



Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Tecnologia e Geociências

Departamento de Oceanografia

Programa de Pós-Graduação em Oceanografia

Dieta e contaminação por microplástico em camarões pelágicos de profundidade da espécie *AcanthePHYra curtirostris* Wood-Mason & Alcock, 1891 (Decapoda; Caridea; AcanthePHYridae) coletados na Zona Econômica Exclusiva Amazônica, Brasil

RECIFE-PE

2024

RENAN DE MELO ANDRADE

Dieta e contaminação por microplástico em camarões pelágicos de profundidade da espécie *AcanthePHYra curtirostris* Wood-Mason & Alcock, 1891 (Decapoda; Caridea; AcanthePHYridae) coletados na Zona Econômica Exclusiva Amazônica, Brasil

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) Universidade Federal de Pernambuco, para o curso Mestrado em Oceanografia.

Orientador: Jesser Fidelis Souza-Filho

Co-orientadores: Anne Karen da Silva Justino e Guilherme Vitor Batista Ferreira

**Recife-PE
2024**

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Andrade, Renan de Melo.

Dieta e contaminação por microplástico em camarões pelágicos de profundidade da espécie *AcanthePHYRA curtirostris* Wood-Mason & Alcock, 1891 (Decapoda; Caridea; AcanthePHYRIDAE) coletados na Zona Econômica Exclusiva Amazônica, Brasil / Renan de Melo Andrade. - Recife, 2024.

93f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2024.

Orientação: Jesser Fidelis Souza Filho.

Coorientação: Anne Karen da Silva Justino.

Coorientação: Guilherme Vitor Batista Ferreira.

Inclui referências.

1. Alimentação; 2. Crustacea; 3. Mar Profundo; 4. Poluição. I. Souza Filho, Jesser Fidelis. II. Justino, Anne Karen da Silva. III. Ferreira, Guilherme Vitor Batista. IV. Título.

UFPE-Biblioteca Central

RENAN DE MELO ANDRADE

Dieta e contaminação por microplástico em camarões pelágicos de profundidade da espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na Zona Econômica Exclusiva Amazônica, Brasil

Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) Universidade Federal de Pernambuco, para o curso Mestrado em Oceanografia.

Aprovado em: 18/12/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jesser Fidelis Souza-Filho

Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Patricio Alejandro Hernaez Bove (Examinador interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Dra. Julianna De Lemos Santana (Examinador externo)

Institut de Recherche pour le Développement

Dr. José Souto Rosa Filho (Suplente)

Universidade Federal de Pernambuco

*“Cada onda
reflete na areia
a nova Lua cheia”*

(Alice Ruiz)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que cuidaram de mim nos momentos mais difíceis durante a elaboração da dissertação. Mesmo sendo uma tarefa árdua e complexa, ofereceram todo apoio e estrutura para terminar o mestrado. Reconheço de coração todo amor dedicado de vocês.

À Deus, por fazer acontecer mais essa etapa e por sempre abrir portas mostrando novos horizontes. A Ele também agradeço por todo aprendizado durante este período, trazendo o equilíbrio necessário para permanecer até o fim da pesquisa.

Agradeço ao meu orientador Jesser Fidelis, que acompanhou de perto toda a pesquisa, por ser compreensivo e oferecer o suporte moral e científico para ajudar no progresso da pesquisa. À toda equipe do Laboratório de Carcinologia, que me auxiliou academicamente para o projeto. À Instituição UFRPE por ceder o Laboratório Bioimpact, em especial aos coorientadores Anne Justino e Guilherme Ferreira, pela assistência oferecida no laboratório para análise de contaminação por microplástico, assim como ajuda acadêmica na escrita da atual dissertação.

À Instituição UFPE, e toda equipe de professores responsáveis pelo Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, por tornar possível a realização do mestrado em Oceanografia. Ao órgão de fomento FACEPE pelo financiamento da pesquisa, possibilitando chegar aos resultados aqui expostos na dissertação.

À minha namorada Thainá, amiga e companheira da vida, por representar o ponto de equilíbrio e paz da minha história, acolher nos momentos difíceis e acima de tudo amar sem precisar de motivo. Divido essa conquista com ela, já que nunca me deixou desistir e sempre incentivou a buscar meus sonhos de cabeça erguida, independente do que estivesse passando se doou e ajudou nas minhas realizações. “Salvou a minha vida, sou eternamente grato”.

