17	J	4,51	73,6	-	-	-	-	-
18	J	1,21	47,51	-	-	-	-	-
19	J	1,22	46,75	P	transparente	fibra	0,45	1
20	J	1,91	57,32	-	-	-	-	-

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; - = ausente.

A Figura 4 mostra a porcentagem de ingestão de plástico em indivíduos de *A. brasiliensis*, por local de amostragem, no período de verão. A área correspondente a Barra Seca foi a que teve maior proporção em comparação as áreas localizadas em Perequê-Açú.

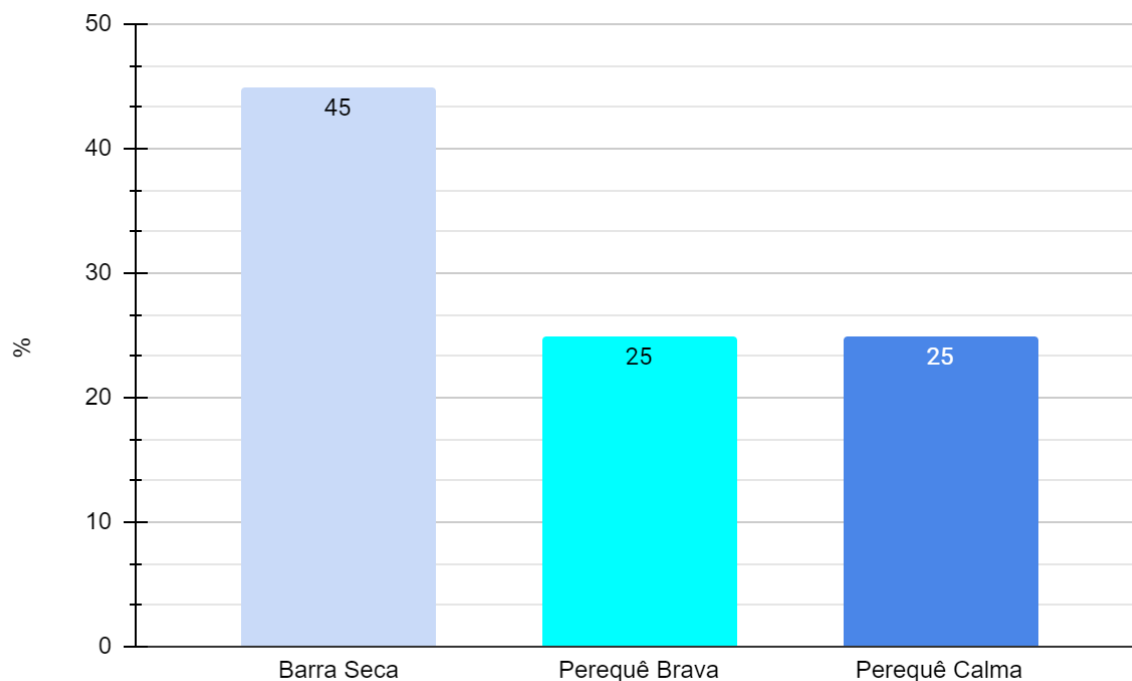


Figura 4. Porcentagem de indivíduos de *Atherinella brasiliensis* com ingestão de partículas plásticas em praias da região de Ubatuba (SP, Brasil), no período de verão (janeiro/2021).

Ao analisar a Tabela V, referente a Barra Seca no período de inverno, podemos notar que os plásticos consumidos foram do tipo “fibra”, predominando a coloração azul e transparente; o tamanho das partículas variou entre 0,88 mm e 3,9 mm. Nota-se que dois indivíduos, 2 e 13, consumiram mais de uma partícula plástica. Dos 20 indivíduos analisados, 9 (45%) consumiram partículas plásticas.

Tabela V- Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Barra Seca (Ubatuba, SP, Brasil), período de inverno (julho/2021).

Indivíduo	Idade (J/A)	Massa (g)	Comprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho (mm)	Quantidade
1	A	10,47	100,21	P	azul	fibra	2,405	1
2	J	4,69	72,75	P	transparente/azul	fibra	1,74/1,579	2
3	J	3,51	64,4	-	-	-	-	-
4	J	3,62	69,67	-	-	-	-	-
5	J	4,09	70,18	-	-	-	-	-
6	J	3,77	69,25	P	azul	fibra	0,888	1
7	J	1,73	52,76	-	-	-	-	-
8	J	3,34	64,43	P	azul	fibra	3,905	1
9	J	2,55	60,85	-	-	-	-	-
10	J	1,29	46,79	-	-	-	-	-
11	J	1,82	53,41	P	azul	fibra	3,027	1
12	J	2,39	58,62	-	-	-	-	-
13	J	2,31	57,94	P	azul	fibra	2,574/1,23	2
14	J	2,68	61,58	-	-	-	-	-
15	J	2,07	56,83	-	-	-	-	-
16	J	1,58	52,44	P	azul	fibra	1,079	1
17	J	2,89	62,58	-	-	-	-	-
18	J	3,05	63,74	P	transparente	fibra	3,628	1
19	J	2,74	63,9	P	azul	fibra	1,356	1
20	J	3,01	63,16	-	-	-	-	-

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; - = ausente.

Com base na Tabela VI, referente a praia Perequê Brava no período de inverno, podemos notar que assim como no verão, as partículas plásticas encontradas, foram do tipo “fibra”, predominando a coloração azul e transparente. Entretanto houve a ocorrência de uma “fibra” preta. O tamanho das partículas variou entre 1,2 mm e 6,2 mm. Ao contrário do período de verão, ocorreu o consumo de mais de uma partícula plástica por três indivíduos (5, 6 e 11). Dos 20 indivíduos, 8 (40%) consumiram partículas plásticas.

Tabela VI - Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Perequê Brava (Ubatuba, SP, Brasil), período de inverno (julho/2021).

Indivíduo	Idade (J/A)	Massa (g)	Comprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho (mm)	Quantidade
1	A	16,5	115,33	-	-	-	-	-
2	J	8,58	90,9	P	azul	fibra	2,336	1
3	A	8,58	97,05	-	-	-	-	-
4	J	5,69	78,2	-	-	-	-	-
5	A	12,63	105,31	P	preto/trans	fibra	5,595/6,204	2
6	J	3,42	66,52	P	azul	fibra	4,953/2,230	2
7	J	2,41	59,7	-	-	-	-	-
8	J	2,75	62,68	P	transparente	fibra	3,198	1
9	J	9,86	93,57	-	-	-	-	-
10	J	0,84	41,57	-	-	-	-	-
11	J	4,16	71,43	P	azul	fibra	1,310/2,539	2
12	A	3,38	67,12	-	-	-	-	-
13	J	1,94	53,15	P	azul	fibra	3,230	1
14	J	2,63	62,33	-	-	-	-	-
15	A	3,35	66,13	-	-	-	-	-
16	J	2,36	59,66	-	-	-	-	-
17	J	1,15	46,76	P	azul	fibra	1,228	1
18	J	1,45	50,5	-	-	-	-	-
19	J	1,32	48,66	P	transparente	fibra	1,326	1
20	J	1,66	52,99	-	-	-	-	-

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; - = ausente.

A Tabela VII mostra que os plásticos consumidos na Perequê Calma incluíram o tipo “fragmento”, além dos do tipo “fibra” observados no período de verão; as cores predominantes das partículas do tipo “fibra” foram azuis e transparentes, com o tamanho de partículas variando entre 1,08 mm e 6,6 mm. Ao contrário do período de verão, ocorreu o consumo de mais de uma partícula plástica por três indivíduos (10, 13 e 19). Dos 20 indivíduos, 10 (50%) consumiram partículas plásticas.

Tabela VII - Análise da presença de partículas plásticas em indivíduos de *A. brasiliensis* em Perequê Calma (Ubatuba, SP, Brasil), período de inverno (julho/2021).

Indivíduo	Idade (J/A)	Massa (g)	Comprimento padrão (mm)	Plástico	Cor	Forma	Tamanho (mm)	Quantidade
1	J	5,76	74,76	-	-	-	-	-
2	J	2,71	61,51	P	transparente	fibra	1,803	1
3	J	6,73	82,44	-	-	-	-	-
4	A	7,69	86,44	P	azul	fibra	6,683	1
5	J	4,12	69,66	P	transparente	fibra	1,732	1
6	A	13,51	103,06	P	azul	fibra	3,931	1
7	J	5,45	78,53	-	-	-	-	-
8	J	5,73	77,9	P	azul	fibra	1,519	1
9	J	7,93	86,35	-	-	-	-	-
10	A	6,72	83,78	P	azul	fibra	1,15/1,081	2
11	J	4,96	74,97	P	azul	fibra	1,699	1
12	J	4,65	73,66	-	-	-	-	-
13	J	6,03	78,58	P	trans/azul	fibra	6,221/0,668	2
14	J	3,02	62,71	-	-	-	-	-
15	J	6,23	81,12	-	-	-	-	-
16	J	6,84	83,31	-	-	-	-	-
17	J	4,97	73,91	P	transparente	fibra	2,508	1
18	J	5,68	79,77	-	-	-	-	-
19	J	4,12	69,16	P	azul	fibra	1,475/2,03/8483	3
20	J	4,78	74,72	-	-	-	-	-

J= Juvenil; A= adulto; P= presente; - = ausente.

A Figura 5, demonstra a porcentagem de ingestão de plástico dos indivíduos de *A. brasiliensis* por local de amostragem no período de inverno. Ao comparar com a Figura 4, podemos notar que ocorreu uma diferença na quantidade de ingestão de microplásticos por local. No período de verão, o consumo de plástico foi maior na Barra Seca (45%) e durante o inverno na praia de Perequê Calma (50%). Porém, a diferença entre os pontos se manteve similar, variando em 10% do menor consumo para o maior.

