

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ

Programa de Pós-Graduação Ambientes Litorâneos e Insulares

Mestrado em Ciências Ambientais

**ELIZABETH DO NASCIMENTO LOPES**

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM SIRIS *Callinectes danae* (Smith, 1869) e SEDIMENTO NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ - PR**

Paranaguá

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AMBIENTES LITORÂNEOS E INSULARES

**ELIZABETH DO NASCIMENTO LOPES**

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM SIRIS *Callinectes danae* (Smith, 1869) e SEDIMENTO NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ - PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares – PALI – da Universidade Estadual do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Metri

Programa de Pós-Graduação  
em Ambientes Litorâneos  
e Insulares - UNESPAR

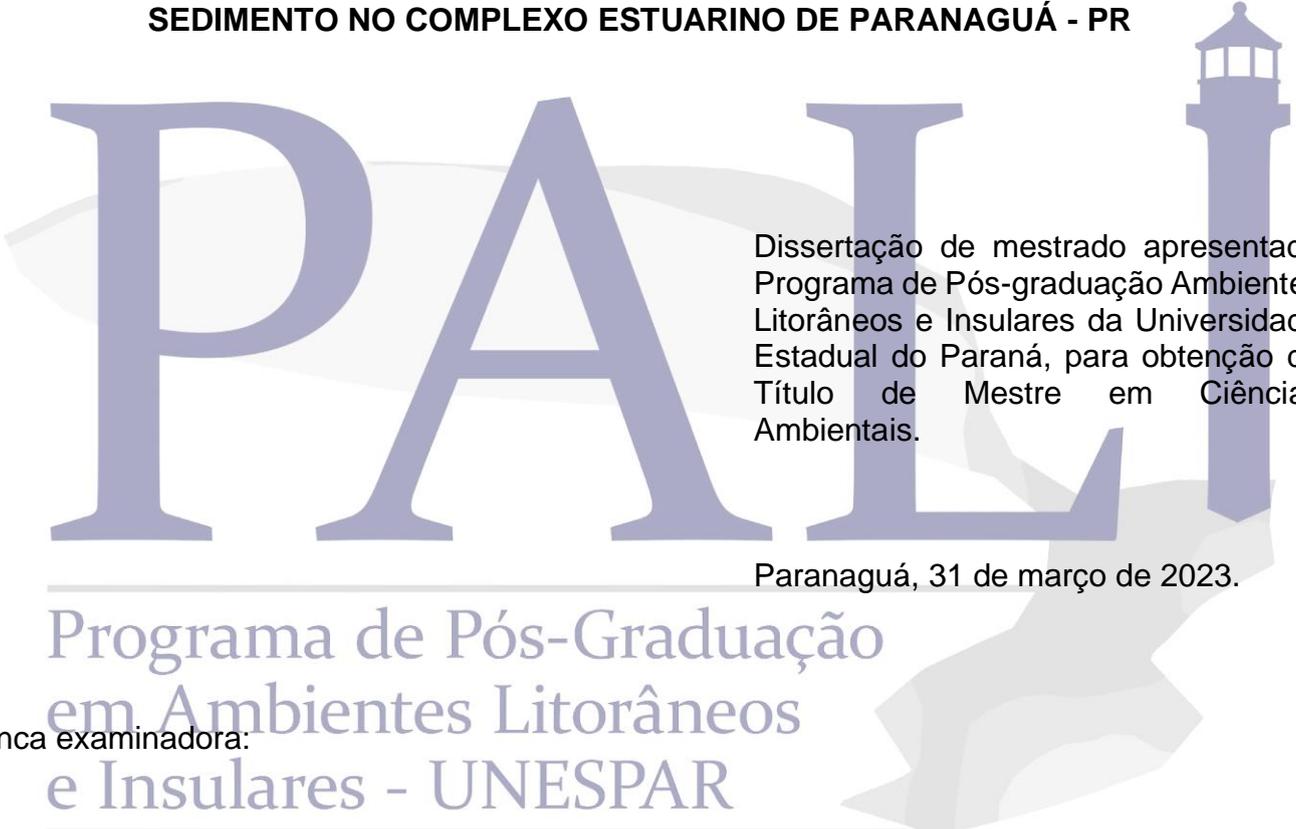
Paranaguá

2023

ELIZABETH DO NASCIMENTO LOPES

**CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM SIRIS *Callinectes danae* (Smith, 1869) e  
SEDIMENTO NO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ - PR**

**PALI**



Dissertação de mestrado apresentada  
Programa de Pós-graduação Ambientes  
Litorâneos e Insulares da Universidade  
Estadual do Paraná, para obtenção de  
Título de Mestre em Ciências  
Ambientais.

Paranaguá, 31 de março de 2023.

Programa de Pós-Graduação  
em Ambientes Litorâneos  
e Insulares - UNESPAR

Banca examinadora:

Dr. Rafael Metri (PALI – UNESPAR) - orientador

Ass: \_\_\_\_\_

Dr. Allan Paul Krelling (CTS - IFPR) - Examinador

Ass: \_\_\_\_\_

Dra. Cassiana Baptista Metri (PALI - UNESPAR) - Examinadora Ass: \_\_\_\_\_

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lopes, Elizabeth do  
Caracterização de microplásticos em siris  
*Callinectes danae* (Smith, 1869) e sedimento no  
complexo estuarino de paranaguá-pr / Elizabeth do  
Lopes. -- Paranaguá-PR, 2023.  
41 f.

Orientador: Rafael Metri.  
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação  
Mestrado Acadêmico em Ambientes Litorâneos e  
Insulares) -- Universidade Estadual do Paraná, 2023.

1. Microplástico. 2. Poluição em Ambiente  
Marinho. 3. Complexo Estuarino de Paranaguá. I -  
Metri, Rafael (orient). II - Título.

## AGRADECIMENTOS

Sempre digo que ciência não se faz sozinha e foram tantas pessoas que me deram a mão até aqui, á elas todo meu amor, carinho e gratidão.

Em especial;

Á minha família são meus maiores apoiadores e base. Agradeço aos meus pais por me derem a chance de crescer em uma casa cheia.

Á Luiza Lopes, meu bebê, minha bióloga favorita e meu suporte jovem para tudo e qualquer coisa.

Á Geovana Lopes, minha *pedagoguinha* favorita, “*Roza, don’t hesitate*”

Á Thatiane Lopes, por me fazer tia e madrinha e isso me dá energia pra ser a tia rica.

Á minha mãe, que criou essa pequena gangue com amor e liberdade. Eu te amo.

Meus tios Edeluce e Levi Padovani, por cada detalhe que fez diferença, cada carona, cada balde, cada bicho congelado no freezer, mesmo que eu buscasse palavras para definir meu amor e gratidão, eu dificilmente acharia.

Ao Laboratório de Ecologia e Conservação (LABEC), onde estive pelos últimos oito anos, aprendendo –  *muito* – e conhecendo pessoas incríveis.

Ao Laboratório de Biologia Marinha (LABMAR) por proporcionar café (mesmo que eu não goste nem do cheiro), risadas, confraternização, consultoria (mesmo que nunca tenha participado de fato), almoços e amigos, onde entrei como membro convidado e nunca mais sai.

Ao LAGEM, coordenado pela Prof. Dra. Josiane Figueiredo, pelo apoio durante o processamento das amostras.

Ao LAVIMA, coordenado pelo Prof. Dr. José Roberto Rocha, pelo suporte químico, de equipamento, materiais, balas e tudo mais.

As minhas amigas de ciência e vida, Bióloga dark Elisa Neves, “*quase*” mestre Gabriela Tanios, “*futura mestre*” Gabriela Dubeski, minhas parceiras de absolutamente tudo.

Aos amigos queridos que Paranaguá me trouxe e que deixaram tudo mais leve.

À Sthephany “Tete” Aguiar, obrigada por nossa pequena paz, amei dividir esses meses com você.

Aos meus amigos de mestrado, Rayane Bueno, obrigada por toda as brigas, reclamações, chopinho, representação discente e uma infinidade de coisas que fazem bem para alma, Gabriel Gonçalves, eu nem sei como dizer o quanto você foi especial nessa jornada, obrigada pela parceria de trabalho e pela amizade e principalmente por falar e escutar de manguezal sempre com a mesma animação.

À Alice Cordeiro, a MELHOR bolsista IC e blogueira, obrigada por todo seu carinho com esse trabalho, toda sua dedicação, você é incrível.

Aos meus professores, em especial Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Yara Tavares obrigada por toda a lição de força e vida; Prof. Dr. Pablo Borges obrigada por todas as conversas filosóficas matinais e os artigos; Prof. Dr. José Roberto, eu nunca ia imaginar que alguém pudesse me fazer gostar de química, Zezinho obrigada por tudo; Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariana Baptista Lacerda pela minha primeira vez puxando gaiola e por cada campo e tudo que eles proporcionaram, e nessa lista incluo o Romildo, pescador e grande professor.

Ao Instituto Federal campus Paranaguá e o Programa de Pós Graduação em Ciência Tecnologia e Sociedade (PPGCTS) juntamente com a Fundação Araucária pelo apoio financeiro, via bolsa, em nome do ex-coordenador do curso prof. Dr. Lucas Pellissari, eu aprendi muito e sou grata.

À prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Cassiana Baptista Metri, eu já disse algumas vezes o quanto você é importante na minha trajetória acadêmica e hoje eu deixo aqui registrado, obrigada por absolutamente tudo, de sorrisos a puxões de orelha, por me levar na minha primeira coleta, por segurar minha mão quando eu precisei e por me orientar sempre, na ciência e na vida. Feliz demais em ser Meio-Metri.

Ao meu *Excelentíssimo Senhor Orientador*, Prof. Dr. Rafael Metri, obrigada pela paciência, por deixar eu fazer várias coisas diferentes, por me fazer amar ascídias fofinhas, por me orientar.

Por fim, tudo feito “*dentro d’água*” é dedicado ao velho lobo do mar. Pai, sinto sua falta todo dia.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá, indicando a localização dos cinco pontos de coleta do siri <i>Callinectes danae</i> e amostra de sedimento, sendo eles, P1: Caçueiro; P2: Guaiatuba; P3: Piaçaguera; P4: Ponta Oeste e P5: Cotinga	13
<b>Figura 2.</b> Desenho amostral das amostras coletadas. De cada ponto foram retirados todos os indivíduos das gaiolas, dez ao total, cinco amostras de sedimento totalizando aproximadamente 2,5 kg e dados abióticos.	15
<b>Figura 3.</b> Abundância de siris <i>C. danae</i> por pontos amostrais.	21
<b>Figura 4.</b> Relação entre a abundância de siri <i>C. danae</i> e a abundância de MP's encontrados em cada ponto amostral. A linha azul representa os MP's e a linha laranja representa os siris. Sendo P1: 7 indivíduos e 11 MP's; P2: 4 indivíduos e 7 MP's; P3: 37 indivíduos e 49 MP's; P5: 56 indivíduos e 50 MP's.	22
<b>Figura 5.</b> Abundância de MP's encontrados no sistema digestivo dos siris <i>C. danae</i> em cada ponto amostral	23
<b>Figura 6.</b> Prancha representando as variações de MP's do tipo fibra encontrados nos siris <i>C. danae</i> . A, B e D representam as cores encontradas preto, azul e rosa, com predominância da cor azul	25
<b>Figura 6.</b> Itens de MP observados no sistema digestivo dos siris <i>C. danae</i> . A barra tracejada (---) representa os valores de desvio padrão, a barra grossa (—) os valores médios das amostras, círculos (•) os outliers.	26
<b>Figura 7.</b> Regressão linear entre o peso dos siris <i>C. danae</i> , como variável dependente, e a abundância de MP's nos mesmo indivíduos como variável independente	27
<b>Figura 8.</b> Regressão linear entre a largura da carapaça sem espinhos dos siris <i>C. danae</i> , como variável dependente, e a abundância de MP's nos mesmo indivíduos como variável independente.	27
<b>Figura 9.</b> Prancha representando as variações de MP's encontrados nas amostras de sedimento do Complexo Estuarino de Paranaguá-PR. Sendo A, B, C, D, E e F classificadas como fibras.	29
<b>Figura 10.</b> Itens de MP observados nos pontos amostrais no Complexo Estuarino de Paranaguá - PR. A barra tracejada (---) representa os valores de desvio padrão, a barra grossa (—) os valores médios das amostras, círculos (•) os outliers.	29
<b>Figura 11.</b> Regressão linear entre a abundância de MP's nas amostras de siris, como variável dependente e a abundância de MPs no sedimento, como variável independente	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros abióticos de cada ponto de coleta .....	20
<b>Tabela 2.</b> Tamanhos mínimo e máximo, média e desvio padrão dos indivíduos de <i>C. danae</i> .....	22