Dedico aos meus pais Edna e Oscar, uma singela lembrança de todo amor e carinho
Em memória de voinha Djanira.

RESUMO

O presente trabalho possui dois capítulos, o primeiro teve por objetivo geral analisar a dieta da espécie *AcanthePHYra curtirostris* (Caridea, AcanthePHYridae) e se existem influências na dieta em parâmetros como o sexo e profundidade. O capítulo 2 estima por avaliar os níveis de contaminação por microplásticos nessa espécie, coletados na região mesopelágica da Zona Econômica Exclusiva do Norte do Brasil. O material estudado foi coletado durante a expedição oceanográfica Amazomix, ocorrida no ano de 2021, na região offshore adjacente à foz do Rio Amazonas, nas isóbatas de 500, 800 e 1000 metros de profundidade. Os espécimes de *A. curtirostris* foram mensurados (mm) e pesados (g). Um total de 51 indivíduos foram selecionados para a análise de conteúdo estomacal para a elaboração do capítulo 1. *AcanthePHYra curtirostris* apresentou hábito alimentar carnívoro, registrando-se nos estômagos os itens alimentares nas seguintes proporções: Crustacea (61,14%), matéria orgânica não identificada (MONI) (36,30%), Actinopterygii (1,10%), material animal não identificado (1,07%) e Mollusca (0,38%). O teste de Kruskal-Wallis não detectou diferenças significativas na dieta de espécimes que se encontram em diferentes profundidades (500, 800 e 1000 metros) e entre classes de tamanho, mas foi possível encontrar diferenças significativas entre a dieta de fêmeas e fêmeas ovígeras. Para o capítulo 2 foram separados 60 espécimes. Após a remoção, os estômagos foram digeridos e filtrados seguindo um rigoroso protocolo para evitar contaminação aérea das amostras. As amostras foram identificadas quanto à cor, tamanho e formato das partículas. Foram identificadas 34 partículas de origem antrópica e caracterizadas como microplásticos. As partículas foram classificadas com fibras (32%), fragmentos (32%) e filmes (35%), e com colorações diversas incluindo a cor preta (26%), transparente (6%), azul (32%), branca (6%) e vermelha (26%). O teste de Kruskal-Wallis não detectou diferenças entre os parâmetros não se diferenciam significativamente, com exceção do consumo de fibras por parte de fêmeas e fêmeas ovígeras. O teste de Correlação de Spearman detectou que não há correlações na contaminação e o peso do estômago, comprimento total e peso total dos espécimes. O registro destes contaminantes indicam a vulnerabilidade da espécie a contaminação por microplásticos. A diferença na contaminação de fibras entre fêmeas e fêmeas ovígeras, pode ser em decorrência da mudança do hábito alimentar causada pelo período de maturação, como foi observado no capítulo 1. A resposta do hábito alimentar carnívoro e da contaminação, oferece dados importantes sobre camarões pelágicos de profundidade, especialmente para a Zona Econômica Exclusiva do Norte do Brasil onde não se tem estudos sobre a ocorrência, contaminação e alimentação deste grupo.

Palavras-chave: Alimentação; Crustacea; Mar profundo; Poluição.

ABSTRACT

This work has two chapters, the first of which aimed to analyze the diet of the species *AcanthePHYra curtirostris* and whether there are differences according to sex and depth in diet. Chapter 2 aimed to evaluate the levels of microplastic contamination in deep-water shrimp of this species, collected in the Amazonian mesopelagic region. The material studied was collected by the Amazomix oceanographic expedition, occurred in 2021, in the offshore region near the mouth of the Amazon River, at depths of 500, 800 and 1000 meters. Specimens of the species *AcanthePHYra curtirostris* were measured (mm) for total length (TL), cephalothorax length (CL) and weighed to obtain their wet weight (g). A total of 51 individuals were separated for stomach content analysis for the preparation of Chapter 1. The species *A. curtirostris* showed a carnivorous feeding habit, and the following food items and proportions were recorded in the stomachs: Crustacea (61.14%), unidentified organic matter (MONI) (36.30%), Actinopterygii (1.10%), animal material (1.07%) and Mollusca (0.38%). The Mann-Whitney test found no significant differences in the diet of specimens at different depths (500, 800 and 1000 meters) and sizes of individuals, but it was possible to find differences in diet between females and ovigerous females. For Chapter 2, 60 specimens were separated and sent to the Bioimpact Laboratory (UFRPE). After being removed, the stomachs were digested and filtered following a rigorous protocol to avoid aerial contamination of the samples. The samples were dried and identified according to the color, size and shape of the particles. Thirty-four particles of anthropogenic origin were identified and characterized as microplastics. The particles were classified as fibres (32%), fragments (32%) and films (35%), and with different colors such as: black (26%), transparent (6%), blue (32%), white (6%) and red (26%). The Kruskal-Wallis test showed that all parameters did not differ significantly, with the exception of fiber consumption by females and ovigerous females. Spearman's correlation test detected no correlation between contamination and stomach weight, total length and total weight of the specimens. The recording of these contaminants indicates the vulnerability of the species, which can cause physical or chemical damage to the digestive tract. The difference in fiber contamination between females and ovigerous females may be due to the change in eating habits caused by the maturation period, as observed in Chapter 1. The response of carnivorous feeding habits and contamination provides important data on deep-sea pelagic shrimps, especially for the Exclusive Economic Zone of Northern Brazil, where there have been no studies on the occurrence, contamination and feeding of this group.