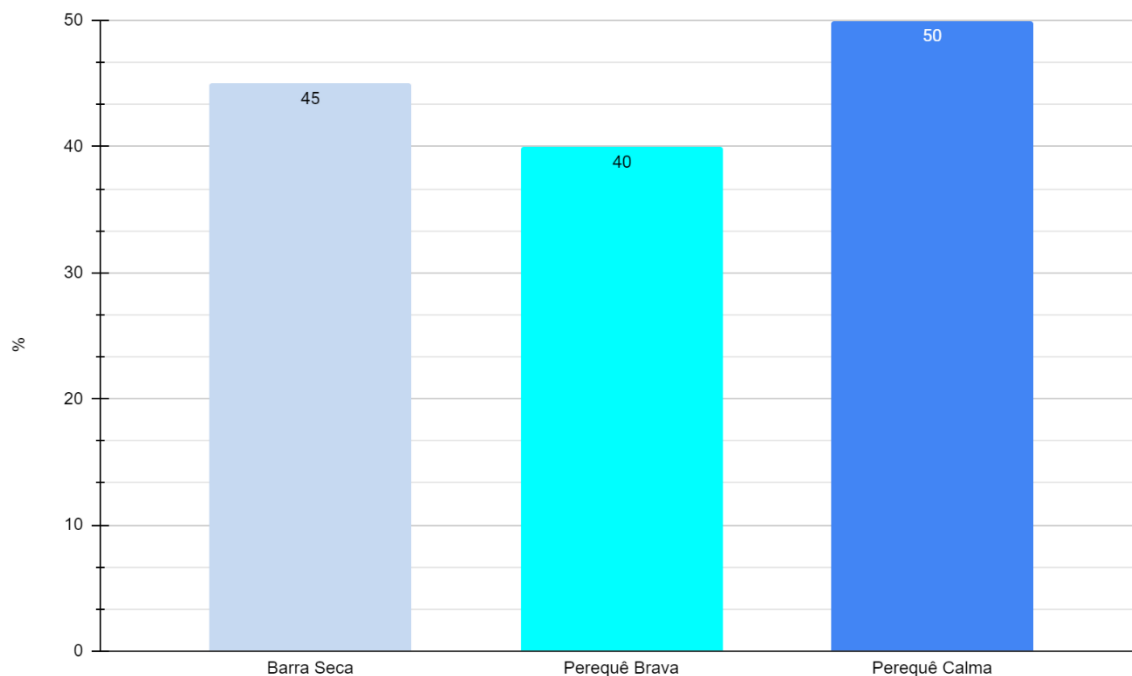


Figura (5). Porcentagem de indivíduos de *Atherinella brasiliensis* com ingestão de partículas plásticas em praias da região de Ubatuba, SP (Brasil), no período de inverno (julho/2021).

4.3 Análise de microplástico na água

No período de verão, houve uma maior quantidade de microplásticos na água na praia da Barra Seca (Figura 6).

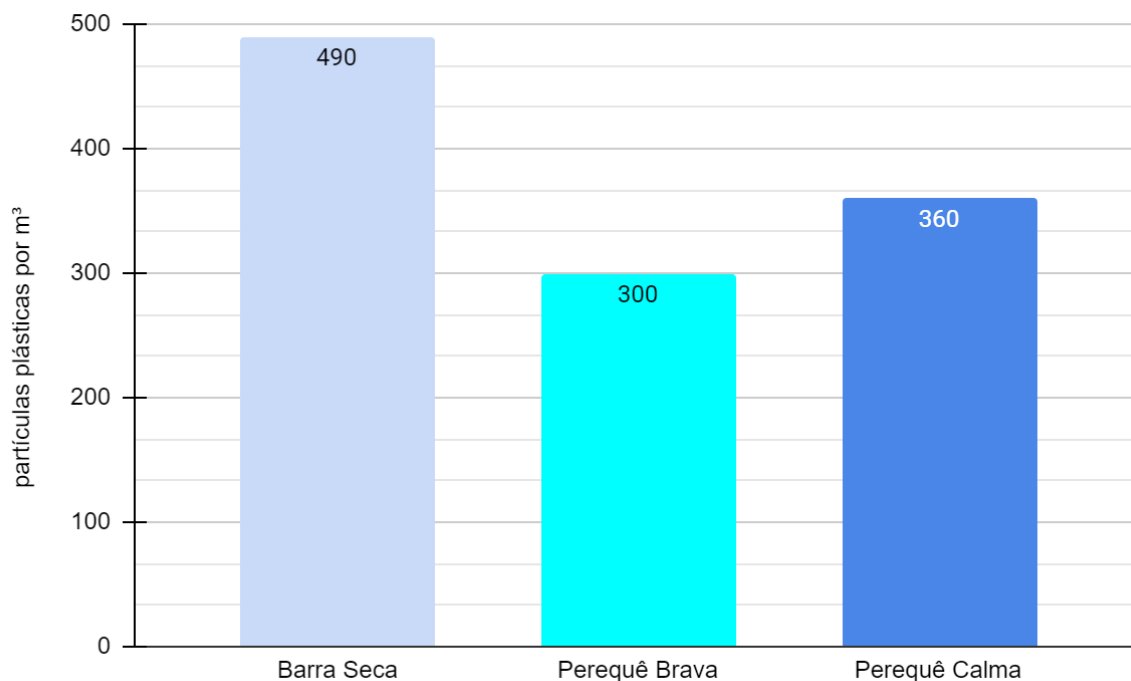


Figura 6. Quantidade de partículas plásticas em amostras de água em praias da região de Ubatuba (SP, Brasil) no período de verão (janeiro/2021).

Com base na Tabela VIII, é possível notar que para a praia Barra Seca, 100% dos fragmentos plásticos foram do tipo “fibra”, em sua maioria da cor transparente, enquanto que o tamanho predominante foi entre 1,0 e 0,5mm (190 partículas). Para Perequê Brava, 100% das partículas foram do tipo “fibras”, sua grande maioria foi de cor transparente e, assim como na Barra Seca, a maior quantidade de fragmentos em relação ao tamanho se manteve entre 1,0>0,5mm (130 partículas). Por fim, na praia Perequê Calma, grande parte das partículas apresentou a forma de “fibras”, mas também foram encontrados “fragmentos”. O intervalo 0,25>0,125mm foi o que incluiu a maior quantidade de plásticos, predominantemente da cor azul, ao contrário dos outros locais de amostragens onde a cor predominante foi transparente.

Tabela VIII - Proporção (%) das características dos plásticos encontrados na água de praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, no período de verão.

PONTO	CARACTERÍSTICAS								Total de partículas plásticas
	Tamanho (mm)	Forma (%)			Cor (%)				
		fibra	Fragmento	pellets	azul	transparente	Vermelho	Preto	
Barra Seca	0,25>0,125	100	-	-	18,7	56,3	18,7	6,3	160
	0,50>0,25	100	-	-	28,6	71,5	-	-	140
	1,0>0,5	100	-	-	15,8	78,9	5,3	-	190
Perequê Brava	0,25>0,125	100	-	-	16,7	83,4	-	-	60
	0,5>0,25	100	-	-	27,3	63,7	9,1	-	110
	1,0>0,5	100	-	-	15,4	61,6	15,4	7,7	130
Perequê Calma	0,25>0,125	91,7	8,3	-	50	41,7	8,3	-	120
	0,5>0,25	100	-	-	27,3	54,6	18,2	-	110
	1,0>0,5	90,9	9,1	-	27,3	63,7	9,1	-	110

Ao final das sessões de análises foi observada a placa de Petri com álcool 70%, deixada ao lado da lupa, para observar possíveis resíduos plásticos advindos do ar. O resultado pode ser visto na Tabela IX, sendo o total de 5 partículas.

Tabela IX - Resultados da avaliação da contaminação ambiental. Análises de verão.

Contaminação			
%			Número total de partículas
fibra	azul	transparente	
100%	20	80	5

Para a análise de partículas plásticas na água no período de inverno (Figura 7), houve similaridade em relação período de verão, sendo a praia da Barra Seca o local de amostragem com a maior quantidade de partículas plásticas (44), seguida por Perequê Calma e Brava.

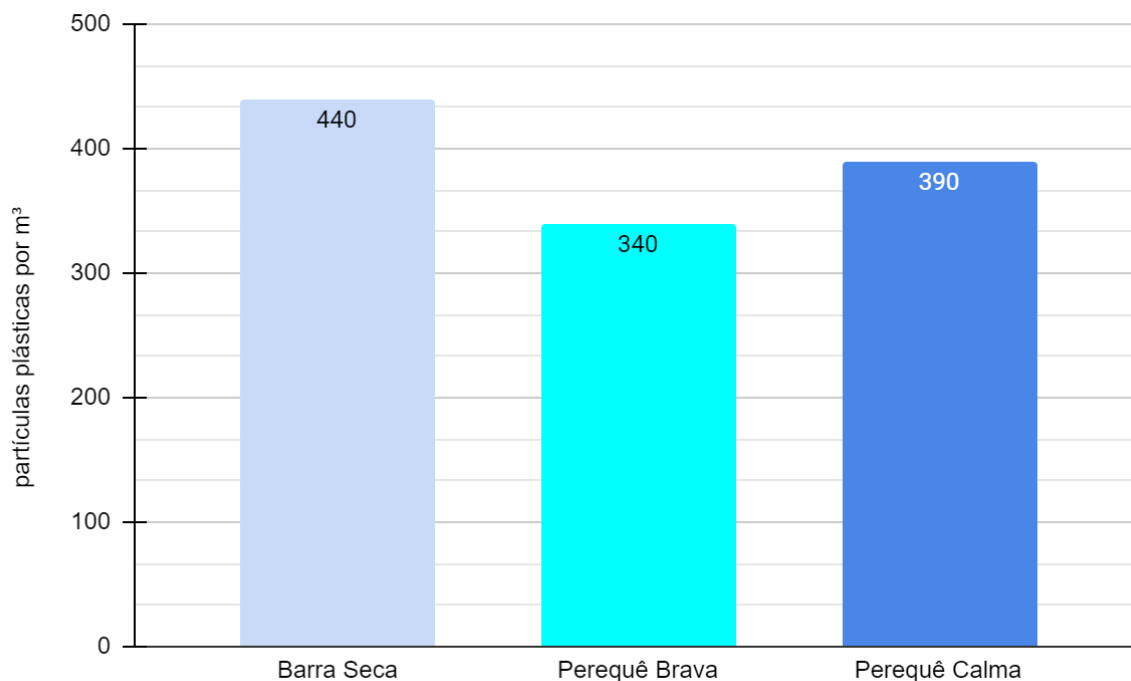


Figura 7. Partículas plásticas totais nas análises de água em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, no período de inverno.

Com base na Tabela X, é possível notar que na praia da Barra Seca, período de inverno, 100% das partículas plásticas foram “fibras”, entretanto a coloração foi mais equilibrada entre as cores azul e transparente. Da mesma forma, a maior quantidade de plásticos retidos ocorreu no limite de tamanho entre 1,0>0,5mm (210 partículas). Para a praia de Perequê Brava, 100% das partículas foram do tipo “fibras”, assim como ocorreu um equilíbrio entre as cores azul e transparente, houve também a presença de partículas de coloração vermelha, a maior quantidade retida foi no intervalo 1,0>0,5mm (130 partículas). Para a praia de Perequê Calma, 100% dos plásticos foram do tipo “fibra”, com prevalência da coloração transparente, havendo também a presença da coloração azul e vermelha, foram retidos mais plásticos na peneira de 0,5>0,25 (170 partículas).

Tabela X - Proporção (%) das características dos plásticos encontrados na água da região de Ubatuba, SP, Brasil, no período de inverno.

PONTO	CARACTERÍSTICAS								Número total de partícula plástica
	Tamanho (mm)	Forma (%)			Cor (%)				
		fibra	fragmento	pellets	azul	transparente	Vermelho	Preto	
Barra Seca	0,25>0,125	100	-	-	36,4	63,6	-	-	110
	0,5>0,25	100	-	-	50	50	-	-	120
	1,0>0,5	100	-	-	52,4	47,6	-	-	210
Perequê Brava	0,25>0,125	100	-	-	60	40	-	-	100
	0,5>0,25	100	-	-	54,6	36,4	9,1	-	110
	1,0>0,5	100	-	-	30,8	69,2	-	-	130
Perequê Calma	0,25>0,125	100	-	-	46,2	46,1	7,7	-	130
	0,5>0,25	100	-	-	29,4	70,6	-	-	170
	1,0>0,5	100	-	-	44,4	55,6	-	-	90

Durante as sessões de análise do inverno houve maior grau de contaminação em comparação a amostra de verão, totalizando 21 partículas, como pode ser visto na Tabela XI.