## RESUMO

Os materiais plásticos estão inseridos em nosso cotidiano. Globalmente são produzidos cerca de 320 milhões de toneladas por ano. A grande demanda de produtos plásticos gera uma grande quantidade de resíduos, que em sua maioria é descartada de forma incorreta, tendo como destino final os ambientes marinhos. Espécies de valor econômico, como peixes, ostras e crustáceos são afetadas por este resíduo, seja por ingestão ou emaranhamento. Os detritos plásticos são gradualmente fragmentados através de processos mecânicos e naturais e assim é comum que entrem na cadeia trófica como microplásticos (MP). Dada a importância econômica e ecológica do siri *Callinectes danae*, o presente estudo teve como objetivo obter dados sobre a disponibilidade e consumo do poluente nesses organismos. O estudo foi realizado no Complexo Estuarino de Paranaguá. A pesquisa analisou 166 organismos distribuídos em cinco pontos, paralelamente a coleta dos siris foram retirados aproximadamente 2,5kg de sedimento. 48% dos siris apresentaram contaminação de MP's, classificados como fibras e fragmentos, quando comparamos os pontos, não houve diferença significativa entre os pontos ( $F = 0,982$ ,  $p = 0,41$ ), assim como não houve diferença quando comparamos as seguintes descrições: machos e fêmeas ( $T = 0,59$ ,  $p = 0,55$ ), estágios de maturação jovem e adulto ( $T = 0,67$ ,  $p = 0,50$ ), índice de repleção do estômago cheio e meio cheio ( $T = 0,77$ ,  $p = 0,43$ ), tamanho ( $F = 1,54$ ,  $p = 0,21$ ) ou peso ( $F = 1,61$ ,  $p = 0,20$ ). Para o sedimento não houve diferença significativa entre os pontos ( $F = 0,378$ ,  $p = 0,54$ ), apenas MP's do tipo Fibra foram identificados. Conclui-se que o MP é um poluente amplamente distribuído no CEP e que o siri *C. Danae*, importante recurso pesqueiro ingere o MP de forma involuntária e ou acidental.

Palavras-chaves: Poluição Marinha; Estuário; Protocolo

## **ABSTRACT**

Plastic materials are ubiquitous in our daily lives, with approximately 320 million tons produced globally each year. The high demand for plastic products generates a significant amount of waste, most of which is improperly disposed of, ultimately ending up in marine environments. Economically valuable species such as fish, oysters, and crustaceans are affected by this debris, either through ingestion or entanglement. Plastic debris is gradually fragmented through mechanical and natural processes, leading to its incorporation into the food web as microplastics (MPs). Given the economic and ecological importance of the *Callinectes danae* crab, this study aimed to gather data on the availability and consumption of pollutants in these organisms. The study was conducted in the Paranaguá Estuarine Complex. A total of 166 organisms were analyzed at five points, and approximately 2.5 kg of sediment was collected concurrently with crab sampling. Forty-eight percent of the crabs showed contamination with MPs, classified as fibers and fragments. When comparing the sampling points, no significant difference was found ( $F = 0.982$ ,  $p = 0.41$ ), nor were there differences observed between males and females ( $T = 0.59$ ,  $p = 0.55$ ), young and adult maturation stages ( $T = 0.67$ ,  $p = 0.50$ ), stomach fullness index ( $T = 0.77$ ,  $p = 0.43$ ), size ( $F = 1.54$ ,  $p = 0.21$ ), or weight ( $F = 1.61$ ,  $p = 0.20$ ). Regarding sediment, no significant difference was found between sampling points ( $F = 0.378$ ,  $p = 0.54$ ), with only fiber-type MPs identified. It is concluded that MPs are widely distributed pollutants in the Paranaguá Estuarine Complex and that the *C. danae* crab, an important fishing resource, unintentionally ingests MPs, either involuntarily or accidentally.

Keywords: Marine Pollution; Estuary; Protocol

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>MATERIAIS E METODOS .....</b>	<b>12</b>
<b>Área de estudo.....</b>	<b>12</b>
<b>Coletas.....</b>	<b>13</b>
<b>Processamento das amostras .....</b>	<b>15</b>
<b>Protocolos .....</b>	<b>15</b>
<b>Callinectes danae .....</b>	<b>15</b>
<b>Sedimento .....</b>	<b>16</b>
<b>Análise dos microplásticos .....</b>	<b>18</b>
<b>Análise dos dados.....</b>	<b>18</b>
<b>RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>Caracterização dos siris .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO

Itens de material plástico estão totalmente inseridos em nosso cotidiano, inclusive gerando um problema global que impacta os setores econômicos, de saúde pública e promovendo degradação do valor paisagístico natural (NEVES, 2013). Em escala global, aproximadamente 320 milhões de toneladas de plástico foram produzidas (WRIGHT *et al.* 2017). Esse material é versátil, de baixo custo e possui inúmeras aplicações, sendo a indústria de embalagem a maior transformadora de plástico virgem em produtos. A alta produção necessária para suprir o alto consumo, acarreta uma enorme quantidade de resíduos plásticos que o mundo não está apto a reciclar ou dar uma destinação correta, e grande proporção deste resíduo acaba no mar.

O lixo no mar é definido como qualquer material sólido persistente, processado ou manufaturado e que é descartado, abandonado e de alguma forma transportado até o meio costeiro ou marinho (UNEP, 2013). Os resíduos plásticos que compõem o lixo marinho, denominados também como macroplásticos podem se degradar gerando uma classe nomeada de microplásticos (MP) que vem sendo destaque entre tantos poluentes. Os MPs são definidos por terem dimensões menores que 5 mm, podendo ser primários, quando são produzidos com esse tamanho, por exemplo para a indústria de cosméticos, ou secundários, que são os produtos que sofreram degradação atingindo tamanhos reduzidos (COSTA *et al.* 2019).

O Brasil possui uma das maiores faixas costeiras do mundo, com cerca de 8.698 km de extensão, que está sofrendo com o descarte incorreto desse poluente, já que o Brasil recicla apenas 2,1% do total de resíduos coletados (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). Com a má gestão desse resíduo os oceanos estão servindo de destino final de grande parte desse volume descartado, acarretando em múltiplos impactos.

Os estuários são de grande importância para a região costeira, servem como áreas de refúgio, alimentação e reprodução para um grande número de espécies, incluindo muitas de interesse comercial. O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), que banha a cidade de Paranaguá e outros municípios da região, representa um dos maiores estuários do mundo, e está permeado por uma alta

diversidade de ecossistemas costeiros como manguezais, marismas, restingas e ilhas com afloramentos rochosos, que sustentam uma rica biodiversidade (CASTELLA *et al.* 2006). Por isso é Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO e compõe um importante Sítio Ramsar na região, ou seja, além de culturas humanas múltiplas invariavelmente ligadas ao oceano, é uma área de interesse prioritário para conservação da biodiversidade.

Organismos marinhos já são impactados com a ingestão de MPs (ARAUJO, 2016), entre eles, organismos importantes economicamente como peixes (DE-LA-TORRE *et al.* 2019), ostras (TENG *et al.* 2019, DING *et al.* 2020) e crustáceos (WATTS *et al.*, 2015), demonstrando a presença dos MPs em vários nichos e níveis tróficos e o seu potencial para se alastrar e bioacumular.

Dentre os organismos explorados comercialmente na região do Complexo Estuarino de Paranaguá, merecem destaque os crustáceos. Em sua fase adulta, siris, caranguejos e camarões se caracterizam como importantes recursos pesqueiros, alvos diretos das frotas artesanal e industrial. Também são importantes para a subsistência, servindo como fonte de alimento para algumas comunidades (SERAFINI, 2012).

Todos os caranguejos portunídeos do gênero *Callinectes*, os siris azuis, podem ser utilizados como alimento pelos humanos (VIEIRA, 2018). As espécies de *Callinectes* têm grande importância econômica, como espécie-alvo da pesca, sendo exploradas em estuários e baías ou como subproduto da pesca de outros peixes e crustáceos (FERREIRA, 2004; BAPTISTA-METRI, 2005). Um bom exemplo na região do CEP é a comunidade de São Miguel, que vive em sua maioria exclusivamente da pesca e extração do siri (BAPTISTA *et al.* 2016). Além da importância socioeconômica, esses crustáceos são um elo fundamental na cadeia trófica estuarina, uma vez que suas larvas representam a conexão entre produtores primários e os níveis tróficos mais elevados (MARAFON-ALMEIDA, 2009). Em sua fase bentônica, os siris são importantes consumidores secundários, predadores e carniceiros, além de serem presas de outros animais, promovendo a troca de matéria e energia novamente entre os níveis tróficos (KEUNECKE, 2006; FURIA *et al.* 2008). Por isso é necessário conhecer a dinâmica do poluente microplástico nesse grupo taxonômico tão importante.

O presente trabalho tem como principal objetivo obter dados de registro de MPs para o siri *Callinectes danae*, principal espécie de siri capturada e comercializada no CEP, avaliando também a disponibilidade desse poluente para essa parcela da fauna epibentônica e sua relação com alguns parâmetros populacionais da espécie.