Keywords: Feeding; Crustacea; Deep-sea; Pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Area de estudo. Os círculos vermelhos representam os pontos de coleta onde foram obtidos os espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> a diferentes profundidades (ST14-05: 1000 m; ST15-02: 883 m; ST15-03: 500m; ST15-04: 1000 m; ST25-04: 1000 m)	23
Figura 2: (a) Posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCTI) em setembro (FUNCEME,2021)	24
Figura 3: Conteúdo estomacal do camarão <i>Acanthephyra curtirostris</i> . (a) Quela de Decapoda; (b) Concha de Gastropoda; (c) Escama de peixe; (d) espinha de peixe. Aumento 5x em estereoscópio.	34
Figura 4: Índice alimentar geral dos espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.....	35
Figura 5: Índice alimentar em cada sexo (fêmea, fêmea ovígera e macho) dos espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.	35
Figura 6: Índice alimentar entre os tamanhos (45 a 65 mm, 65 a 87 mm) dos espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.	36
Figura 7: Índice alimentar dos espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica dentro de faixas batimétricas com 500, 883 e 1000 metros de profundidade	36
Figura 8: Índice alimentar em espécimes de <i>Acanthephyra curtirostris</i> analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica havendo influência nula ou parcial da Pluma Amazônica	37
Figura 9: Gráfico de dispersão dos itens alimentares registrados em todos organismos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.	38
Figura 10: Dispersão alimentar em coletados espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica com influência (a) Parcial e (b) Nula influência da Pluma do rio Amazonas.	38
Figura 11: Dispersão alimentar em diferentes tamanhos de organismos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica (a) Organismos com 45 a 65 mm; (b) Com 65 a 87 mm de tamanho.....	38
Figura 12: Dispersão alimentar em diferentes faixas batimétricas dos organismos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica. (a) Profundidade de 500 metros; (b) 883 metros; (c) 1000 metros.....	39
Figura 13: Dispersão alimentar em diferentes sexos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica. (A) Fêmea; (B) Fêmea ovígera; (C) Macho.	39
Figura 14: Número de MPs detectados por indivíduo na espécie <i>A. curtirostris</i> na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade do microplástico ingerido por camarões em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x, os pontos representam valores discrepantes e a cruz vermelha representa a média.	61
Figura 15: Número de fibras detectadas por indivíduo na espécie <i>A. curtirostris</i> na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade	

das fibras ingeridas em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média. 62

Figura 16: Número de fragmentos detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fragmento ingerido em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média. 62

Figura 17: Número de MPs detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade do microplástico ingerido entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média. 65

Figura 18: Número de fibras detectadas por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fibra ingerida entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média. 66

Figura 19: Número de fragmentos detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fragmento ingerido entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média. 66

Figura 20: Regressão linear entre variáveis e número de microplásticos ingeridos, linha vermelha representa a equação da reta aferida através de uma regressão linear simples e o hachurado em azul indica o intervalo de confiança de 95%; (a) Correlação de Spearman entre comprimento total dos camarões e ingestão de microplástico; (b) Correlação de Spearman com o peso dos camarões e contaminação; (c) Correlação de Spearman utilizando peso dos estômagos e taxa de contaminação 68

Figura 21: Frequência de ocorrência dos contaminantes em todos os estômagos analisados. (a) Ocorrência (%) dos contaminantes quanto à forma; (b) Ocorrência (%) das partículas quanto à cor. 69