Tabela XI - Resultados da avaliação da contaminação ambiental. Análises de inverno.

Contaminação				
%				Número total de partículas
fibra	Azul	transparente	preto	
100	23,8	71,4	4,8	21

4.4 Análise de microplásticos no sedimento

Para a análise de microplásticos no sedimento durante o período de verão, observa-se que houve uma grande quantidade de partículas na praia Perequê Calma, em comparação às outras praias, com um total de 57 partículas plásticas (Figura 8).

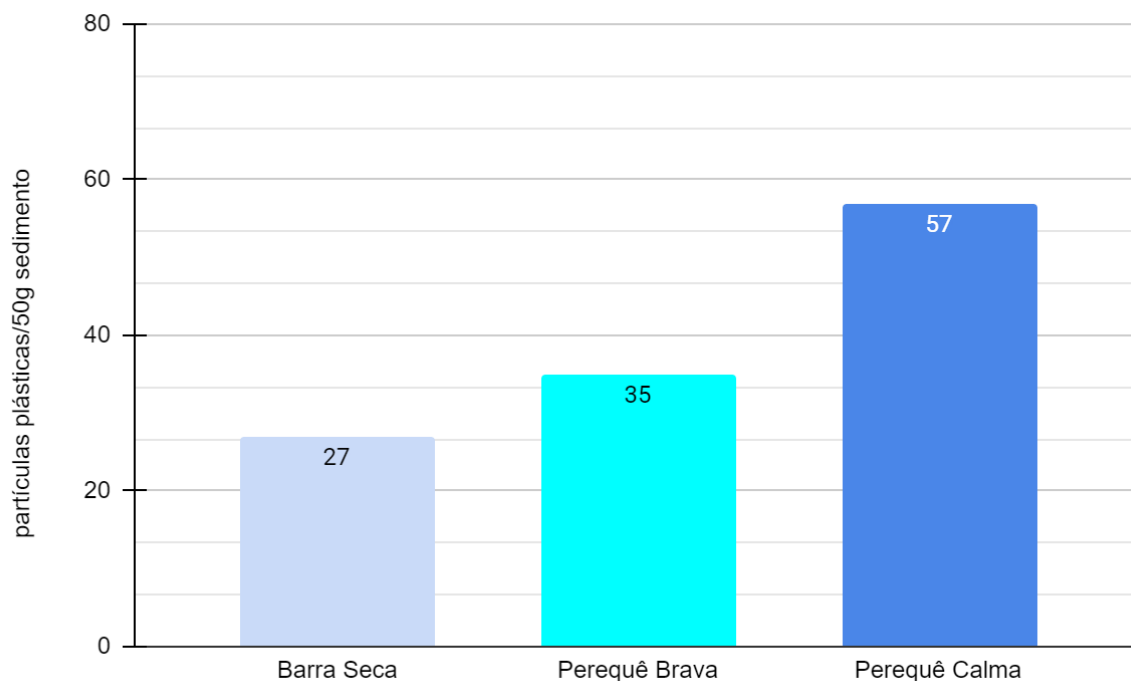


Figura 08. Partículas plásticas nas amostras de sedimento (50g/cada) de praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, no período de verão (janeiro/2021).

Com base na Tabela XII, na praia da Barra Seca, em sua grande maioria, foram encontrados plásticos da forma “fibra”, entretanto também houve a presença da forma “fragmento”. Ocorreu um certo equilíbrio nas cores, variando principalmente entre azul e transparente; houve duas peneiras que retiveram o maior número de partículas plásticas, sendo elas a de 0,18>0,125mm, com 9 partículas, e de 0,25>0,18, com 9 também. Para a praia Perequê Brava, 100% dos microplásticos encontrados foram da forma de “fibra”, sendo sua maioria da coloração azul, e a peneira que reteve a maior quantidade de plásticos foi a de 0,25>0,18mm, com 12 partículas plásticas. Na praia Perequê Calma em sua grande maioria foram encontradas partículas plásticas na forma de “fibra”, entretanto houve também o caso de partícula da forma “fragmento”; a maioria foi da coloração transparente e a peneira que reteve a maior quantidade de partículas plásticas foi a de 0,5>0,25, com um total de 21 partículas.

Tabela XII - Proporção (%) das características dos plásticos encontrados no sedimento (50g/cada) em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, período de verão.

PONTO	CARACTERÍSTICAS								Número total de partículas plásticas
	Tamanho (mm)	Forma (%)			Cor (%)				
		fibra	fragmento	pellets	azul	transparente	vermelho	preto	
Barra Seca	0,18>0,125	88,8	11,1	-	55,5	44,4	-	-	9
	0,25>0,18	100	-	-	44,4	55,5	-	-	9
	0,5>0,25	100	-	-	-	66,6	16,6	16,6	6
	1,0>0,50	100	-	-	66,6	33,3	-	-	3
Perequê Brava	0,18>0,125	100	-	-	28,6	28,6	14,3	28,6	7
	0,25>0,18	100	-	-	58,3	41,7	-	-	12
	0,5>0,25	100	-	-	57,1	42,9	-	-	7
	1,0>0,50	100	-	-	55,5	44,4	-	-	9
Perequê Calma	0,18>0,125	90,1	9,1	-	18,1	72,8	9,1	-	11
	0,25>0,18	100	-	-	42,1	42,1	10,5	5,3	19
	0,5>0,25	100	-	-	14,3	71,4	4,8	9,5	21
	1,0>0,50	100	-	-	33,3	33,3	-	33,3	6

A Tabela XIII mostra a contaminação por plásticos advindo pelo ar durante o procedimento de análise, com 100% da forma “fibra”, em sua maioria de coloração transparente, sendo o total de 16 partículas.

Tabela XIII- Resultados da avaliação da contaminação ambiental. Análises de verão.

Contaminação					
%					Número total de partículas
fibra	azul	transparente	vermelho	preto	
100	6,2	75	6,2	12,5	16

É possível notar, com base na Figura 9, que a distribuição de partículas plásticas no sedimento no período de inverno foi mais homogênea entre as áreas. Entretanto os valores foram bem mais altos, comparados ao verão, nas praias Barra Seca e Perequê Brava, e similares na praia de Perequê Calma.

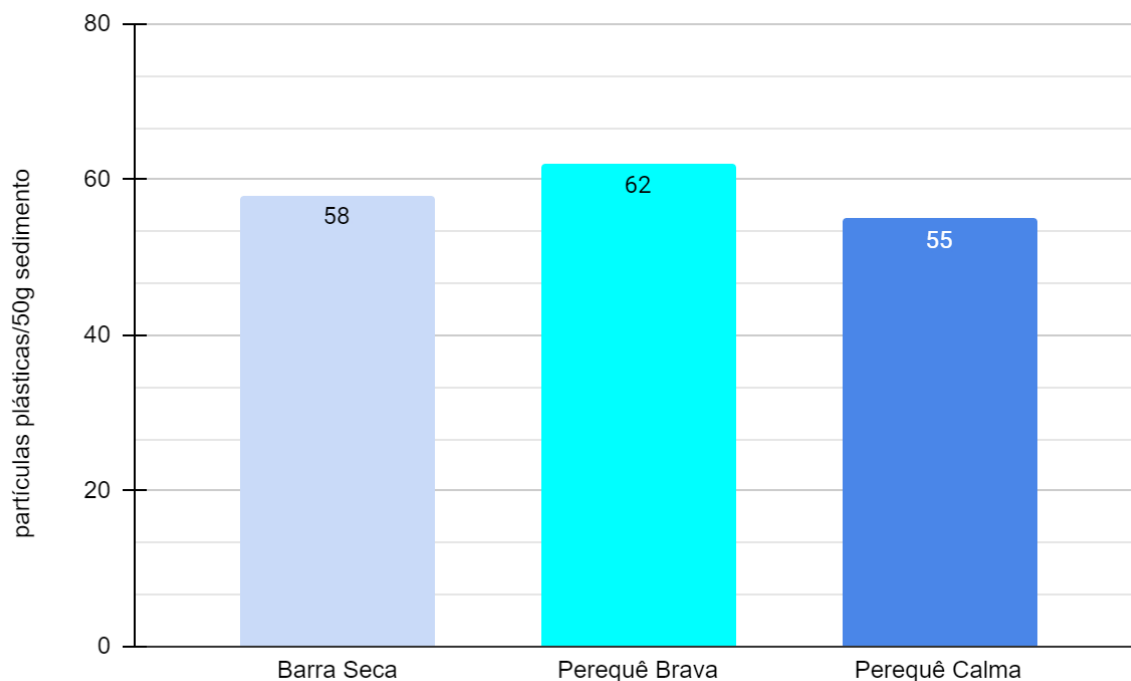


Figura 09. Partículas plásticas em amostras de sedimento (50g/cada) de praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, período de inverno.

A Tabela XIV inclui as características das partículas plásticas encontradas nas amostras de sedimento coletadas no verão. Para Barra Seca, a maioria das partículas foram do tipo “fibra”, entretanto, há presença do tipo “fragmento”; a grande maioria foi de coloração transparente e a peneira que reteve a maior quantidade de plásticos foi a de 1,0>0,5mm, com o total de 17 partículas. Para a praia de Perequê Brava, a grande maioria também foi de “fibras”, porém com a presença da forma de “fragmento”, a coloração mais encontrada foi a do tipo transparente, sendo importante ressaltar que foi encontrada uma partícula da coloração verde, algo que não ocorreu em outras amostras. O intervalo de tamanho em que houve maior retenção de microplásticos foi de 0,25>0,18mm, com um total 23 partículas. Para a praia de Perequê Calma, 100% dos plásticos foram do tipo “fibras”, assim como sua coloração predominante foi transparente, e os intervalos 0,25>0,18mm e a de 1,0>0,5mm retiveram o mesmo número de partículas, 14 cada um.

Tabela XIV - Proporção (%) das características dos plásticos encontrados no sedimento (50g/cada) de praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, no período de inverno.

PONTO	CARACTERÍSTICAS									Número total de partículas plásticas
	Tamanho (mm)	Forma (%)			Cor (%)					
		fibra	fragmento	pellets	azul	transparente	Vermelho	Preto	verde	
Barra Seca	0,18>0,125	100	-	-	50	50	-	-	-	16
	0,25>0,18	87,5	12,5	-	18,7	62,5	18,7	-	-	16
	0,5>0,25	100	-	-	11,1	77,7	11,1	-	-	9
	1,0>0,5	100	-	-	47,1	52,9	-	-	-	17
Perequê Brava	0,18>0,125	100	-	-	21,4	78,6	-	-	-	14
	0,25>0,18	100	-	-	21,7	73,9	4,3	-	-	23
	0,5>0,25	100	-	-	5,3	84,2	5,3	5,3	5,3	19
	1,0>0,5	83,4	16,6	-	16,7	66,6	16,6	-	-	6
Perequê Calma	0,18>0,125	100	-	-	23,1	76,9	-	-	-	13
	0,25>0,18	100	-	-	21,4	78,6	-	-	-	14
	0,5>0,25	100	-	-	37,5	50	12,5	-	-	8
	1,0>0,5	100	-	-	28,6	71,4	-	-	-	14

A Tabela XV mostra os dados de contaminação advinda pelo ar nas análises de plásticos no sedimento no período de inverno, sendo 100% do tipo “fibra” e a maioria foi da coloração transparente, no total de 15 microplásticos.