## **MATERIAIS E METODOS**

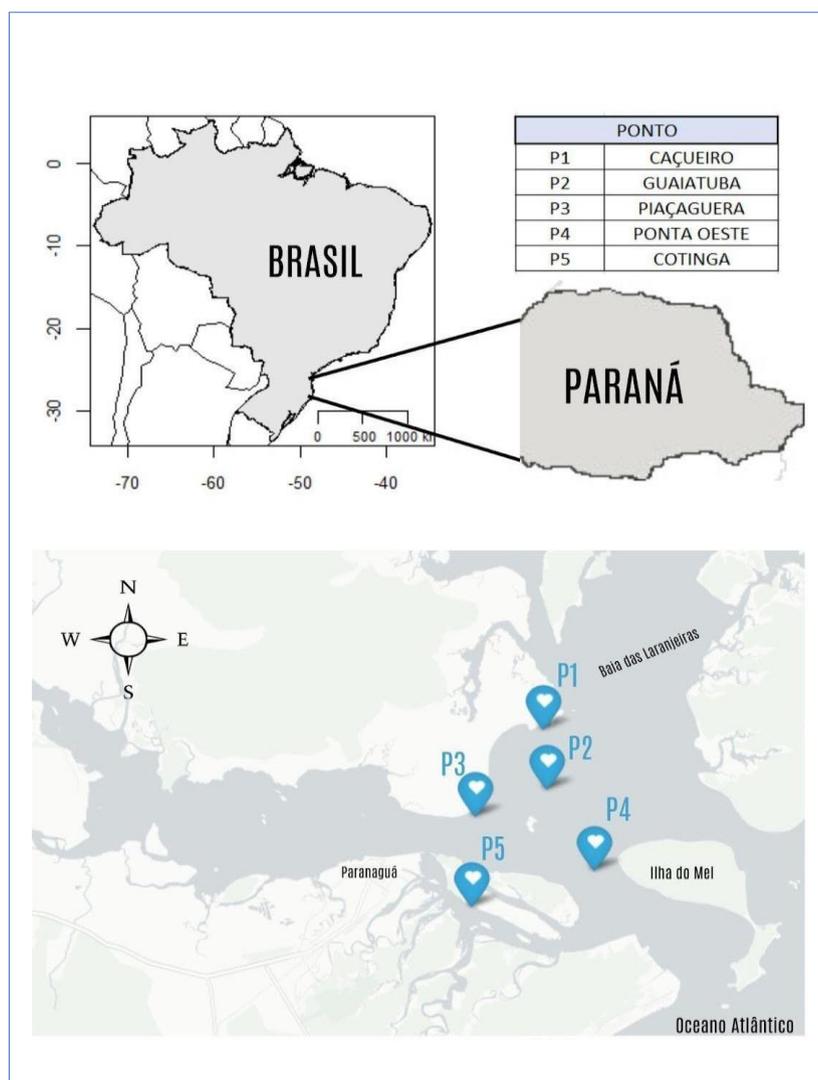
### **Área de estudo**

O litoral do Estado do Paraná é caracterizado pela pequena extensão linear e pela presença de dois estuários bem desenvolvidos – Guaratuba e Paranaguá. O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), possui superfície líquida de 551,8 km<sup>2</sup> e 286,6 km<sup>2</sup> de área de terras úmidas (manguezais e marismas) (NOERNBERG *et al.*, 2004) e está inserido em uma das áreas mais preservadas da Mata Atlântica Brasileira.

É subdividido em Baía de Antonina e de Paranaguá, situadas no eixo Leste – Oeste, e Baías das Laranjeiras, Guaraqueçaba e Pinheiros, no eixo Norte – Sul, sendo no município de Paranaguá, é onde está localizado o Porto Dom Pedro II, Porto de Paranaguá, um dos maiores exportadores de grãos da América Latina. O estudo foi desenvolvido no setor mediano do complexo estuarino, convencionalmente classificado como polihalino (com salinidade variando entre 25 e 30) (LANA *et al.*, 2000).

## Coletas

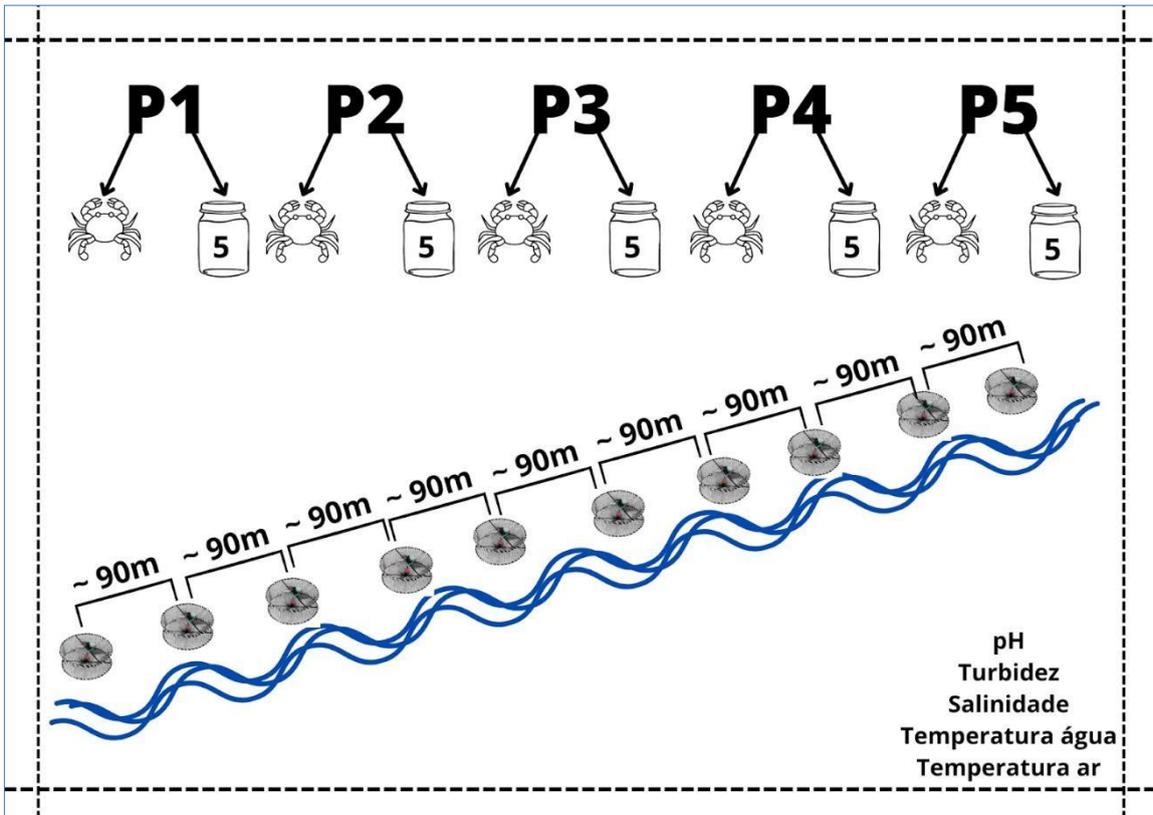
As coletas ocorreram em cinco pontos previamente selecionados a partir da experiência do pescador de siris, parceiro nesse projeto, e após uma coleta piloto que permitiu ajustar os melhores pontos e proceder testes de metodologia. Os pontos compreendem locais tradicionais de captura no Complexo Estuarino de Paranaguá sendo eles, P1: Caçueiro ( $25^{\circ}27'52.5''\text{S}$   $48^{\circ}26'22'.8''\text{W}$ ); P2: Guaiatuba ( $25^{\circ}28'45.5''\text{S}$   $48^{\circ}27'49.3''\text{W}$ ); P3: Piaçaguera ( $25^{\circ}25'56.3''\text{S}$   $48^{\circ}25'30.5''\text{W}$ ); P4: Ponta Oeste ( $25^{\circ}31'44.1''\text{S}$   $48^{\circ}27'56.8''\text{W}$ ) e P5: Cotinga ( $25^{\circ}30'40.7''\text{S}$   $48^{\circ}23'46.6''\text{W}$ ) (fig. 1). A campanha de retirada dos siris ocorreu pontualmente no mês de novembro de 2022, período compreende a primavera, no mesmo dia em todos os pontos, evitando qualquer viés relacionado a condições de tempo, maré e navegação.



Como ilustrado na figura 2, para a coleta dos organismos, em cada ponto e no mesmo dia, foram submersas dez gaiolas iscadas em linha paralela à costa mais próxima, com distância de aproximadamente 90 m entre si (totalizando 900 m de área amostral por ponto). As armadilhas ficaram submersas por no máximo seis horas. Esse tempo foi estabelecido levando em consideração o tempo que o alimento percorre o trato digestivo dos siris que é de cerca de 12h (WATTS *et al*, 2014). Dessa forma, os animais capturados continham majoritariamente em seus tratos digestivos conteúdos ingeridos em condições naturais previamente a sua entrada nas gaiolas, quando supõe-se que passaram a se alimentar do peixe usado como isca. O método seguiu o protocolo executado diariamente pelos pescadores de siris da área, exceto pelo menor tempo de esforço do petrecho. Durante a despesca, os siris de cada ponto foram acondicionados em sacos biodegradáveis em caixa com gelo para anestesia e para diminuir os processos metabólicos e posteriormente foram congelados para processamento posterior. No processo de digestão química qualquer eventual resíduo dos plásticos biodegradáveis se dissolve nas amostras e assim não prejudica os resultados.

Em cada ponto foram ainda coletadas cinco amostras de aproximadamente 500 g de sedimento, obtido com o pegador de fundo Van Veen. As amostras foram tomadas ao longo da linha de gaiolas. O conteúdo da draga era esvaziado em bandeja metálica e transferido para potes de vidro previamente higienizados, mantido congelado até o processamento.

Paralelo a isso, foram registrados os seguintes parâmetros abióticos: pH, turbidez, temperatura da superfície água, temperatura do ar e salinidade para caracterizar os pontos de amostragem. As temperaturas foram tomadas no próprio local com termômetro digital, a turbidez foi obtida com disco de Secchi e uma amostra de água foi levada ao laboratório para mensuração da salinidade com salinômetro manual e pH com pHmetro de bancada.



**Figura 2.** Desenho amostral das amostras coletadas. De cada ponto foram retirados todos os indivíduos das gaiolas, dez ao total, cinco amostras de sedimento totalizando aproximadamente 2,5 kg e dados abióticos.

## Processamento das amostras

Antes de qualquer etapa de processamento, seja dos siris ou dos sedimentos, o laboratório passou por organização e esterilização das bancadas, chão e materiais utilizados (pinças, tesouras, béqueres, frascos Erlenmeyers) para minimizar a possibilidade de contaminação das amostras. Além disso, o processo foi realizado em laboratório sem fluxo de pessoas. Em todas as etapas foram também processadas amostras em branco, como controles de possíveis contaminações externas, seguindo, portanto, os cuidados necessários para evitar ou detectar possíveis contaminações (VAN CAUWENBERGHE *et al.* 2015; DEHAUT *et al.* 2016).

## Protocolos

### *Callinectes danae*

Após descongelamento, os siris de cada ponto foram identificados, sexados, medidos e dissecados para a retirada do estômago e a parte final do intestino posterior.

Para a digestão química do trato digestivo e conteúdo alimentar do siri *Callinectes danae* foi utilizada a solução de Hidróxido de Potássio (KOH 10%) preparada com água destilada. As amostras de cada indivíduo, maceradas a fresco previamente para otimizar a digestão química, foram mergulhadas em 50 ml de solução e em seguida levadas para a Incubadora Shaker LUCA-222 a 60°C por 24h. Depois de retiradas do Shaker, as amostras foram filtradas em papel filtro Quantitativo (REF.40) com o auxílio de bomba de vácuo acoplada em frasco Kitassato. Os filtros foram levados até a estufa a 60°C por tempo suficiente até secagem. Por último, as amostras foram analisadas em estereomicroscópio para registro, contagem e classificação dos microplásticos.

Os MPs encontrados nos filtros foram registrados com auxílio de uma câmera versão 3.0 com resolução de 48 megapixels pertencente ao smartphone Xiaomi montado em um suporte ocular para microscópio estereoscópio Zeiss e os MPs observados foram classificados de acordo com literatura especializada (CLASSENS *et al.* 2013; COLE *et al.* 2014; DE WHITTER *et al.* 2014; DEHAUT *et al.* 2016).

## **Sedimento**

Para o processamento das amostras de sedimento, foram testadas diferentes aplicações do protocolo visando as etapas de peneiramento, digestão de matéria orgânica, flotação e filtração. Foi testada a malha de peneiramento (5 mm, 2 mm e 1 mm), vias de digestão (Peróxido de Hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - e Hidróxido de Potássio – KOH) e volume de reagente para digestão, com aquecimento ou temperatura ambiente, tempo de agitação e descanso para flotação. Para essa fase de testes foram utilizados excedentes de sedimento coletado.

Resumidamente, a digestão com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se mostrou mais eficiente, resultando em uma amostra mais límpida e o peneiramento com a peneira de 5 mm e 2 mm permite registrar os MPs de forma mais ágil, pois o peneiramento auxilia na homogeneização

do sedimento para facilitar as próximas etapas (digestão e flotação). O protocolo final definido para o processamento das amostras de sedimento segue descrito abaixo.