Figura 22: Fotos tiradas em estereoscópio (aproximação de 50 vezes), (a) Fibra azul (b) Fragmento vermelho; (c) Filme preto (partícula mais frequente nos registros). 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados abióticos aferidos nas estações de coleta durante o Projeto Amazomix.....	32
Tabela 2: Categoria, item alimentar e índice alimentar geral registrado na análise de conteúdo estomacal na espécie <i>A. curtirostris</i>	33
Tabela 3: Média do número por indivíduo (\pm desvio padrão) e média do tamanho (mm) de microplástico extraído dos estômagos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> de acordo com cores e formas.	58
Tabela 4: Frequência de ocorrência (FO%) de microplástico nos estômagos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.	59
Tabela 5 : Média do número por indivíduo (\pm desvio padrão) e média do tamanho (mm) de microplástico extraído dos estômagos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.....	60
Tabela 6: Teste de Kruskal-Wallis comparativo da ingestão de todos os microplásticos, fragmentos e fibras por indivíduo, entre as profundidades de 500, 883 e 1000 metros. Inclui os valores de Qui-quadrado, Grau de liberdade (df) e Probabilidade de significância (p)	61
Tabela 7: Frequência de ocorrência (FO%) de microplástico nos estômagos da espécie <i>Acanthephyra curtirostris</i> de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.	63
Tabela 9: Resultado do teste de Kruskal-Wallis comparando número de microplásticos, fibra e fragmento por indivíduo. Valores de qui-quadrado, Grau de liberdade (df) e p.	64
Tabela 10: Resultado do teste de Dunn comparando a ingestão de fibras por indivíduo entre os sexos. O teste trás os valores de z, P.unadj e P.adj.....	65

LISTA DE ABREVIATÖES

±	Desvio padrão
CTDO	Instrumento oceanográfico usado para medir em perfis verticais: Temperatura, salinidade e oxigênio
df	Grau de liberdade
ER	Estado de repleção
FO%	Frequência de ocorrência
GF/F	Fibra de vidro/filtro
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
m	Medida em metros
mm	Medida em milímetro
MONI	Matéria orgânica não identificada
MPs	Microplásticos
N	Número de organismos
p	Probabilidade de significância
P.adj	Valor de p ajustado
P.unadj	Valor de p não ajustado
Rho	Coefficiente de Correlação de Pearson
S	Desvio Padrão nas variáveis da Correlação de Pearson
Z	Teste que representa a diferença média entre dois grupos pela estimativa de variância agrupada.
ZCTI	Zona de convergência intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Geral.....	18
1.1.2 Específicos	18
3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL	21
3.2 PROCESSAMENTO EM LABORATÓRIO	24
4. CAPÍTULO 1: DIETA DO CAMARÃO CARÍDEO MESOPELÁGICO <i>Acanthephyra curtirostris</i> (DECAPODA, ACANTHEPHYRIDAE) NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA AMAZÔNICA	26
4.1 RESUMO.....	27
4.2 INTRODUÇÃO	28
4.3 METODOLOGIA.....	30
4.3.1 Análise de conteúdo estomacal	30
4.3.2 Análise dos dados.....	31
4.4 RESULTADOS	31
4.4.1 Dados abióticos.....	31
4.4.2 Conteúdo estomacal de <i>A. curtirostris</i>	32
4.4.3 Dados estatísticos.....	40
4.5 DISCUSSÃO	40
4.6 CONCLUSÃO	45
4.7 REFERÊNCIAS	46
5. CAPÍTULO 2: ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS NO CAMARÃO CARÍDEO MESOPELÁGICO <i>Acanthephyra curtirostris</i> (DECAPODA, ACANTHEPHYRIDAE) NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA AMAZÔNICA	51
5.1 RESUMO.....	52
5.2 INTRODUÇÃO	54
5.3 METODOLOGIA.....	56
5.3.1 Análise de contaminação por microplástico	56
5.3.2 Análises estatísticas	57
5.4 RESULTADOS	57
5.4.1 Contaminação geral	57
5.4.2 Contaminação por microplásticos de acordo com a profundidade	59
5.4.3 Contaminação por microplástico de acordo com o sexo	63
5.4.4 Correlação de Spearman	67
5.4.5 Proporção dos contaminantes quanto à cor e forma	68
5.5 DISCUSSÃO	70
5.6 CONCLUSÃO.....	75