Tabela XV- Resultados da avaliação da contaminação ambiental. Análise de inverno.

Contaminação				
%				Número total de partículas
Fibra	azul	transparente	preto	
100	13,33	80,00	6,66	15

4.5 Análise Granulométrica

Com base nos resultados obtidos das análises granulométricas, verificou-se que as praias Barra Seca e Perequê Brava apresentaram uma classificação textural de areia média, enquanto a de Perequê Calma foi classificada de areia fina. A porcentagem de areia esteve acima de 99% para as três áreas (Tabela XVI).

Tabela XVI - Características granulométricas do sedimento de praias da região de Ubatuba, Brasil, no período de verão.

Local	Classificação textural	Tamanho de grão (mm)	% Areia	% Silte+Argila
Barra Seca	Areia média	2,32	99,43	0,56
Perequê Brava	Areia média	2,90	99,85	0,14
Perequê Calma	Areia fina	1,79	99,52	0,48

4.6 Parâmetros físicos e químicos na água

Na Tabela XVII são apresentados os resultados dos parâmetros físicos e químicos medidos *in situ*. É possível notar que das nove variáveis consideradas, sete apresentaram uma diferença estatística significativa entre as áreas de estudo, com exceção do oxigênio e turbidez para ambos os períodos. A praia Perequê Brava apresentou a maior diferença nas variáveis, tanto no verão (Temperatura, pH, Potencial Redox) quanto no inverno (Potencial Redox), em comparação as outras praias.

Tabela XVII - Dados abióticos medidos *in situ* em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, nos períodos de verão e inverno. Letras distintas indicam diferenças significativas entre as médias de cada local (Letras sozinhas significam diferença entre áreas de estudo; letras em conjunto significam semelhança entre áreas; ausência de letras significam que não há diferenças significativas entre as áreas de estudo), onde as letras significam: 'A' Barra-Seca; 'B' Perequê Brava; e 'C' Perequê Calma.

		Temperatura	pH	Redox	Condutividade	Turbidez	Oxigênio	Sólidos	Salinidade
		°C	-	m/V	µS/cm	NTU		g/L	ppt
Local		Verão							
Barra Seca	P1	29,4	8,6	58	21300	5,8	4,4 mg/L 61,9%	13,2	12,8
	P2	28,9	8,6	87	18400	3,3	4,6mg/L 63,8%	11,4	10,9
	P3	29,3	8,6	97	23600	6,8	5,3mg/L 76,1%	14,6	14,3
	P4	29,8	8,7	99	32500	8	4,7mg/L 70%	19,8	20,3
	P5	29,7	8,7	99	30300	9,2	3,5mg/L 52	18,5	18,7
Valores médios (desvio-padrão)		29,4A (0,36)	8,6AC (0,05)	88A (17,5)	25220AC (5985,6)	6,6 (2,25)	4,5mg/L (0,65)	15,5 AC (3,55)	15,4 AC (3,97)
Perequê Brava	P1	30,2	8,3	177	42600	8	5,2mg/L 82	26	27,4
	P2	30,3	8,5	170	43000	15,9	4,1 mg/L 64,8%	26,2	27,7
	P3	30,1	8,7	140	43200	15,2	4,4 mg/L 69,1%	26,4	27,8
	P4	30,4	8,7	117	43000	22,8	4,3 mg/L 67,9%	26,2	27,6
	P5	30,5	8,8	114	39100	5,2	5,7 mg/L 89,2%	23,9	24,9
Valores médios (desvio-padrão)		30,3B (0,16)	8,6B (0,20)	143,6B (29,19)	42180BC (1735,51)	13,4 (6,97)	4,7 mg/L (0,68)	25,7 BC (1,04)	27,1 BC (1,23)
Perequê Calma	P1	31,2	8,8	99	33000	7,4	4,9 mg/L 74,9	20,1	20,6
	P2	32,2	8,7	120	32300	16,6	4,8 mg/L 74,6%	19,7	20,1
	P3	31,9	8,9	84	33500	12,7	5,6 mg/L 86,9	20,4	20,9
	P4	31,6	8,9	78	33600	8,4	4,7 mg/L 71,8%	20,5	21,0
	P5	31,4	8,9	72	34700	7,4	4 mg/L 62,6%	21,2	21,8
Valores médios (desvio-padrão)		31,7C (0,4)	8,8AC (0,09)	90,6A (19,26)	33420CA (881,48)	10,51 (4,05)	4,8 mg/L (0,57)	20,4 CA (0,55)	20,8 CA (0,62)
		Inverno							
Barra Seca	P1	20,8	8,4	231	38000	10,2	6,8 mg/L 89,7	23,2	24,1
	P2	20,7	8,6	227	35000	8,2	6,3 mg/L 82,5%	21,4	22,0
	P3	21,1	8,6	227	38200	9,5	6,8 mg/L 90,3	23,3	24,2
	P4	21,9	8,7	227	39800	9,4	6,6 mg/L 88,9%	24,3	25,3

	P5	21,3	8,7	230	38600	9,2	6,3 mg/L 84,6%	23,6	24,5
Valores médios (desvio-padrão)		21,2^{AC} (0,48)	8,6^{AB} (0,12)	228,4^A (1,95)	37920^{AC} (1775,39)	9,3 (0,72)	6,6 mg/L (0,25)	23,1^{AC} (1,07)	24^{AC} (1,22)
Perequê Brava	P1	23,5	8,6	262	40400	9,3	6 mg/L 83,8%	24,7	25,8
	P2	23,5	8,7	245	40100	7,3	5,8 mg/L 80,7%	24,5	25,6
	P3	23,6	8,7	247	40400	6,7	4,5 mg/L 63,8	24,6	25,8
	P4	23,5	8,8	240	39700	9,4	5,6 mg/L 78,3%	24,2	25,3
	P5	23,4	8,8	240	40100	9,5	6,9 mg/L 96	24,4	25,5
Valores médios (desvio-padrão)		23,5^{BC} (0,07)	8,7^{BA} (0,08)	246,8^B (9,04)	40140^{BC} (288,1)	8,4 (1,33)	5,8 mg/L (0,86)	24,4^{BC} (0,19)	25,6^{BC} (0,21)
Perequê Calma	P1	23,5	8,8	243	39900	12,3	6,9 mg/L 96,3	24,3	25,4
	P2	23,5	8,8	242	39600	16,3	5,9 mg/L 82,9%	24,1	25,2
	P3	23,4	8,8	239	39700	16,1	6,5 mg/L 90,0%	24,2	25,3
	P4	23,3	8,8	234	40300	7,7	6,5 mg/L 90,5%	24,6	25,7
	P5	23,3	8,8	232	40300	7,5	6,6 mg/L 91,8%	24,6	25,7
Valores médios (desvio-padrão)		23,4^{CA} (0,1)	8,8^{CB} (0,0)	238^C (4,85)	39960^{CA} (328,63)	11,9 (4,30)	6,5 mg/L (0,36)	24,3^{CA} (0,23)	25,4^{CA} (0,23)

Os resultados gráficos da ACP, feitos com base nos dados ambientais tanto da coluna d'água como do sedimento, são apresentados na Figura 11, enquanto que os valores de correlação entre as variáveis e os componentes 1 (CP1) e 2 (CP2) são apresentados na Tabela XVIII. A variância explicada pela análise foi elevada, de 72,93%, considerando os dois primeiros componentes. O potencial redox, oxigênio, salinidade e areia foram as variáveis que apresentaram maiores correlações positivas (>0,3), e as variáveis com maiores correlações negativas (<0,3) foram temperatura e silte + argila, no CP1. Para o CP2, as variáveis melhor correlacionadas foram: temperatura, tamanho de grão e areia, positivamente; e, negativamente, oxigênio e silte + argila.

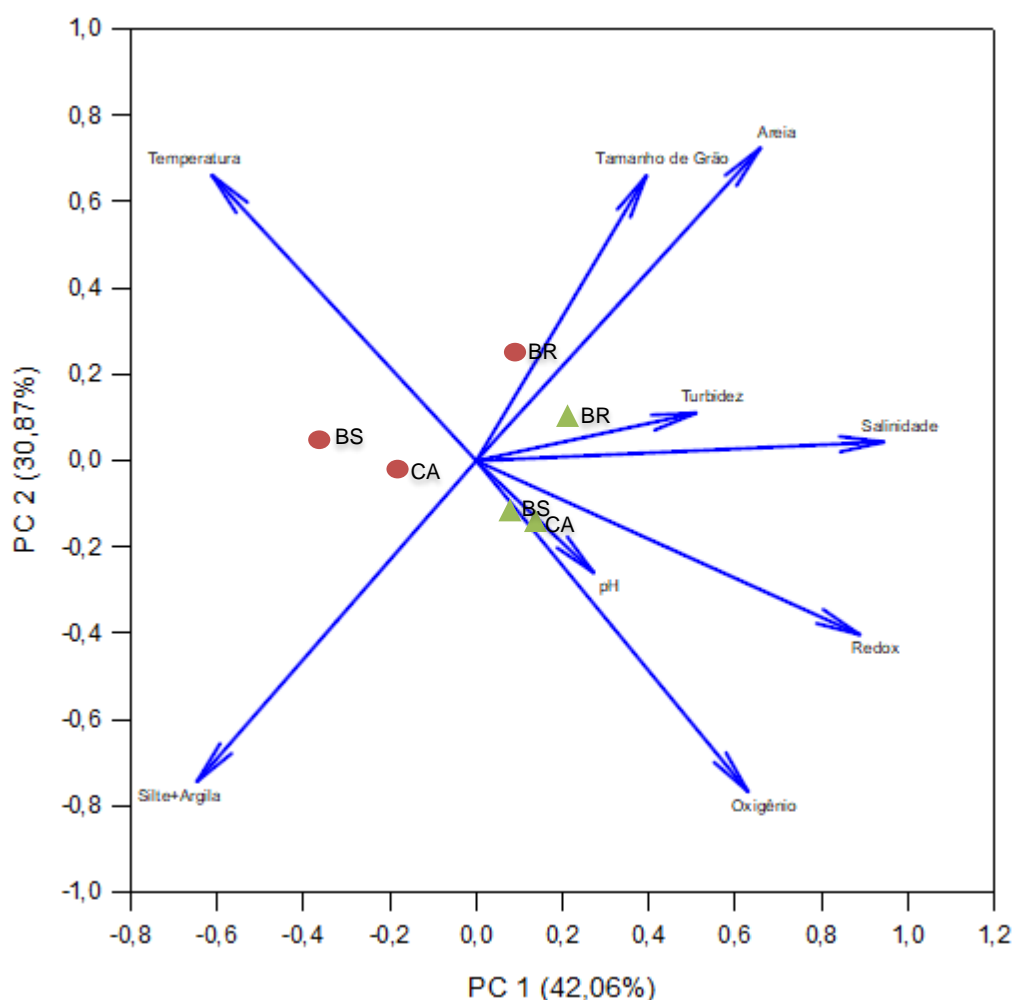


Figura 11- Resultado das análises de componentes principais, com base nas variáveis ambientais (água e sedimento), coletadas em praias de Ubatuba, SP, Brasil. Círculo vermelho = verão; triângulo verde = inverno; BS = Barra Seca; CA = Perequê Calma; BR= Perequê Brava.