O processamento inicia com a secagem das amostras, que foram transferidas dos vidros para as embalagens de alumínio do tipo *Marmitex* em estufa a 60°C por aproximadamente 10 dias. O tempo de secagem depende da quantidade de água da amostra, variando de 7 a 12 dias. Uma vez secas, as amostras passaram por peneiramento em peneira para granulometria em mesa vibratória com malha de 5 mm, separando macropoplásticos e micropoplásticos e retendo fragmentos maiores de conchas e vegetais, e em peneira de 2 mm, que promove a homogeneização completa das amostras desfazendo qualquer agregado de sedimento. Nas peneiras de 5 mm, embora não observados no presente estudo, qualquer macropoplástico pode ser retirado com pinça após inspeção visual. Todo o material, que passou na sequência de peneiras seguiu para digestão química do material orgânico presente.

De cada amostra foram pesados 100 g (totalizando 500 g por ponto) do sedimento seco menor que 5 mm para digestão química. Em um Becker de vidro com volume de 1L foram adicionados ao sedimento 100 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Peróxido de hidrogênio) por 3h. Para a etapa de flotação foram adicionados 200 ml de solução super saturada de NaCl (300g de NaCl) (1,2g/cm<sup>3</sup>) nas amostras, homogeneizando com agitador magnético e descansando por 3h para flotação dos MPs no líquido supersaturado, com o frasco tampado com papel alumínio.

Avaliando as teorias de empuxo (WALKER, 2014), verifica que os micropoplásticos com densidade inferior a 1,20 g.cm<sup>-3</sup> serão encontrados na região superior da coluna da solução salina. Já os micropoplásticos cuja densidade seja igual a 1,20 g.cm<sup>-3</sup> serão encontrados na linha central da coluna da solução salina. Também haverá uma quantidade de micropoplásticos com densidade superior a 1,20 g.cm<sup>-3</sup> que serão encontradas na região inferior da coluna da solução salina. Esse fato se dá devido à pressão que essas partículas exercem sobre a coluna da solução salina que foi produzida com uma solução saturada de NaCl (HAYNES, 2015).

Todo o sobrenadante foi filtrado em papel filtro Quantitativo encaixado no funil de Büchner com auxílio de bomba de vácuo acoplada em frasco Kitassato. O processo de flotação (adição de solução saturada de NaCl, homogeneização e descanso) foi repetido filtrando o sobrenadante, para garantir que a totalidade dos MPs fossem filtrados.

Uma vez filtradas as amostras, os filtros foram estendidos em placas de petri esterilizadas, devidamente fechadas e levados até a estufa a 60° por tempo suficiente até a secagem dos filtros. Finalmente as amostras foram analisadas em estereomicroscópio para registro dos MPs e suas características (CAUWENBERGUE *et al.* 2015; STOCK *et al.* 2019; MAGHSODIAN *et al.* 2020; GOING *et al.* 2020).

### **Análise dos microplásticos**

Os filtros secos foram observados com auxílio de estereomicroscópio para observação de potenciais MPs e avaliação visual da qualidade da digestão química. A identificação dos MPs foi baseada na classificação proposta por De Witte (2014), Hidalgo-Ruz (2012) e Hanke *et al.* 2013), onde são caracterizados por tipo, formato e coloração, para tipos, podem ser subdivididos em fragmentos, pellets, filamentos, filmes plásticos, plásticos espumados, grânulos e isopor. As fibras devem ser igualmente espessas em todo seu comprimento, devem exibir estrutura homogênea por toda a parte, com algumas variações. Os tipos classificados como fragmentos foram descritos como "fragilizados e desgastados", deformato e tamanho irregulares, pedaços degradados de plástico, com arestas afiadase quebradas. Já em relação à cor, pode ser branca, creme branco-clara, vermelha, laranja, azul, preta, cinza, marrom, verde, rosa, bronzeada, amarela e pigmentada, e ainda serem transparentes, opacos ou cristalinos.

Concomitante com as metodologias testadas, foi realizado um controle branco no qual os procedimentos seguiram todos os passos da metodologia, mas sem amostras de *C. danae* ou sedimentos. Esse controle serve para mensurar possíveis contaminações externas no material analisado e em caso de MPs presentes nessas amostras controle, é possível calibrar os resultados das amostras reais.

Para confirmação da classificação de microplástico foi utilizada a técnica descrita por De Witte *et al.* (2014), utilizando uma agulha quente.

### **Análise dos dados**

Inicialmente, os pontos de coleta foram caracterizados com relação às variáveis abióticas obtidas em campo. Em seguida, os pontos foram comparados com relação a características biométricas dos indivíduos de *C. danae* coletados. Para essa

comparação foram utilizadas as variáveis Largura da Carapaça sem espinhos (LCsE) e Peso, que representam melhor o tamanho dos siris, já que isso poderia influenciar na quantidade de MPs presentes devido ao volume de conteúdo alimentar em indivíduos pequenos ou grandes. Para essas comparações, além da descrição das variáveis foram realizadas ANOVAs das medidas entre os pontos, considerando amostras de tamanhos diferentes.

Para identificar as diferenças na distribuição dos microplásticos nos pontos amostrais foi adotada a Análise de Variância (ANOVA) (UNDERWOOD, 1997) considerando o total de MPs por indivíduo e o total de MPs do tipo fibra, que se mostrou o principal MP detectado.

Considerando a possível relação entre o tamanho dos indivíduos e a quantidade de MP ingerido, um teste de regressão linear entre as variáveis foi aplicado, com a Largura da Carapaça e também o peso como variável independente. Nesse teste os pontos P3 e P5 foram retirados das amostras por falhas na tabulação dos dados que não permitiram individualizar a quantificação dos MPs.

Foram ainda comparadas as quantidades de MPs entre sexos e estágios de desenvolvimento (jovens e adultos) dos siris e também entre siris com estômago cheio e meio cheio, usando testes T.

Finalmente foi construído um histograma com número de siris contendo MPs para descrever melhor a distribuição de MPs na população.

Os pontos foram também comparados com relação a quantidade de MPs nas amostras de sedimento por meio de ANOVA. Os tipos e quantidade de MPs nos sedimentos foram também comparados com o encontrado no conteúdo alimentar dos siris, por regressão linear simples, já que uma disponibilidade do poluente no sedimento poderia causar aumento da ingestão pelos siris.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Caracterização da área

Os parâmetros abióticos mensurados pontualmente no momento das coletas estão indicados na tabela 1. É possível perceber que não há grande diferença nos parâmetros entre os pontos, sendo que nos pontos que aparecem com menor transparência, na verdade o disco de secchi chegou no fundo, não representando portanto diferenças na turbidez da água.

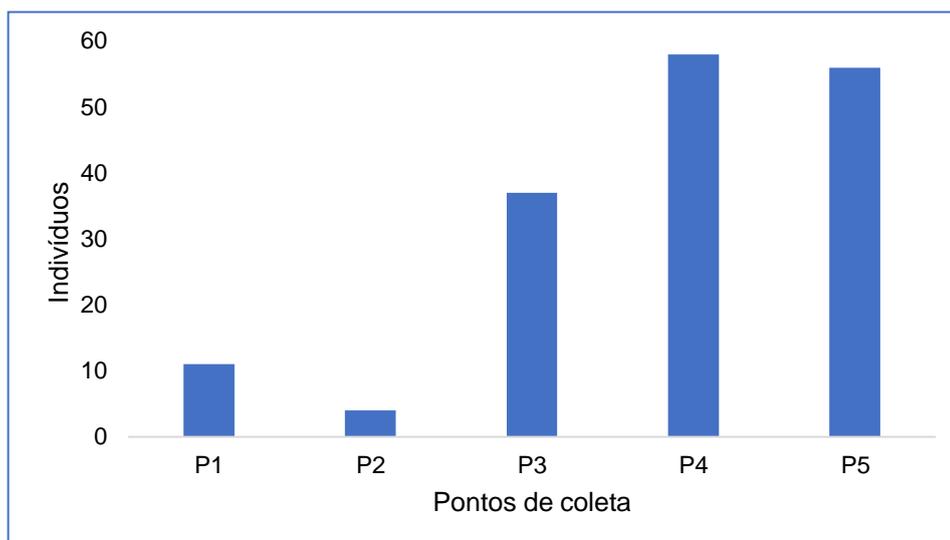
**Tabela 1.** Parâmetros abióticos de cada ponto de coleta.

<b>PONTO</b>	<b>DESC. DO PONTO</b>	<b>TRANSPARÊNCIA</b>	<b>TEMP AG</b>	<b>TEMP AR</b>	<b>Ph</b>	<b>SALIN</b>
P1	Caçueiro	2,4	27°	24°	5.05	19
P2	Guaiatuba	2	25,3	24,6	5.54	20
P3	Piaçaguera	1,3	27	23,3	6.40	18
P4	Ponta Oeste	1,7	27,4	23,9	6.39	19
P5	Cotinga	2,1	27,9	28,4	6.45	21

### Caracterização dos siris

Foram analisados 166 indivíduos de *Callinectes danae*, distribuídos nos cinco pontos (fig.3), sendo 92% de machos e 8% de fêmeas. Os indivíduos adultos representaram 80% do total de espécimes. As fêmeas de *Callinectes danae* deslocam-se para águas mais salinas para a desova (WILLIAMS, 1974; SAMPAIO, 2009), portanto, as fêmeas de portunídeos tendem a ter uma mobilidade maior no habitat em relação aos machos, não sendo tão fiéis a apenas um local, motivo pelo qual a captura de machos foi mais representativa.

O comportamento mais agressivo dos machos também pode influenciar nesse padrão. Os pontos mais ao norte da área tiveram poucos indivíduos capturados, enquanto aqueles mais ao sul tiveram várias dezenas de indivíduos.



**Figura 3.** Abundância de siris *C. danae* por pontos amostrais.

*Callinectes danae* é a espécie de siri considerada como apresentando as capturas mais expressivas dentro do CEP (ARINS, 2006; ANACLETO *et al.* 2015). Somente dados da pesca artesanal dos últimos dois anos (2020- 2022), totalizaram 6.862,00 kg de pescado de *Callinectes danae*, rendendo aproximadamente R\$ 160.000,00 (FUNDEPAG, 2022), deixando evidente a importância econômica desse recurso para as populações tradicionais que residem no CEP.

De fato, a maior abundância de *C. danae* nas amostragens fez com que o estudo se restringisse a essa espécie, que ocorreu em todos os pontos amostrados. Os resultados para essa espécie devem representar uma condição generalizada para os siris da região, já que todas apresentam hábitos semelhantes (Melo, 1986), mas, para o presente estudo foi mantida apenas a espécie mais abundante evitando qualquer outro viés nos resultados.

Os indivíduos coletados apresentaram tamanho, representado pela largura da carapaça sem espinho e peso conforme descritos na tabela 2.