Tabela XVIII - valores de correlação entre as variáveis ambientais medidas em praias da região de Ubatuba, SP, Brasil, e os componentes PC1 e PC2 da análise de componentes principais.

	PC1	PC2
Temperatura	-0,324	0,397
pH	0,140	-0,155
Redox	0,456	-0,242
Turbidez	0,261	0,0663
Oxigênio	0,323	-0,459
Salinidade	0,485	0,0262
Tamanho de Grão	0,202	0,396
Areia	0,338	0,435
Silte + Argila	-0,332	-0,4465

5. Discussão

5.1 Peixes

O estudo comprovou que está ocorrendo a ingestão de microplástico pela espécie estudada nas praias do município de Ubatuba.

A análise da ingestão de microplásticos por *Atherinella brasiliensis* demonstrou que 39% dos animais coletados consumiram microplásticos, sendo o consumo verificado em todos os locais de amostragem. A taxa de animais afetados é elevada e pode estar associada ao fato de se tratar de uma espécie generalista. Outras espécies da ictiofauna também podem estar sendo afetadas, o que demanda novos estudos deste tipo com as demais espécies.

Destacam-se os peixes coletados na Barra Seca, onde praticamente metade dos indivíduos analisados (45% no verão e 45% no inverno), apresentaram resíduos plásticos no conteúdo gastrointestinal. Isto pode estar diretamente relacionado ao fato de esta praia ter sido a que apresentou maior quantidade de microplásticos na coluna d'água (>400 partículas por m³ em ambos os períodos).

O consumo evidenciado de partículas por *A. brasiliensis* reforça a hipótese de que os plásticos em suspensão na coluna d'água, ao estarem dispostos juntos com os alimentos naturalmente consumidos pela espécie, pode levar a uma ingestão indevida do poluente (HOSS & SETTLE, 1990; BROWNE *et al.*, 2010). O fato do polímero se assemelhar com os alimentos naturais da espécie, seja pelo formato, tamanho ou cor, pode influenciar na ingestão acidental ou intencional pelo peixe (CARPENTER *et al.*, 1972; BOERGER *et al.*, 2010).

A cor predominante dos microplásticos ingeridos foi azul (64,8%), seguida por transparente (31,5%) e numa taxa muito mais baixa preta e vermelha, equivalendo a 1,9% cada. A cor predominante no consumo de microplásticos pela fauna aquática tem sido da coloração transparente seguida pela azul (TANAKA, 2016; KOR, 2020), demonstrando que este estudo segue o padrão geral encontrado.

O tipo de microplástico “fibra” foi o predominante neste estudo (98,1%). Sua presença é comum na coluna d'água devido à maior densidade em relação a água do mar (ERNI-CASSOLA, 2019). Entretanto, são necessárias análises químicas para a determinação do tipo deste polímero.

5.2 Água

A presença de microplásticos na coluna d'água foi comprovada no estudo, mostrando que este tipo de contaminação ambiental por polímeros sintéticos é relevante para as praias da região de Ubatuba, afetando tanto o meio físico como a fauna aquática.

Por ser um ambiente estuarino, com baixa influencia hidrodinâmica costeira e sendo uma baía natural, ocorre um maior acúmulo de partículas plásticas. Sendo assim, a praia Barra Seca apresentou maior presença de microplásticos (490 e 440 partículas/m³ no verão e inverno, respectivamente), em comparação aos outros locais analisados. Uma hipótese para explicar a maior presença de polímeros, é que se trata de um local de menor circulação, com baixa influência da hidrodinâmica costeira: uma baía natural onde ocorre acúmulo de material plástico. Também deve ocorrer a introdução deste tipo de resíduo através do rio, que pode transportar as partículas derivadas do continente e depositá-las na coluna d'água da praia.

A quantidade de partículas plásticas encontradas nas praias foi similar entre os dois períodos do ano, diferente do esperado. A hipótese inicial seria de que no inverno haveria menor quantidade, devido a coluna d'água tornar-se mais homogênea com a entrada das águas costeiras (AC) (CASTRO FILHO *et al.*, 1987; PIRES-VANIN *et al.*, 1993). Houve uma diminuição de 10,2% na Barra Seca, porém, no caso das praias Calma e Brava, ocorreram incrementos de 13% e 8%, respectivamente.

5.3 Sedimento

A presença de microplásticos no sedimento das praias estudadas também foi constatada. Este material pode afetar negativamente a comunidade zoobentônica local, assim como a fauna terrestre que depende da linha da costa como habitat, além destes polímeros poderem ser transportados para outros locais através da hidrodinâmica costeira da região.

A maior presença de microplásticos no sedimento da praia Perequê-Calma (57 partículas em 50g), no verão, pode ser explicada devido a que os microplásticos tendem a ser depositados em maior escala em praias de sedimento fino, assim como verificado por WILSON *et al.* (2021). No inverno, a quantidade neste local se manteve

similar (52 partículas em 50g), podendo estar associado ao fato de Perequê Calma ter características de uma praia dissipativa, com uma menor intensidade da hidrodinâmica, facilitando a deposição e permanência dos microplásticos (TSUKADA *et al.*, 2021).

Ocorreu um aumento considerável na deposição de microplásticos durante o inverno, em comparação ao verão, em duas praias, Barra Seca e Perequê Brava, de 27 para 58 partículas em 50g e de 35 para 62 partículas em 50g, respectivamente. Este fato pode estar relacionado a uma maior homogeneidade das águas costeiras no período de inverno, impedindo assim o deslocamento dos microplásticos presentes no sedimento. Durante o verão, sobretudo na praia Perequê Brava, há uma maior ação da hidrodinâmica costeira com influência das ondas, apesar de ser uma área relativamente protegida, permitindo assim a dispersão dos microplásticos.

Adicionalmente, a maior deposição em Perequê Brava durante o inverno, apesar da praia ser de areia média, pode ser explicada devido à presença de um costão rochoso, servindo de proteção da linha da costa, o que acaba por impedir o transporte das partículas, como visto no trabalho de PINHEIRO *et al.* (2019).

A maior presença de microplásticos do tipo “fibra” (99,3%), pode ser explicada pela utilização, nesta pesquisa, de malhas menores de 1mm. Isto pode ter levado à exclusão de partículas entre 1mm e 5mm dos plásticos do tipo “fragmento”, sendo que a deposição em sedimento em sua maioria tende a ser desta forma (TSUKADA *et al.*, 2021; WILSON *et al.*, 2021). Porém, como visto neste trabalho, os plásticos do tipo “fragmento” tiveram uma presença menor em comparação aos do tipo “fibra”. Seria necessário utilizar malhas maiores para observar se ocorre um aumento de partículas plásticas do tipo “fragmento” no local.

5.4 Parâmetros físico-químicos

As três áreas selecionadas para a execução da pesquisa mostraram-se diferentes entre si, sendo a Perequê Brava com características marinhas (*e.g.* maior salinidade e sedimento mais grosso), enquanto que as praias de Barra Seca e Perequê Calma exibiram características estuarinas (*e.g.* menor salinidade e sedimento fino), além de maiores concentrações de oxigênio e maior pH.

A análise comparativa entre as três áreas de estudo, indicou diferença significativas para sete variáveis (temperatura, pH, potencial redox, condutividade,

sólidos totais dissolvidos e salinidade). Somente os valores de turbidez foram similares entre as praias.

Destacam-se os elevados valores de temperatura no verão em todos os ambientes, em torno de 30°C, determinando baixas concentrações de oxigênio (médias <5mg/L). O aumento nos valores de oxigênio durante o inverno deve estar relacionado com a considerável diminuição da temperatura (em torno de 9°C).

A ordenação das variáveis ambientais, através da análise de ACP, permitiu diferenciar as áreas escolhidas para execução da pesquisa, sendo as principais, temperatura, oxigênio, areia e silte + argila, para ambos os períodos; potencial redox e salinidade, durante o verão e tamanho de grão para o inverno. Ressalta-se que a variabilidade explicada dos dados foi de 72,93%. Em ambos os períodos o posicionamento da praia Perequê Brava, mostrou-se diferenciado, sobretudo durante o verão, com valores maiores de salinidade, condutividade, potencial redox e maior tamanho de grão (areia média), ou seja, um ambiente com pouca influência de aporte de água doce. Por sua vez, as praias Barra Seca e Perequê Calma estiveram mais próximas, neste caso principalmente no inverno, quando apresentaram valores mais baixos de condutividade e potencial redox, maiores concentrações de oxigênio e menor tamanho de grão do sedimento (silte+ argila).

6. Conclusão

O presente trabalho trouxe dados relevantes sobre o consumo de plástico por parte de *Atherinella brasiliensis*, assim como evidenciou a contaminação destes polímeros sintéticos nas águas e sedimentos costeiros da região de Ubatuba, Brasil.

O grau de contaminação em termos da quantidade de indivíduos analisados foi elevado, atingido 50% na praia Perequê Calma (inverno), 40% na praia Perequê Brava (inverno) e 45% na praia Barra Seca (tanto no inverno como no verão).

As partículas plásticas ingeridas predominantes foram do tipo “fibra” da cor azul e transparente.

A variação na quantidade de microplásticos na água, assim como sua forma e cor, foi similar à encontrada no trato gastrointestinal dos peixes, mostrando a importância de se fazer estudos integrados, contemplando a parte biótica e o meio físico (água e sedimento).

Seria necessário realizar um estudo abrangendo microplásticos maiores, entre 1mm e 5mm, para determinar se a falta de microplásticos do tipo “fragmento” se deve ao seu tamanho ou se no local estudado não há tanta deposição deste tipo de polímero.

A análise dos efeitos da influência antrópica foi comprometida devido a pandemia da Covid-19 que reduziu consideravelmente o fluxo turístico no período de estudo. Originalmente, havia a hipótese de se encontrar mais plásticos no ambiente e nos peixes no período de verão em que há mais turistas em Ubatuba.

Sendo assim o trabalho comprovou que está ocorrendo uma contaminação por polímeros plásticos na região de Ubatuba, afetando a fauna aquática e o meio ambiente, sendo necessário que ocorra uma intervenção por parte do governo local, a fim de diminuir esta poluição.

7.Referências

- BLETTLER, M. C. M.; ABRIAL, E.; KHAN, F. R.; SIVRI, N. & ESPINOLA, L. A. Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. **Water Research**, 143: 416–424. 2018.
- BLETTER, M. C. M.; GARELLO, N.; GINON, L.; ABRIAL, E.; ESPINOLA, L. A. & WANTZEN, K. M. Massive plastic pollution in a mega-river of a developing country: Sediment deposition and ingestion by fish (*Prochilodus lineatus*). **Environ Pollut**, 255 (3): 113348. 2019.
- BOERGER, C. M.; LATTIN, G. L.; MOORE, S. L. & MOORE, C. J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. **Marine Pollution Bulletin**, 60 (12): 2275-2278. 2010.
- BROWNE, M. A., GALLOWAY, T. S. & THOMPSON, R. C. Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. **Environmental Science & Technology**, 44 (9): 3404–3409. 2010.
- CARPENTER, E.J.; ANDERSON, S.J.; HARVEY, G.R.; MIKLAS, H.P. & PECK, B.B. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. **Science**, 178 (4062): 749-750. 1972.
- CASTAÑEDA, R. A.; AVLIJAS, S.; SIMARD, M. A. & RICCIARDI, A. Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 71 (12): 1767–1771. 2014
- CASTRO FILHO, B.M. de; MIRANDA, L. B. de; MIYAO, S.Y. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, 35 (2): 135-151. 1987.
- COLE, M. LINDEQUE, P.; HALSBAND, C. & GALLOWAY, T. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. **Marine Pollution Bulletin**, 62 (12): 2588-2597. 2011.
- CONSELHO FEDERAL DE BIOLOGIA. Resolução CFBio número 301/2012. Dispõe sobre os procedimentos de captura, contenção, marcação, soltura e coleta de animais vertebrados in situ e ex situ e da outras providencias. Disponível em: <http://cfbio.gov.br/artigos>
- CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M.F.; SPACH, H.I. Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. **Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom**, 91 (6): 1197-1205. 2010.
- ERNI-CASSOLA, G.; ZADJELOVIC, V.; GIBSON, M.I.; CHRISTIE-OLEZA, J.A. Distribution of plastic Polymer types in the marine environment; A meta-analysis. **Journal of Hazardous Materials**. 2019.
- FÁVARO, L.F.; OLIVEIRA, E.C. de & VERANI, N.F. Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 24(4): 1150-1156. 2007.

- FENDALL, L. S. & SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. **Marine Pollution Bulletin**, 58 (8): 1225–1228. 2009.
- FIGUEIREDO, J. L. & MENEZES, N. A. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). **Museu de zoologia Universidade de São Paulo**. São Paulo. 1978
- GONDOLO, G.F.; MATTOX, G.M.T. & CUNNINGHAM, P.T.M. Ecological aspects of the surf-zone ichthyofauna of Itamambuca Beach, Ubatuba, SP. **Biota Neotropica**, 11(2): 183-192. 2011.
- HAKANSON, L. & JANSSON, M. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin. 316p. 1983.
- HERBING, I. H. VON. Effects of temperature on larval fish swimming performance: the importance of physics to physiology. **Journal of Fish Biology**, 61 (4): 865–876. 2002.
- HIDALGO-RUZ, V.; GUTOW, L.; THOMPSON, R. C. & THIEL, M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. **Environmental Science. Technology**, 46(6): 3060-75. 2012.
- HOSS, D. E. & SETTLER, R. L. Ingestion of plastics by teleost fishes. In: R.S. Shomura & M. L. Godfrey (eds). Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris, 2-7 April, 1989. Honolulu, Hawaii. NOAA Tech Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154. 1990.
- IVAR DO SUL, J. A. & COSTA, M. F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, 185: 352–364. 2014.
- JAMBECK J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R. & LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**. 347(6223): 768-71. 2015.
- KAVYA, A. N. V. L.; SUNDARRAJAN, S.; RAMAKRISHNA, S. Identification and characterization of microplastics in the marine environment: A mini review. **Marine Pollution Bulletin**. V 160, 111704. 2020.
- KOR, K., MEHDINIA, A. Neustonic microplastic pollution in the Persian Gulf. **Marine Pollution Bulletin**, 150, 110665. 2020.
- KUBOTA, T. 1990. Synthetic materials found in stomachs of longnose lancetfish collected from Suruga Bay, Central Japan. In: Shomura, R.S.; Codfrey, H.L. (Eds.), **Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris**, 2–7 April 1989, Honolulu, Hawaii, 1990. US Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum NMFS, Washington, DC, USA, pp. 710–717. 1990.
- LAIST, D. W. Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. **Marine Debris**, 99–139. 1997.
- LAW, K. L. & THOMPSON, R. C. Microplastics in the seas. **Science**, 345 (6193): 144-145. 2014.
- LIMA, L, V, S.; MACÁRIO, B, S.; FIDÉLIS, M, N.; PESSANHA, A, L, M. Variação sazonal das partículas de microplásticos no sedimento de quatro praias urbanas

- no estado da Paraíba, Brasil. IV **Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências CONAPESC**. 2019
- MAILHOT, B.; MORLAT, S.; GARDETTE, J.-L. Photooxidation of blends of polystyrene and poly (vinyl methyl ether): FTIR and AFM studies. **Polymer**, 41 (6): 1981-1988. 2000.
- NELSON, J. S. Fishes of the world. 4th Edition. **John Wiley & Sons** Hoboken, New Jersey, 601p. 2006
- NORÉN, F. Small plastic particles in coastal Swedish waters. **KIMO report**. Sweden, 1-11. 2007
- OLIVATTO, G.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. & MONTAGNER, C. Microplastics: Contaminants of Global Concern in the Anthropocene. **Revista Virtual Química**, 10(6): 1968-89. 2018.
- PINHEIRO, L.M.; MONTEIRO, R.C.P.; IVAR DO SUL, J.A.; COSTA, M.F. Do beachrocks affect microplastic deposition on the strandline of Sandy beaches? **Marine Pollution Bulletin**, 144, 569-572. 2019.
- PIRES-VANIN, A. M. S.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; AIDAR, E.; MESQUITA, H. S. L.; SOARES, L. S. H.; KATSURAGAWA, M. & MATSUURA, Y. Estrutura e função do ecossistema de plataforma continental do Atlântico Sul brasileiro: síntese dos resultados. **Publicação. Especial. Instituto. Oceanográfico**. (10):217-231. 1993.
- PRATA, J. C.; DA COSTA, J. P.; GIRÃO, A. V.; LOPES, I.; DUARTE, A. C.; & ROCHA-SANTOS, T. Identifying a quick and efficient method of removing organic matter without damaging microplastic samples. **Science of The Total Environment**. 686: 131-139. 2019.
- ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; COSTA, M. R.; FIGUEIREDO, J. L.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; MOURA, R. L. & MENEZES, N. A. Vertebrados: Peixes Marinhos. In: Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo, São Paulo. **Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente**. 645 p. 2009.
- ROWLEY, K. H.; CUCKNELL, A.-C.; SMITH, B. D.; CLARK, P. F.; MORITT, D. Londo's river of plastic: High levels of microplastics in the Thames water collum. **Science of the Total Environment**. 740, 140018. 2020.
- SARIJAN, S.; AZMAN, S.; SAID, M. I. M.; ANDU, Y.; ZON, N. F. Microplastics in sediment from Skudai and Tebrau river, Malaysia: a preliminary study. **Matec Web of Conference**., V 250, 06012. 2018.
- SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, J.D.B.; FRANÇA, E.J.; ARAÚJO, M.C.B. & GUSMÃO, F. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource. **Environment Pollution**., 221: 218- 26. 2017.
- SOUZA, C. R. de G. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume Especial 30 Anos, p. 307-371. 2012.
- TANAKA, K., TAKADA, H. Microplastic fragments and microbeads in digestive tracts of planktivorous fish from urban coastal water. **Sci Rep**, 6, 34351. 2016.

- TEUTEN, E. L.; SAQUING, J. M.; KNAPPE, D. R. U.; BARLAZ, M. A.; JONSSON, S.; BJORN, A. & TAKADA, H. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 364 (1526): 2027–2045. 2009.
- THIEL, M.; HINOJOSA, I. & VASQUEZ, N. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). **Marine Pollution Bulletin**, 46(2): 224-231. 2003.
- THOMPSON, R. C. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), **Marine anthropogenic litter**, 185–200. 2015.
- TSUKADA, E.; FERNANDES, E.; VIDAL, C.; SALLA, R. F. Beach morphodynamics and its relationship with the deposition of plastic particles: A preliminary study in southeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 172: 112809. 2021.
- WAGNER, M.; *et al.* Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environmental Sciences Europe**, 26 (1): 12. 2014.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments, **Jour. Geology** 30, 377–392. 1922.
- WILSON, D.R.; GODLEY, B.J.; HAGGAR, G.L.; SANTILLO, D.; SHEEN, K.L. The influence of depositional environment on the abundance of microplastic pollution on beaches in the Bristol Channel, UK. **Marine Pollution Bulletin**, 164, 111997. 2021.
- WRIGHT, S.L.; THOMPSON, R.C.; GALLOWAY, T.S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, 178: 483-492. 2013.
- ZHANG, Q.; ZHAO, Y.; DU, F.; CAI, H.; WANG, G.; & SHI, H. Microplastic Fallout in Different Indoor Environments. **Environmental Science & Technology**, doi:10.1021/acs.est.0c00087. 2020.
- ZETTLER, E.R.; MINCER, T.J.; AMARAL-ZETTLER, L. A. Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. **Environmental Science & Technology**, 47(13): 7137-7146. 2013.

8. Apêndice

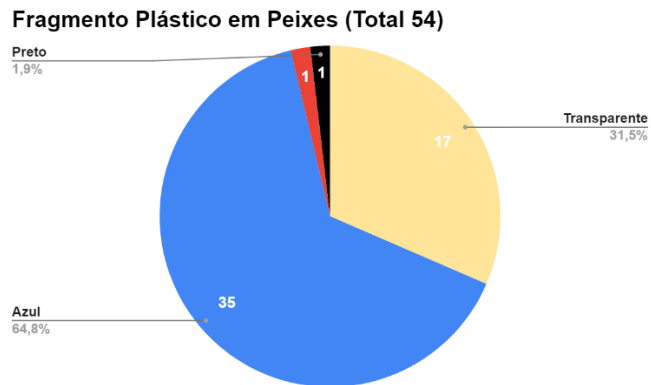


Figura 13- Porcentagem da coloração dos plásticos ingeridos pelos peixes nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

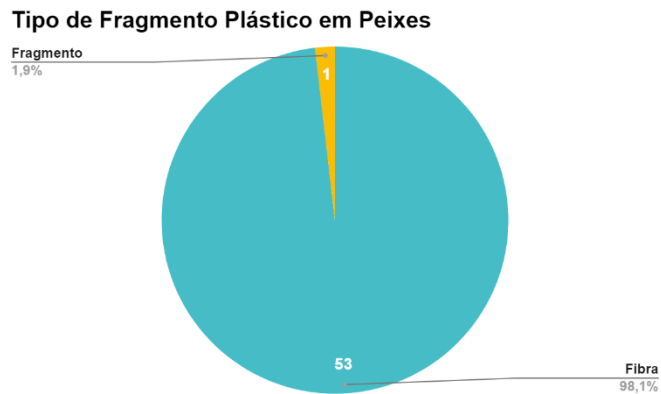


Figura 14- Porcentagem do tipo de partícula mais abundante na ingestão de plásticos nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