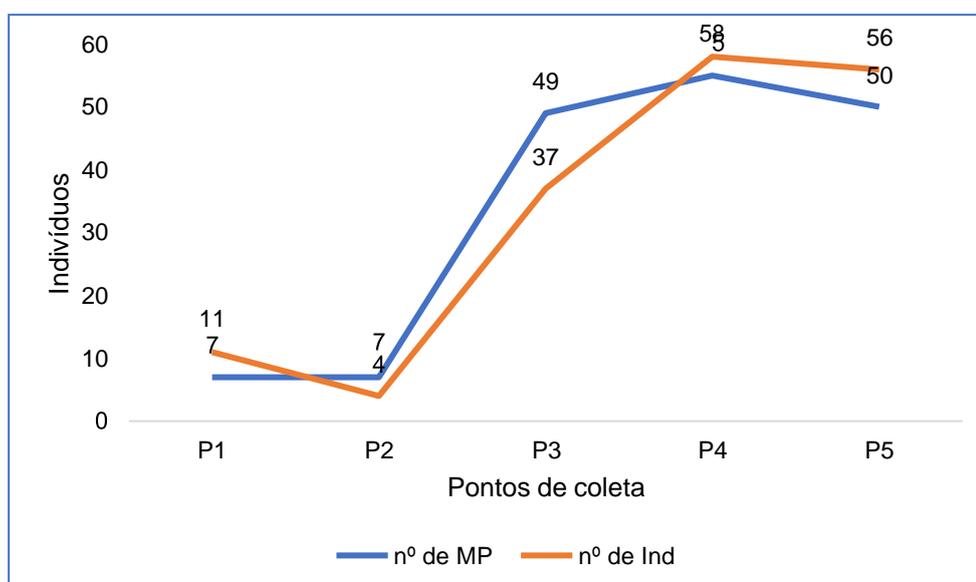
**Tabela 2.** Tamanhos mínimo e máximo, média e desvio padrão dos indivíduos de *C. danae*.

VARIÁVEL	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DP
Largura da Carapaça sem Espinho (mm)	38,22	101,12	72,13	35,16
Peso (g)	49,16	117,41	49,16	14,42

No que se refere a repleção do estômago, 75% dos animais estavam com estômago cheio, 16% meio cheio e apenas 7% tinham os estômagos vazios.

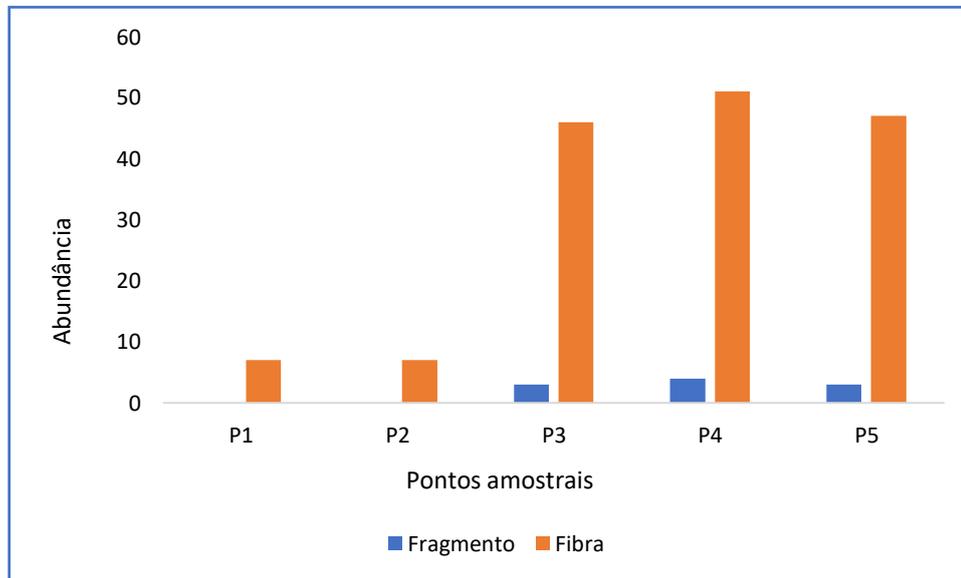
### Caracterização de microplásticos no siri *Callinectes danae*

A partir da análise realizada nos 166 indivíduos, 52% não apresentaram nenhum tipo de resíduo plástico nos conteúdos alimentares. Sendo assim, 48%, representando 79 indivíduos, apresentaram algum tipo de microplástico (fig. 4) correspondendo às classificações de fibras e/ou fragmentos, como proposto por Hidalgo-Ruz et al. (2012). A variação da abundância dos MPs entre os pontos é relacionada com a abundância dos siris (fig. 4), já sugerindo não haver uma maior concentração do poluente em um ponto amostral específico ou comportamento diferenciado de indivíduos de algum ponto como preferência por incluir MPs na dieta.



**Figura 4.** Relação entre a abundância de siri *C. danae* e a abundância de MP's encontrados em cada ponto amostral. A linha azul representa os MP's e a linha laranja representa os siris. Sendo P1: 7 indivíduos e 11 MP's; P2: 4 indivíduos e 7 MP's; P3: 37 indivíduos e 49 MP's; P5: 56 indivíduos e 50 MP's.

As fibras totalizaram 158 itens do total de 168 registrados, sendo expressivamente mais abundantes que os fragmentos que totalizaram 10 itens (figs. 5). Outros tipos de MP's não foram encontrados nos conteúdos alimentares dos siris. Na ausência de análise química para determinação de da fibra plástica, foi usado o método manual da agulha quente.



**Figura 5.** Abundância de MP's encontrados no sistema digestivo dos siris *C. danae* em cada ponto amostral.

O presente trabalho registrou as fibras predominantemente de coloração azul, seguida das cores preta e rosa (fig. 6). Igualmente espessas em todo seu comprimento, as fibras exibiram uma cor homogênea por toda a parte, com algumas variações como observado na figura 6(C) que mostra uma fibra com pontas uniformes e desfiadas e na figura 6(A) que apresenta uma coloração esbranquiçada.

As fibras são citadas por autores como Bellas *et al.* (2016) como as partículas mais comumente ingeridas por organismos invertebrados e vertebrados. Teng *et al.* (2018) também citam em seu estudo com ostras (*Crassostrea gigas*, *Crassostrea angulate*, *Crassostrea hongkongensis* e *Crassostrea sikamea*) a grande abundância do MP do tipo fibra, seguido de MP do tipo fragmento. No presente estudo as fibras representam 94% do total de MPs, seguido de fragmento com 6% do total. O mesmo padrão de tipo e coloração foi observado por Vered *et al.* (2019), sendo as fibras de coloração azul as mais abundantes em seu estudo. Valencia-Castañeda (2022) corrobora com o padrão de abundância das fibras, que representaram cerca de 90% dos tipos de MP encontrados no camarão *Litopenaeus vannamei*. O mesmo padrão foi observado ainda por Browne *et al.* (2011); Lusher *et al.* (2013); Guven *et al.* (2017); Lopes *et al.* (2021); Machado *et al.* (2021), com diferentes grupos taxonômicos.

As fibras são o tipo de microplásticos mais abundante nos oceanos e o tipo mais registrado em trato digestivo de organismos marinhos. Suas possíveis fontes são produtos de higiene e cosméticos, têxteis e também os de indústria pesqueira (BROWNE *et al.*, 2011; WATTS *et al.*, 2015).

Whatts *et al.* (2015) registrou os efeitos da ingestão de MP do tipo fibra em caranguejo *Carcinus maenas* onde houve redução nas taxas de consumo de alimentos ao longo do tempo, nos indivíduos que se alimentam de alimentos contendo MP, levando a uma pequena, mas significativa redução na energia disponível para crescimento.

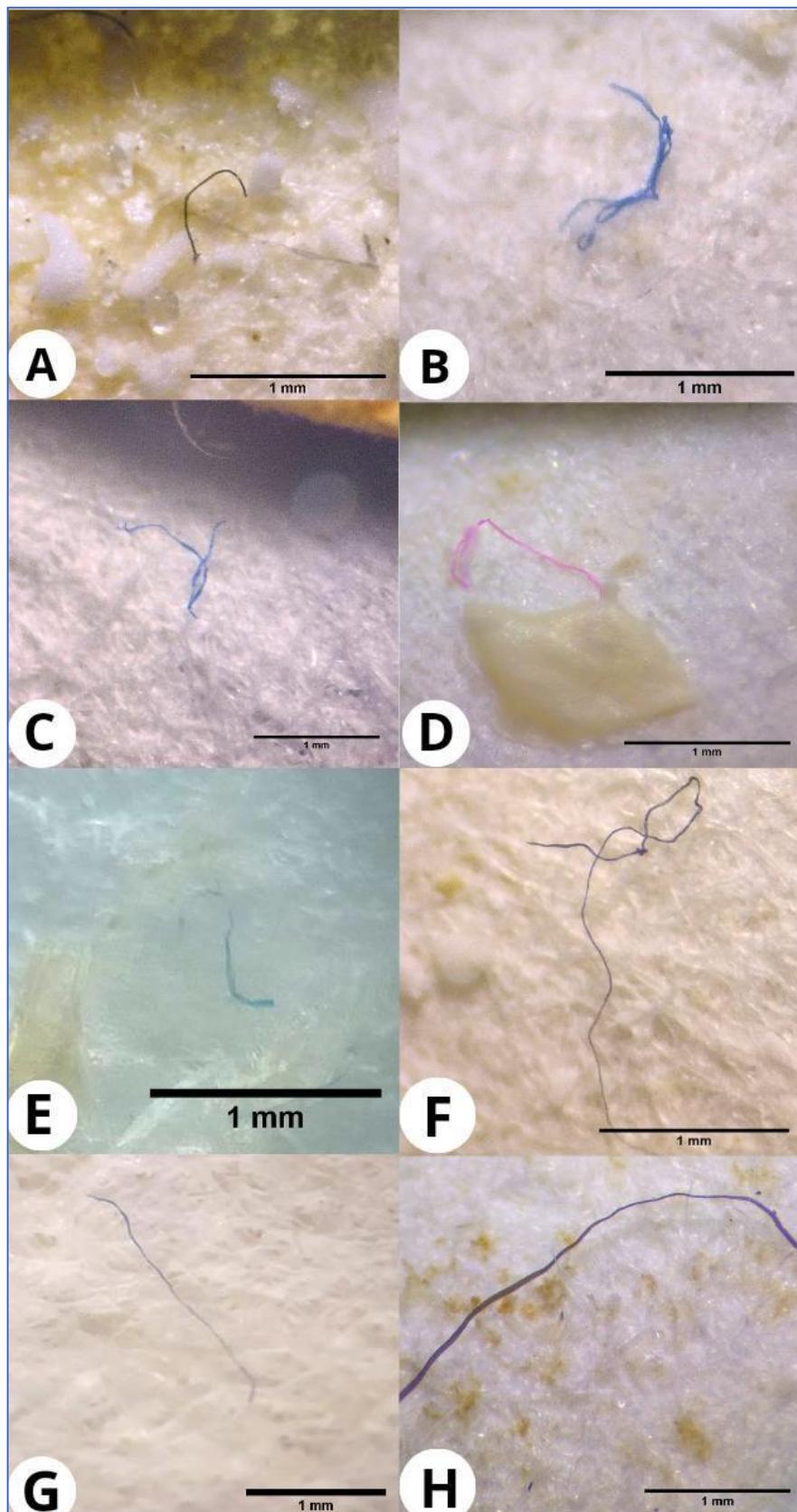
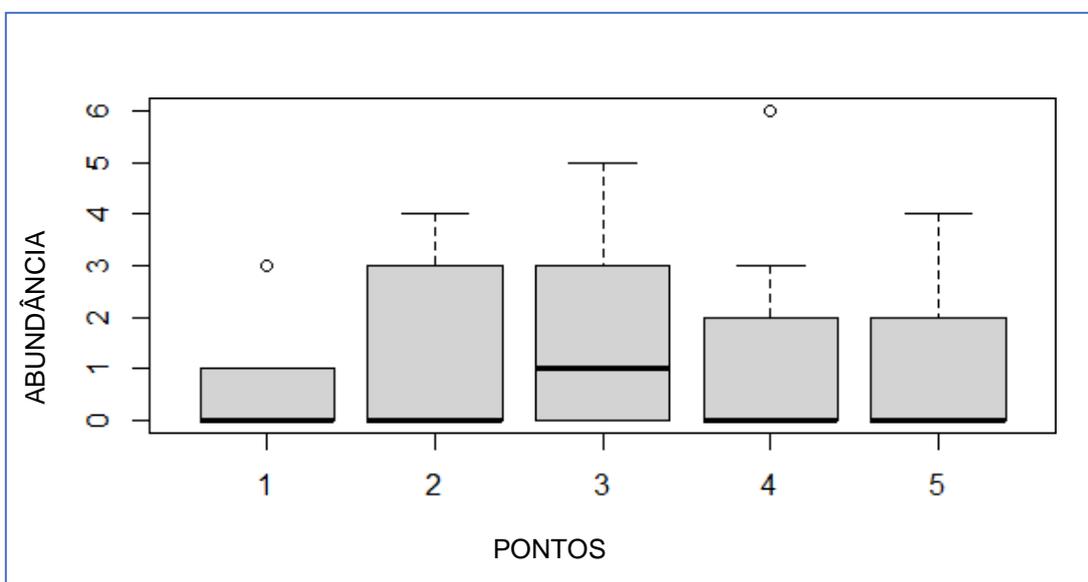


Figura 6. Prancha representando as variações de MP's do tipo fibra encontrados nos siris *C. danae*. A, B e D representam as cores encontradas preto, azul e rosa, com predominância da cor azul.

Considerando a abundância média de MPs ingeridos por indivíduo, não houve diferença significativa entre os pontos amostrais (P1, P2, P3, P4 e P5) ( $F = 0,982$ ,  $p = 0,41$ ), com médias de  $0,64 \pm 1,75$  MPs/ind (fig. 7). Da mesma forma, não houve diferença significativa na abundância média de MPs ingeridos entre siris machos e fêmeas ( $T = 0,59$ ,  $p = 0,55$ ) ou entre os estágios de maturação jovem e adulto ( $T = 0,67$ ,  $p = 0,50$ ), ou mesmo considerando siris com índice de repleção do estômago cheio e meio cheio ( $T = 0,77$ ,  $p = 0,43$ ). Estes resultados sugerem que a ingestão de microplásticos parece ser involuntária ou acidental, evidenciando a problemática do poluente no ambiente, o organismo irá fazer a ingestão independente do volume disponível.



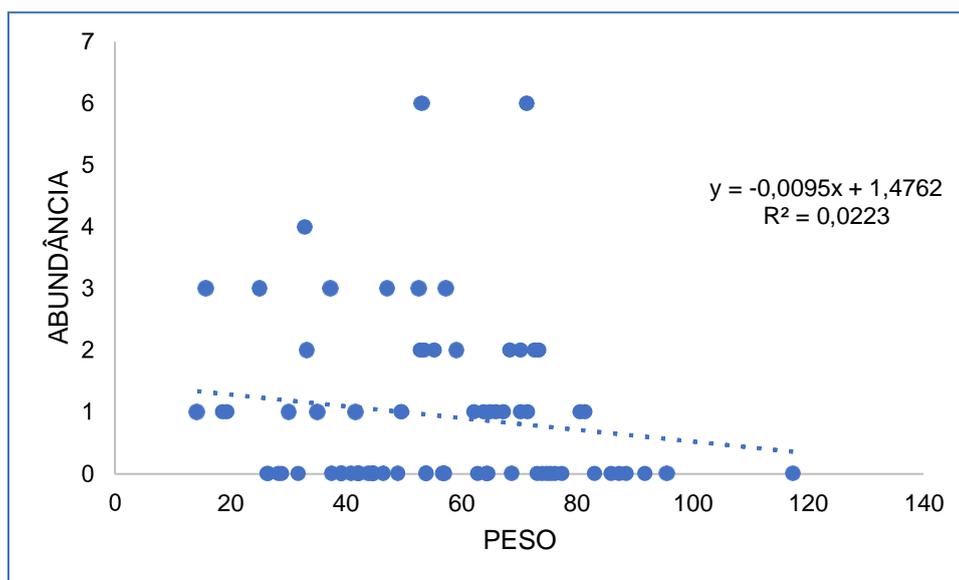
**Figura 7.** Itens de MP observados no sistema digestivo dos siris *C. danae*. A barra tracejada (---) representa os valores de desvio padrão, a barra grossa (—) os valores médios das amostras, círculos (•) os outliers.

Com relação ao tamanho (LCsE) ou peso, também era esperado que siris maiores tivessem maior quantidade de MPs ingeridos, pelo maior volume de alimentos ingeridos. Por meio da regressão linear, foi possível demonstrar a ausência de relação entre o tamanho (LCsE) ( $F = 1,54$ ,  $p = 0,21$ ) ou peso ( $F = 1,61$ ,  $p = 0,20$ ) dos indivíduos e a abundância de MPs (figs 8 e 9), sugerindo novamente que a ingestão de MPs ocorre de forma aleatória em relação a esses fatores.

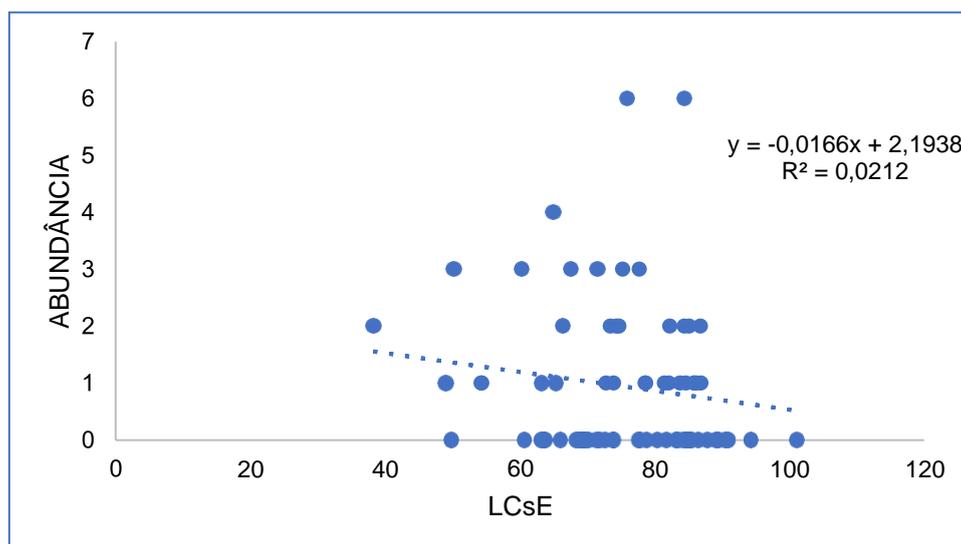
Os siris são predadores generalistas e consumidores de matéria orgânica depositada nos estuários (MANTELATTO & FRANSOZO, 1999). Souto (2006) descreve o poder de predação dos siris: “O Siri come tudo, o que cair na água ele

*come*". Pelo tamanho dos MPs encontrados, todos diminutos, e ausência de resultados que indiquem maior consumo de MPs por siris de um dos sexos, estágios

de desenvolvimento, tamanho e peso, ou mesmo local de coleta, é possível concluir que os siris ingerem os MPs de forma acidental, ou ao menos não direcionada. Possivelmente ingerem os MPs ao consumir outros itens, como sedimentos, material orgânico e mesmo presas contaminadas. Em outras palavras, se o poluente estiver disponível no ambiente, pode ser ingerido pelos siris.



**Figura 8.** Regressão linear entre o peso dos siris *C.danae*, como variável dependente, e a abundância de MP's nos mesmo indivíduos como variável independente.



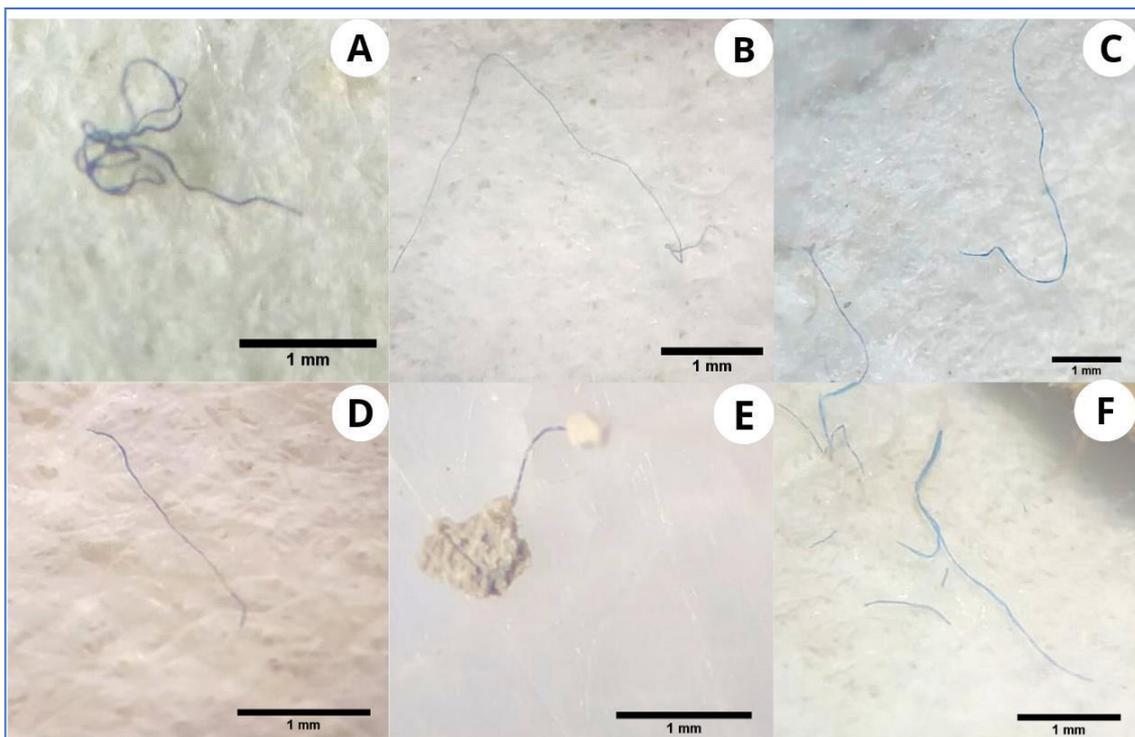
**Figura 9.** Regressão linear entre a largura da carapaça sem espinhos (LCsE) dos siris *C.danae*, como variável dependente, e a abundância de MP's nos mesmo indivíduos como variável independente.