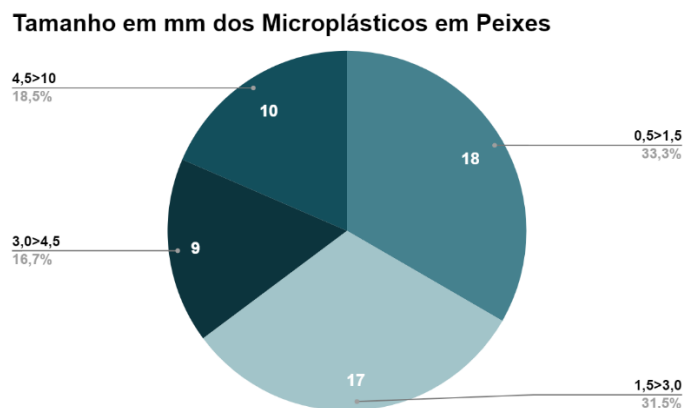


Figura 15- Porcentagem dos tamanhos médios dos plásticos ingeridos pelos peixes nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

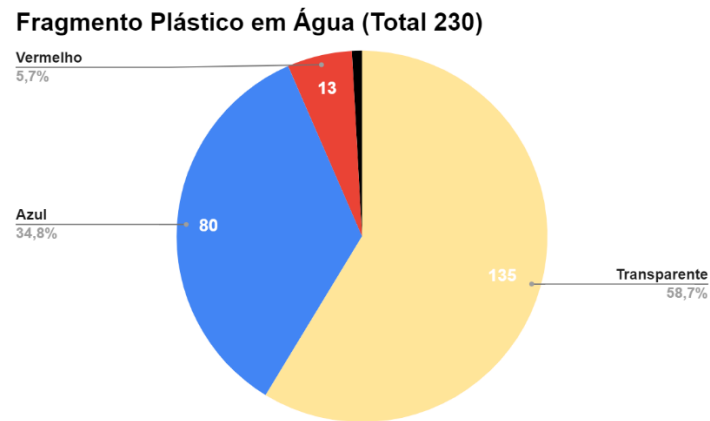


Figura 16- Porcentagem da coloração dos plásticos presentes nas amostras de água nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

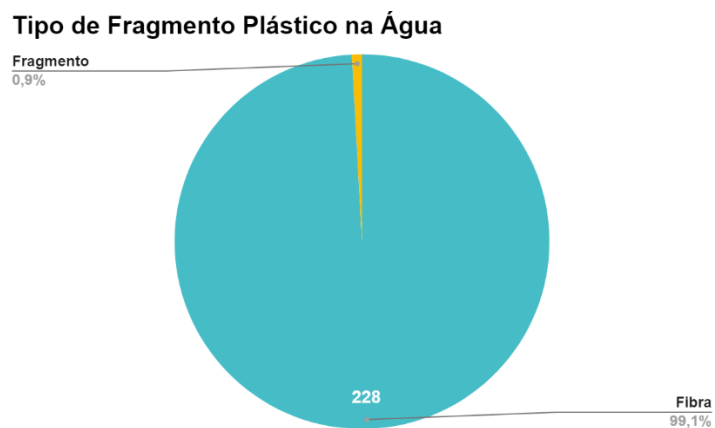


Figura 17- Porcentagem do tipo de partícula mais abundante em amostras de água nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

Tamanho em mm dos Microplásticos em Água

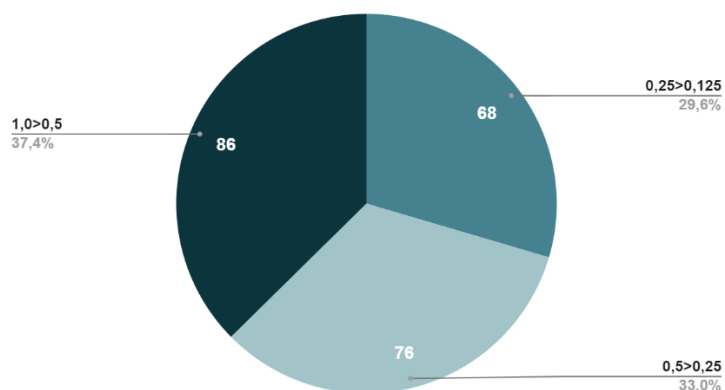


Figura 18- Porcentagem do tamanho médio dos plásticos encontrados em amostras de água nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

Fragmento Plástico no Sedimento (Total 288)

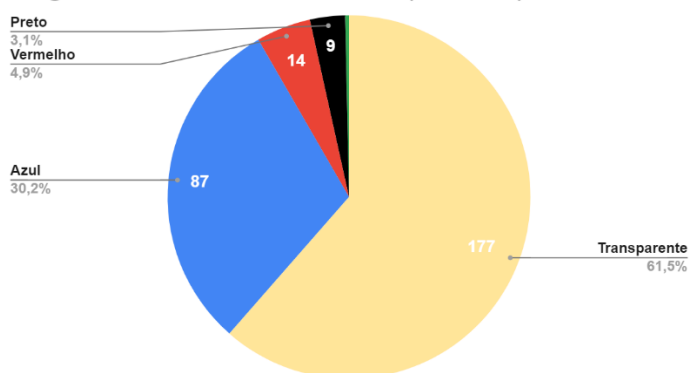


Figura 19- Porcentagem da coloração de partículas plásticas em amostras de sedimento nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

Tipo de Fragmento Plástico no Sedimento

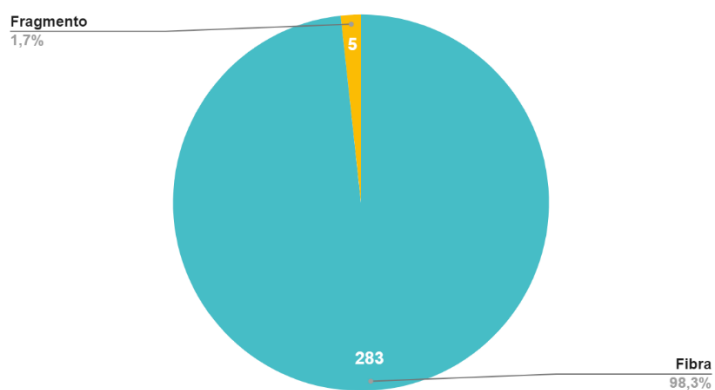


Figura 21- Porcentagem do tipo de plástico mais abundante em amostras de sedimento nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

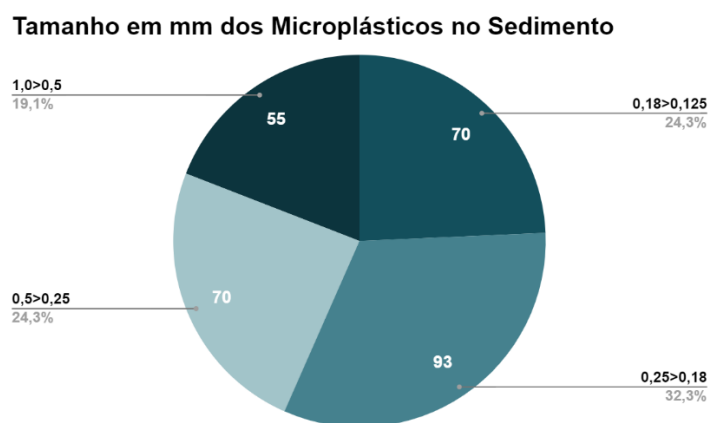






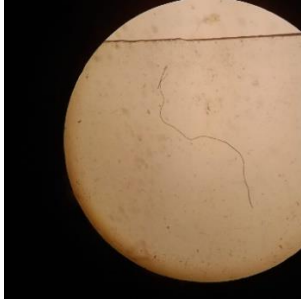

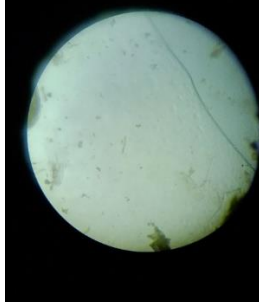


Figura 20- Porcentagem do tamanho médio dos plásticos encontrados em amostras de sedimento nas praias de Perequê Calma/Brava e Barra Seca em Ubatuba, SP, Brasil, para ambos os períodos de inverno/verão 2021

<p>Barra Seca Período de Verão</p>	<p>Perequê Brava Período de Verão</p>	<p>Perequê Calma Período de Verão</p>
		
		
		