Para as amostras de sedimento somente microplásticos do tipo fibra foram registrados, predominantemente as fibras de coloração azul (fig. 10). As fibras

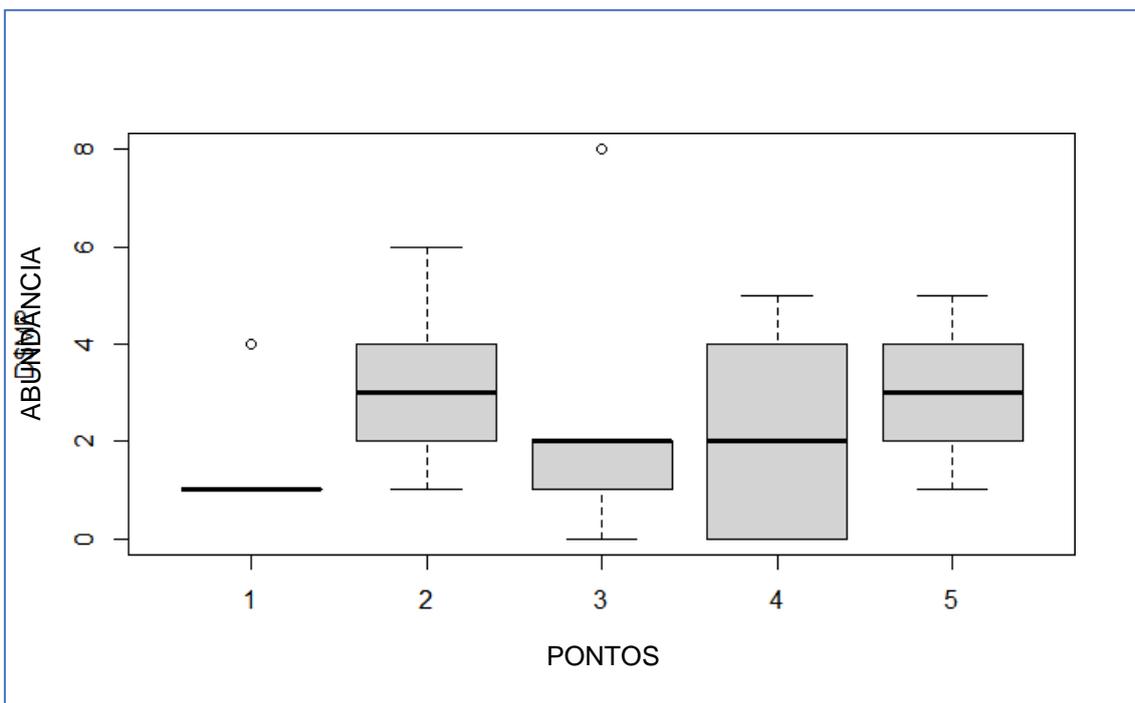
identificadas no sedimento não diferiram das encontradas nos siris em suas categoria e cor. Porém durante a observação e comparação das fibras encontradas no sedimento e nos siris, embora não mensurado, foi possível observar que as fibras do sedimento se encontravam com maiores dimensões, por vezes enroladas e frequentemente com várias fibras próximas, enquanto nos siris se apresentavam menores, aparentemente mais fragmentadas e isoladas.

Essa diferença física pode ser atribuída ao fato das fibras do conteúdo alimentar dos siris terem passado por todo o seu sistema digestivo, sofrendo alguma modificação. Fato semelhante foi registrado por WHATTS *et al.* (2015), que descreve que as microfibras de polipropileno foram fisicamente alteradas pela passagem no sistema digestivo dos siris. Além das suas peças bucais, especialmente as mandíbulas, o intestino anterior dos siris possui moinho gástrico, estrutura anatômica que auxilia na trituração dos alimentos (DAVIE, 2021) e, com isso, também dos MPs ingeridos.

Os MPs foram registrados em todas as amostras de sedimento, confirmando ser um contaminante com distribuição generalizada na região, mas as médias não diferiram significativamente entre os pontos ( $F = 0,378$ ,  $p = 0,54$ ) (média de  $1,6 \pm 3,2$  MPs/100 g de amostra de sedimento (fig.11)).



**Figura 10.** Prancha representando as variações de MP's encontrados nas amostras de sedimento do Complexo Estuarino de Paranaguá-PR. Sendo A, B, C, D, E e F classificadas como fibras.



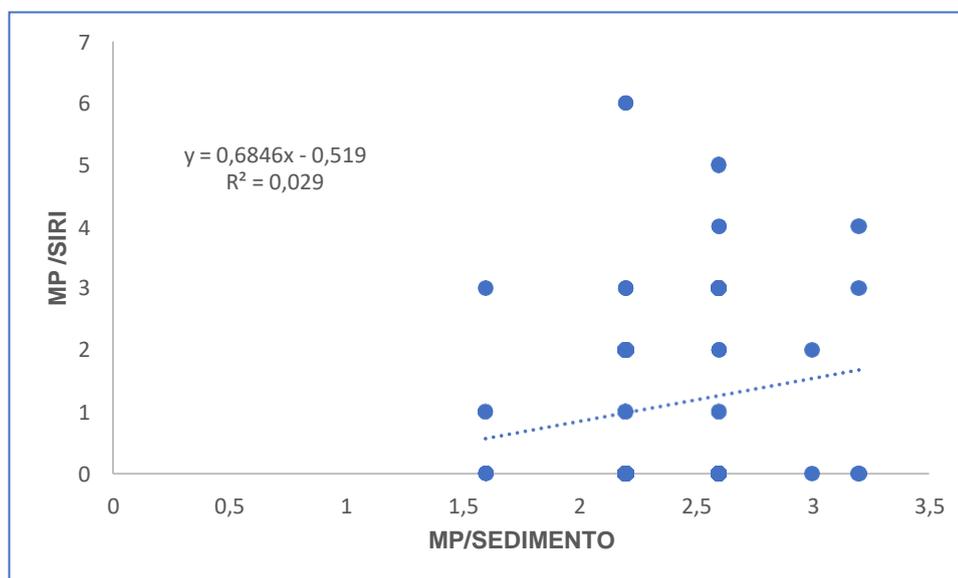
**Figura 11.** Itens de MP observados nos pontos amostrais no Complexo Estuarino de Paranaguá - PR. A barra tracejada (---) representa os valores de desvio padrão, a barra grossa (—) os valores médios das amostras, círculos (•) os *outliers*.

O lixo marinho é um problema transfronteiriço (KRELLING *et al.* 2017). Os microplásticos foram detectados em ecossistemas aquáticos como oceanos (ZHANG, 2017), rios (MIAO *et al.*, 2021), manguezais (DENG *et al.*, 2021) e estuários (VERMEIREN *et al.*, 2016).

Uma vez nos oceanos, o plástico permanece fragmentando-se em pedaços cada vez menores, devido a ação das ondas, abrasão físico-química e incidência de raios ultravioletas, dando origem aos MPs (ANDRADY, 2015). A distribuição de MP dentro do ambiente marinho é influenciada por fatores como fontes poluidoras, como a mais representativa, além dos ventos e correntes oceânicas, fatores esses que podem transportar o poluente para quilômetros de distância, chegando em lugares remotos (OLIVATTO, 2018). O resíduo plástico constitui 92% dos itens que compõem o macro lixo marinho no fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá (POSSATTO *et al.* 2015). O CEP é marcado por várias atividades que são fontes poluidoras, comporta atividade urbana e portuária intensa, crescimento urbano sem planejamento, fluxo expressivo de embarcações artesanais e industriais e forte atividade pesqueira. Considerando que a área urbana e portuária de Paranaguá representa as principais fontes poluidoras da região (POSSATO *et al.* 2015), era esperado registrar maior concentração de MPs nos pontos mais próximos dessas áreas, tanto no sedimento quanto nos conteúdos alimentares dos siris, entretanto isso não foi observado. As fortes correntes de maré na região possivelmente são responsáveis por espalhar os resíduos e homogeneizar a presença desse poluente no setor estudado do estuário. É possível então afirmar que o CEP é afetado por esse poluente em toda sua extensão e não apenas nas proximidades das vilas, da cidade ou do porto.

Novamente, não houve grande variação na média de registro, e, portanto, na disponibilidade para a epifauna, de MPs entre os pontos de coleta. Ainda assim, a relação entre abundância de MPs nos siris e a média de MPs nas amostras de sedimentos de cada ponto foi testada. Por meio da regressão linear, foi possível verificar uma ausência de relação significativa entre as variáveis ( $F = 3,28$ ,  $p = 0,07$ ,  $R^2 = 0,02$ ), mesmo que uma tendência de maior consumo nos pontos com mais MPs possa ser sugerida (fig 12). Isso se deve provavelmente a baixa amplitude de variação na disponibilidade dos MPs no sedimento nos pontos estudados, ao mesmo tempo que nos siris essa variação foi expressiva, por isso é possível especular que aumentar

a abrangência espacial do estudo, incluindo mais pontos pode indicar com maior clareza essa relação.



**Figura 12.** Regressão linear entre a abundância de MP's nas amostras de siris, como variável dependente e a abundância de MPs no sedimento, como variável independente.

É importante ressaltar que estudos sobre as consequências dos MPs para o desenvolvimento desses e de outros organismos estão acontecendo, porém ainda são poucos, mas é possível afirmar que para caranguejos *Carcinus maenas* houve alteração no consumo de alimentos por conta da ingestão de MPs (WHATS et al. 2015); para o desenvolvimento embrionário e larval do ouriço-do-mar *Strongylocentrotus purpuratus*, foram descritas anormalidades de desenvolvimento grave, já que a fase embrionária de invertebrados marinhos é sensível, resultado do processo de lixiviação (PAGANOS et al, 2022); muitos MP's adsorvem poluentes químicos do ambiente aumentando sua disponibilidade para os organismos que os ingeriram (WARDROP et al., 2016), o que reforça a preocupação do movimento do poluente através da cadeia alimentar.

É evidente o domínio do poluente microplástico em nossos oceanos. O registro de MPs em todas as amostras de sedimento também reforça a atuação dos estuários como fontes de emissão de MPs para o oceano.

A acumulação de microplástico em organismos marinhos é uma preocupação global, principalmente devido ao expressivo valor econômico que muitas espécies

representam.

## **CONCLUSÃO**

Neste estudo, foi registrado pela primeira vez no Complexo Estuarino de Paranaguá os microplásticos compondo o conteúdo alimentar dos siris *C. danae*, um importante recurso pesqueiro.

Os siris ingerem o poluente, sempre disponível nos fundos estuarinos, de forma predominantemente acidental, junto com o sedimento ou seus itens alimentares de origem biológica.

O presente estudo, soma-se a outros e ressalta a importância de criar estratégias, junto com as autoridades ambientais, para gestão desse poluente, para a administração correta do lixo produzido em terra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADY, A. L. The plastic in microplastics: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, n. 1, p. 12–22. 2017.
- ANACLETO, A. et al. Extrativismo do siri com gaiolas no litoral paranaense: implicações socioeconômicas. **Anais do XXXII International Sodebras Congress**, v. 10, n. p. 9–14. 2015.
- ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTI, J. S. Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 5, 2016.
- ARINS, C. E. H. PD. **A pesca dos siris (Crustacea, Portunidae) no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil**. 107 p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – UFPR). 2006.
- BAPTISTA, B.E; PINHEIRO, M. L; MAGALHÃES, P.C; SANT’ANA, T. P. Estudo da cadeia de valor do siri na comunidade de São Miguel – Paranaguá/PR. **Revista Ciência é Minha Praia**. v1. n1. 2016.
- BAPTISTA-METRI, CASSIANA; PINHEIRO, MARCELO. A. A; ARNO, BLANKENSTEYN; BORZONE, C. A. Biologia populacional e reprodutiva de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae), no Balneário Sangri-lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 2, p. 446–453, 2005.
- BELLAS, J. et al. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 55–60, 2016.
- BOUCHER, J., FRIOT, D. Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. **IUCN, Gland, Switzerland**. v. 1, p.43, 2017.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto**. Brasília: SNIS, 2016.

BROWNE, M. A. et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. **Environmental Science and Technology**, v. 45, n. 21, p. 9175–9179, 2011.

CASTELLA, R. M. B., CASTELLA, P. R., FIGUEIREDO, D. C. S., QUEIROZ, S. M. P. Mar e Costa: Subsídios para o ordenamento das áreas estuarina e costeira do Paraná. SEMA. Curitiba. 2006.

CLASSENS, M.; CAUWENBERGHE, L.; VANDEGEHUCHTE, M.; JANSSEN, C. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. **Mar. Poll. Bull.** 70: 227-233. 2013.

COLE, M. WEBB, H.; LINDEQUE, P.; FILEMAN, E.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T.S. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. **Scientific Reports**, 4: 4528. 2014.

COSTA, J.P.; DUARTE, A.C.; SANTOS-ROCHA, T. Plástico no ambiente. **Revista Recursos Hídrico.**, v. 40, n. 1, p. 11-18. 2019.