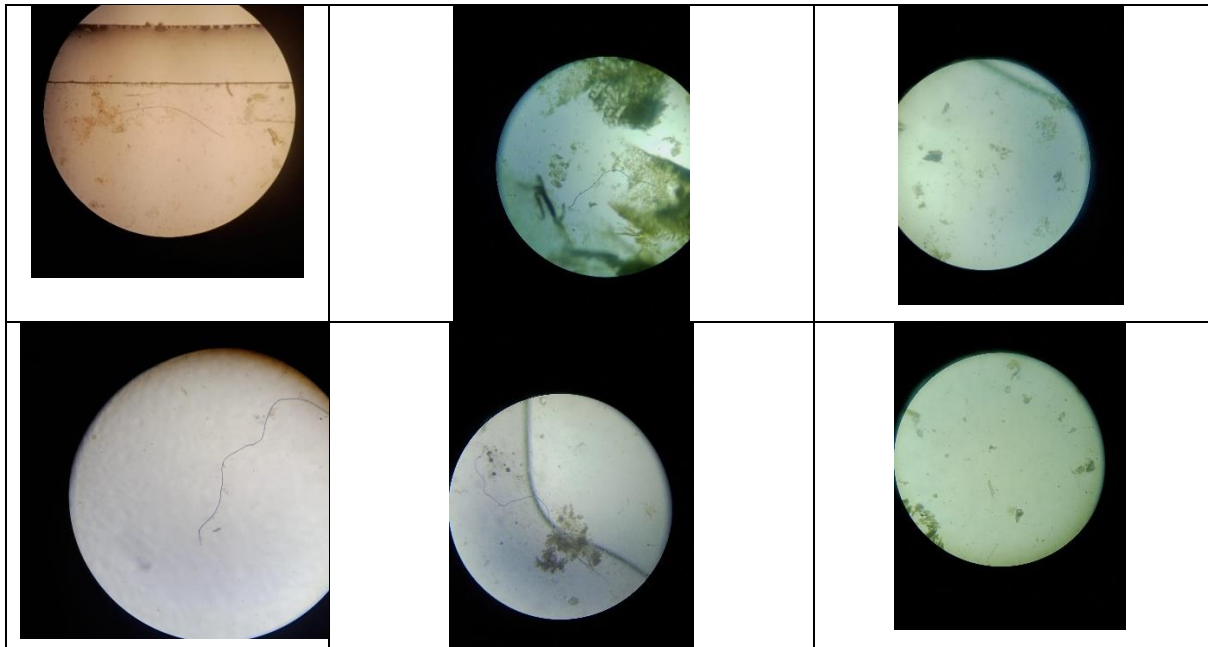
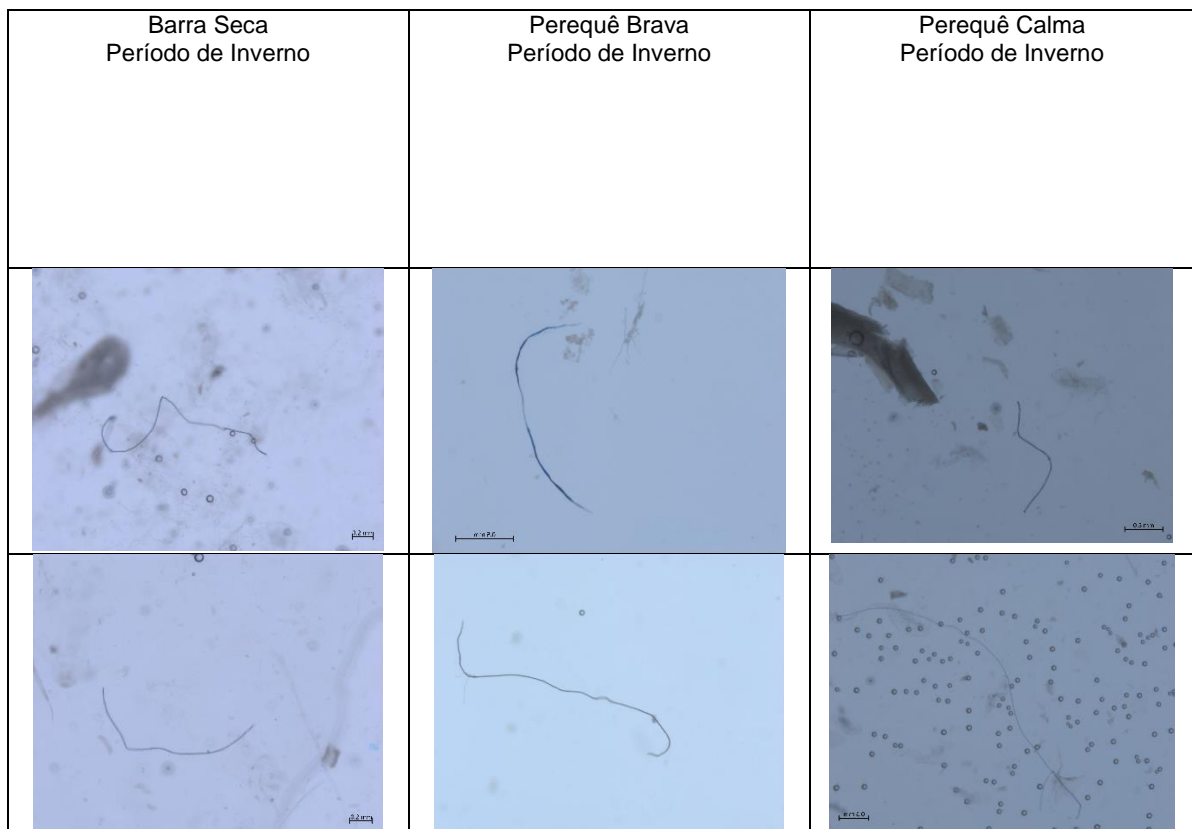
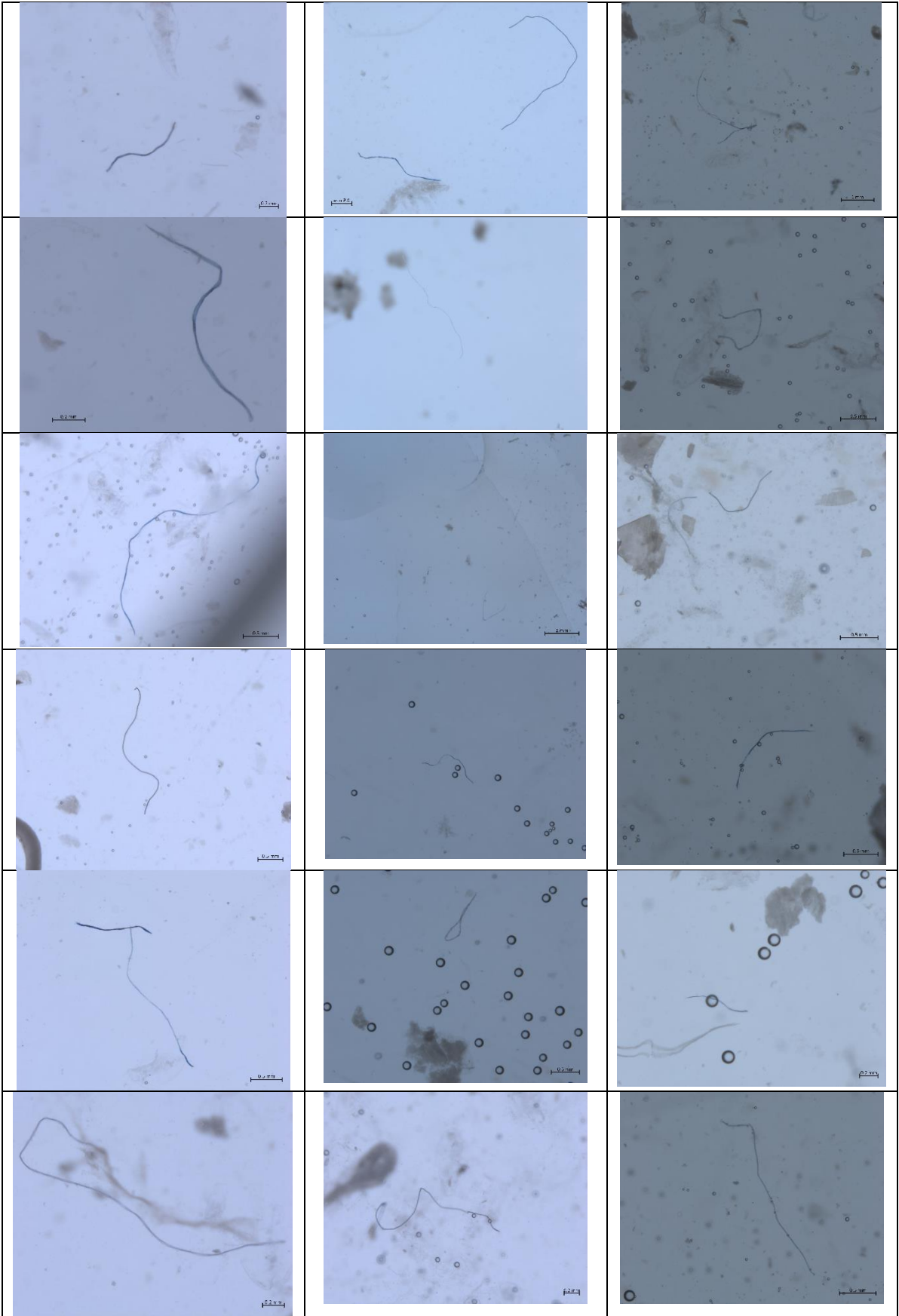


Figura 22- Fotos dos microplásticos coletados em indivíduos de *Atherinella brasiliensis* no período de verão





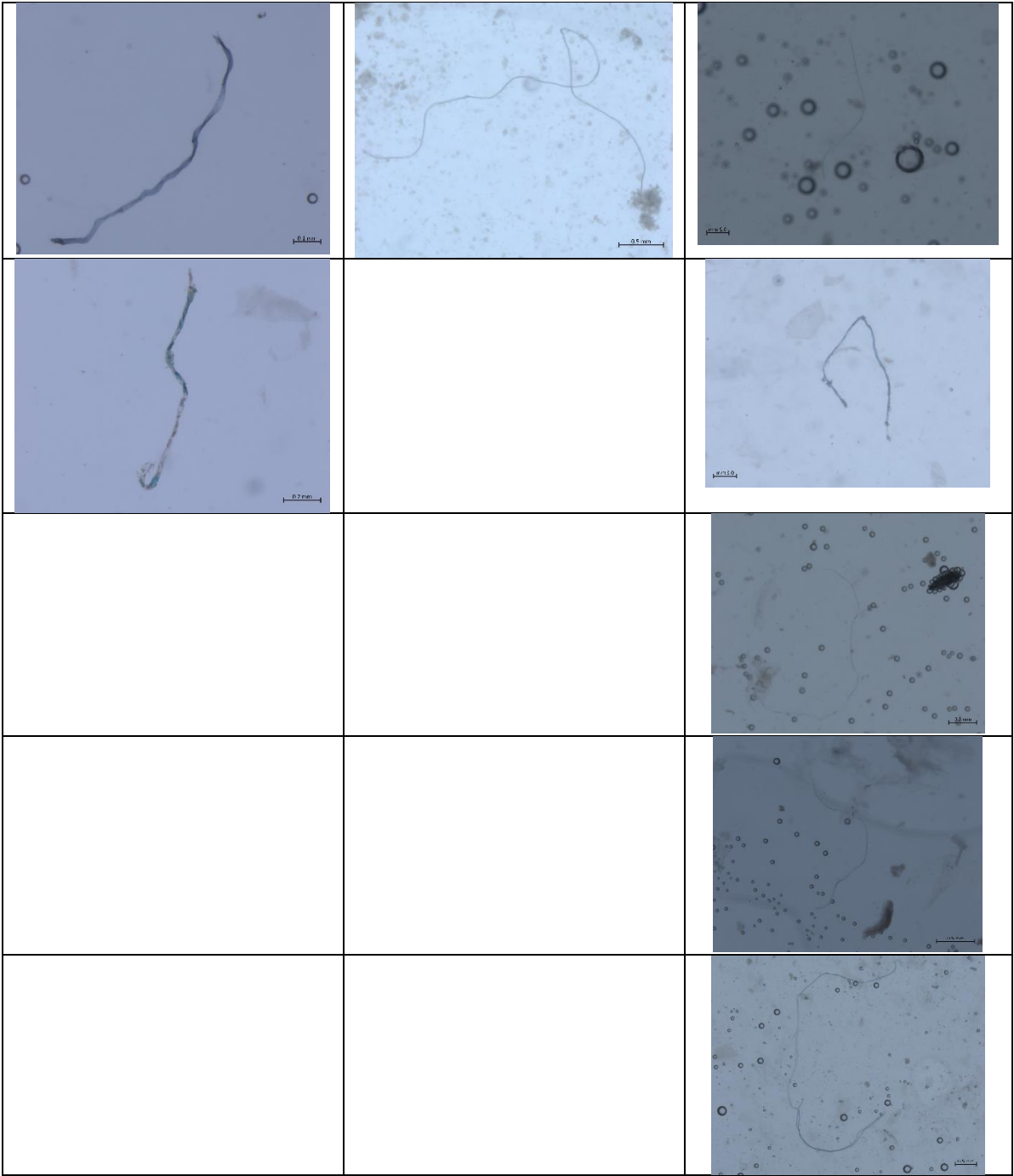


Figura 21- Fotos dos microplásticos coletados em indivíduos de *Atherinella brasiliensis* no período de inverno