DAVIE. P. J. F. Crab. A global natural history. Princeton University Press. 2021.

DEHAUT, A., CASSONE, A-L, FRERE, L., HERMABESSIERE, L.; HIMBER, C.; RINNERT, E.; RIVIERE, G.; LAMBERT, C.; SOUDANT, P.; HUVET, A.; DUFLOS, G.; PAUL-PONT, I. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. **Environmental Pollution**. 215: 223-233. 2016.

DE WITTE, B., DEVRIESE, L., BEKAERT, K., HOFFMAN, S., VANDERMEERSCH, G., COOREMAN, K., ROBBENS, J., Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): comparison between commercial and wild types. **Mar. Pollut.Bull.** 85, 146e155. 2014.

DE-LA-TORRE, G.; DIOSES-SALINAS, D.C.; PEREZ-BOCA.; SANTILÁN, L. Microplastic abundance in three comercial fish from the coast of Lima, Peru. **Brazilian Journal of Natural Sciences**. v.2 n.3 p. 171 – 177. 2019.

DENG, H. et al. Microplastics pollution in mangrove ecosystems: A critical review of current knowledge and future directions. **Science of the Total Environment**, v. 753, p. 142041, 2021.

DING, J.; LI, J.; SUN, C.; JIANG.; F. An examination of the occurrence and potential risks of microplastics across various shellfish. **Science of the Total Environment** 739. 139887. 2020.

FELIPPE, C. **Fauna Incrustante Do Complexo Estuarino De Paranaguá, Com Fauna Incrustante Do Complexo Estuarino De Paranaguá**. 61f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – UFPR). 2016.

FOLEY, C. J., FEINER, Z. S., MALINICH, T. D., & HÖÖK, T. O. A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. **Science of the total environment**. 2018.

FUNDEPAG – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio. Consulta Online aos dados estatísticos de produção pesqueira. Acesso em jan/22. Disponível em: <http://35.243.172.69:380/index.html>

FURIA R. R.; SANTOS. M. C. F.; BOTELHO. E. R. O.; SILVA. C. G. M.; ALMEIDA. L. Biologia pesqueira do siri-açú *Callinectes danae* Smith. 1869 (Crustácea: Portunidae) capturado nos manguezais do município de Caravelas (Bahia - Brasil). **Bol. Téc. Cient. CEPENE**. Tamandaré - PE - v. 16. n. 1. p. 75-84. 2008.

FERREIRA, L. S. Caracterização do capturado do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) na enseada do Saco da Mangueira. Lagoa dos Patos, RS, Brasil. 37f. (Monografia de conclusão de curso. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 2004.

GÜVEN, O. et al. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. **Environmental Pollution**, v. 223, p. 286–294. 2017.

HANKE, G.; GALGANI, F.; WERNER, S.; et al. Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; JRC83985. Bruxelas: European Commission, p. 128. 2013.

HAYNES, W. M. Handbook of Chemistry and Physics. 95 edição. 2666 p. 2014.

KEUNECKE, K. A. **Efeito da pesca de arrasto do camarão-rosa sobre a dinâmica populacional de *Callinectes danae* e *Callinectes ornatus* (Crustacea, Portunidae) na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil.** 125 p. (Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar). 2006.

HIDALGO-RUZ, V. et al. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, v. 46, n. 6, p. 3060-3075, 2012.

KRELLING, A. P. et al. Transboundary movement of marine litter in an estuarine gradient: Evaluating sources and sinks using hydrodynamic modelling and ground truthing estimates. **Marine Pollution Bulletin**, v. 119, n. 1, p. 48–63, 2017.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R. M. & MACHADO, E. C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger, U., Lacerda, L.D. & Kjerfve, B. (eds.). *Coast. Mar. Ecos. of Latin Amer.* Berlin, Springer-Verlag, 131-145. 2000.

LUSHER, A. L.; MCHUGH, M.; THOMPSON, R. C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67, n. 1–2, p. 94–99, fev. 2013.

LOPES, E. N. **Protocolo de digestão química em ascídia solitária *microcosmus exasperatus* heller, 1878 (ascidiacea) para classificação e identificação de microplásticos no complexo estuarino de Paranaguá – PR.** 21 p. (Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual do Paraná). 2021.

MACHADO, J. A. et al. Análise da presença de microplástico em bivalves (Perna perna): um estudo de caso em Matinhos, litoral do Paraná. **Guaju**, v. 7, n. 1, p. 156, 2021.

MARAFON-ALMEIDA, A. **Distribuição espaço-temporal de decápodes meroplanctônicos na Baía da Babitonga, SC, Brasil**. Curitiba. 62 p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná - UFPR). 2009.

MAGHSODIAN, Z., SANATI, A.M., RAMAVANDI, B., GHASEMI, A., SORIAL, G.A., Microplastics accumulation in sediments and *Periophthalmus waltoni* fish, mangrove forests in southern Iran. *Chemosphere*. 2020.

MANTELATTO, F. L. M; FRANSOZO, A. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda, Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. **Crustaceana**, v. 72, n. 1, p. 63-73, 1999.

MENGATTO, M. F.; NAGAI, R. H. A first assessment of microplastic abundance in sandy beach sediments of the Paranaguá Estuarine Complex, South Brazil (RAMSAR site). **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, p. 113530, 2022.

MELO, G. A. S. Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e siris) do Litoral Brasileiro. São Paulo, Plêiade, p. 603. 1996.

MIAO, L. et al. Effects of biofilm colonization on the sinking of microplastics in three freshwater environments. **Journal of Hazardous Materials**, v. 413, p. 125370, 2021.

NEVES, D. F. P. **Lixo marinho nos fundos oceânicos e a sua ingestão por peixes na costa portuguesa**. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais) Faculdade de ciências e tecnologia. 2013.

NOERNBERG, M.A; LAUTERT, L. F. C; ARAÚJO, A. D; MARONE, E; ANGELOTTI, R; NETTO-JR, J. P. B; KRUG; L. A. Remote sensing and GIS integration for modeling the Paranaguá estuarine complex -Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 1, n. 39 p. 1627-1631, 2004.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. Microplastics: Contaminants of Global Concern in the Anthropocene. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968–1989, 2018.

PAGANOS, P.; ULLMANN, C.V.; GAGLIO, D.; BONANOMI, M.; SALMISTRARO, N.; AMONE, M. I.; JIMENEZES-GURI, E. Plastic leachate-induced toxicity during sea urchin embryonic development: Insights into the molecular pathways affected by PVC. *Science of the total Environment*. v. 864. p. 160901.2022

PESTANA, S. S. Brazilian Journal of Development. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2525–8761, p. 7732–7749, 2020.

POSSATTO, F. E. et al. Marine debris in a World Heritage Listed Brazilian estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 91, n. 2, p. 548–553, 2015.

RAGUSA, A. et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, 2021.

SAMPAIO, S. R. **Distribuição dos siris e biologia reprodutiva de *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda,Portunidae) Na Baía De Guaratuba e área costeira adjacente, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado em zoologia). Curitiba: UFPR, p. 82, 2009.

SCHWABL, P. et al. Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. **Annals of Internal Medicine**, v. 171, n. 7, p. 453–457, 2019.

SERAFINI, T. Z. **Limites e possibilidades para a construção da gestão compartilhada da pesca marinha-estuarina: Estudo de caso do sistema socioecológico pesqueiro da Baía da Babitonga-SC**. Curitiba. 270p. (Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná - UFPR).2012.

SOUTO, F. J. B. & J. G. W. “O siri labuta muitO!” Uma abordagem etnoecológica abrangente da pesca de um conjunto de crustáceos no manguezal de acupe, Santo Amaro, Bahia, Brasil. **sitientiBus**, v. 6, n. 1995, p. 106–119, 2006.

STOCK, F. et al. Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment e A review. **Trends in Analytical Chemistry** v. 113, 84-92, 2019.

TENG, J.; WANG, Q.; RAN, W.; LIU, Y.; SUN, S.; LIU, H.; CAO, R.; ZHAO, L. Microplastic in cultured oysters from diferente coastal áreas of China. **Science of the Total Environment** 653 1282–1292. 2019.

TERRA LUCIO, F. et al. Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão. **Conexão Ci**, v. 14, n. 1, p. 47–55, 2019.

UNDERWOOD, A. J. Experiments in ecology: their logical design and Interpretation using analysis of variance. Cambridge: Cambridge University Press. p. 504, 1997.

UNEP. Marine Litter: A Global Challenge. Nairobi: UNEP. 232p. 2009.

VAN CAUWENBERGHE, L. et al. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. **Environmental Pollution**, v. 199, p. 10–17, 2015.

VAN CAUWENBERGHE, L. et al. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. **Marine Environmental Research**, v. 111, p. 5–17, out. 2015.

VALENCIA-CASTAÑEDA G, RUIZ-FERNÁNDEZ AC, FRÍAS-ESPERICUETA MG, RIVERA'-HERNÁNDEZ JR, GREEN-RUIZ CR, PÁEZ-OSUNA F. Microplastics in the tissues of commercial semi-intensive shrimp pond-farmed *Litopenaeus vannamei* from the Gulf of California ecoregion. *Chemosphere*. 2022.

VERED, G.; KAPLAN, A.; AVISAR, D.; SHENKAR, N. Using solitary ascidians to assess microplastic and phthalate plasticizers pollution among marine biota: A case study of the Eastern Mediterranean and Red Sea. **Marine Pollution Bulletin**. v. 138, p. 618–625, 2019.

VERMEIREN, P.; MUÑOZ, C. C.; IKEJIMA, K. Sources and sinks of plastic debris in estuaries: A conceptual model integrating biological, physical and chemical distribution mechanisms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 113, n. 1–2, p. 10, 2016.

VIEIRA. J. et al. Carcinofauna de importância econômica no Ecossistema Babitonga: revisão sistemática. **Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 7. 2018.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentals Of Physics: Basic Concepts Problem solving Tactics Lot of Sample Problems Key Ideas Check points. 10<sup>o</sup> edição.. Wiley: Unidet State of America, 1232p. 2014.

WANG, T. et al. Microplastic accumulation via trophic transfer: Can a predatory crab counter the adverse effects of microplastics by body defence. **Science of the Total Environment**, v. 754, p. 142099. 2021.

WARDROP, P. SHIMETA, J.; NUGEGODA, D.; MORRISON, P. D.; MIRANDA, A.; TANG, M.; CLARKE, B. O. Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 7, p. 4037–4044, 2016

WATTS, A. J. R. et al. Uptake and retention of microplastics by the shore crab *carcinus maenas*. **Environmental Science and Technology**, v. 48, n. 15, p. 8823–8830, 2014.

WATTS, A. J. R. et al. Ingestion of Plastic Microfibers by the Crab *Carcinus maenas* and Its Effect on Food Consumption and Energy Balance. **Environmental Science and Technology**, v. 49, n. 24, p. 14597–14604. 2015.

WILLIAMS, A. B. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda, Portunidae). **Fishery Bulletin**. v. 72, n. 3, p. 685-798. 1974.

WWF. Relatório. Solucionar a poluição plástica: Transparência e responsabilização. 2019.

WRIGHT, S.L.; KELLY, F.J. Plastic and Human Health: A Micro Issue. **Environ. Sci. Technol.**, v. 51, p. 6634–6647. 2017.

ZHENG, S. et al. Characteristics of microplastics ingested by zooplankton from the Bohai Sea, China. **Science of the Total Environment**, v. 713, p. 136357. 2020.

ZHU, L.; ZHAO, S.; BITTAR, T.; STUBBINS, A.; LI, D. Photochemical dissolution of buoyant microplastics to dissolved organic carbon: Rates and microbial impacts. **Journal of Hazardous Materials**. v. 383 p.121065. 2020.