5.7 REFERÊNCIAS	76
6. CONCLUSÕES GERAIS	84
7. REFERÊNCIAS	86

1. INTRODUÇÃO GERAL

A expansão do conhecimento para os ambientes marinhos profundos constitui um dos maiores desafios para as ciências marinhas para os próximos anos, principalmente pela busca em catalogar a diversidade marinha, compreender as relações ecológicas neste ambiente, além da busca por recursos minerais e biológicos (MARTINS et al., 2006; SUMIDA, 2009). No Brasil, pesquisas em mar profundo datam de cerca de 140 anos atrás, com as primeiras prospecções realizadas pela *Challenger Expedition*, e posteriormente, prospecções desenvolvidas por algumas campanhas e projetos com financiamento nacional e internacional de cunho público/privado.

Na última década, campanhas oceanográficas foram realizadas na região Nordeste do Brasil, entre elas pode-se destacar as campanhas acústicas ABRAÇOS e ABRAÇOS 2 (*Acoustic Along the Brazilian Coast*), associadas ao projeto TAPIOCA (*Tropical Atlantic Interdisciplinary laboratory on physical, biogeochemical, ecological and human dynamics*), que compreendem o estudo integrado oceanográfico (caracterização em 3D dos compartimentos bióticos e abióticos) das regiões de plataformas entre os estados do Ceará e Alagoas, se estendendo para o Atol das Rocas e Arquipélago de Fernando de Noronha (BERTRAND, 2015; BERTRAND, 2017). Como fonte de uma cooperação francesa com o Brasil, no Norte do Brasil, financiada também pelo projeto TAPIOCA, a Expedição AMAZOMIX (*Amazon shelf mixing and its impacts on ecosystems*) desenvolveu pesquisas multidisciplinares na plataforma continental com influência do Rio Amazonas e no mar adjacente, a fim de compreender as interações ambientais e biológicas em ambientes pelágicos na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) da região Norte do Brasil (BERTRAND, 2021).

A região amazônica possui uma plataforma continental com 300 km de extensão, localizando-se aproximadamente entre 1°N; 47°O e 3°N; 50°O se caracterizando por estar sujeita à uma forte hidrodinâmica, por consequência da influência direta da

Corrente Norte do Brasil (NBC) (VARONA, et al., 2019; DE SANTANA et al., 2020). Por sua vez, a NBC sofre retroflexão por influência de mudanças dos ventos alísios, migração da zona de convergência intertropical, giros geostróficos e enriquecimento com nutrientes direto por parte da Pluma do rio Amazonas, sendo a plataforma e regiões adjacentes caracterizadas por processos hidrológicos dinâmicos e complexos (LENTZ, 1995). Tais processos hidrológicos (podendo ser em micro ou mesoescala) possuem impacto na abundância, dispersão e retenção de larvas de decápodes, podendo gerar inclusive misturas de comunidades costeiras e oceânicas (LANDEIRA et al., 2017; BRANDÃO et al., 2020; SANTANA et al., 2020).

Dentre os organismos mais representativos nos ambientes profundos, os crustáceos decápodes, são um dos clados mais dominantes (diversidade e abundância) tanto em ambientes pelágicos e bentônicos (PAPIOL et al., 2020). Possuem também, importantes funções ecológicas como elo na passagem de energia para níveis tróficos superiores, a ciclagem de nutrientes e são um dos principais recursos pesqueiros atualmente em nível global (CASAL & SOUTO, 2018). É um grupo extremamente diverso com mais de 18 mil espécies descritas, contudo, pesquisas avaliando a diversidade, riqueza, importância trófica, ecológica e econômica em águas profundas brasileiras ainda são escassas, sendo concentrados em algumas regiões da ZEE nordestina (LARRAZÁBAL et al., 2009; LESSA, BEZERRA JR., NÓBREGA, 2009; ALVES-JÚNIOR, 2019) e em regiões do Sudoeste do Atlântico (PEZZUTO et al., 2006; CORTINHAS et al., 2022).

Os camarões de profundidade ainda apresentam elevada importância para pesca de arrasto profundo, espécies como *Aristaeomorpha foliacea* (RISSO, 1827), *Aristeus antillensis* Milne Edwards & Bouvier, 1909 e *Aristaeopsis edwardsiana* (JOHNSON, 1868), tornaram-se alvos valiosos para a atividade econômica na exploração da pesca na área de talude, onde a última espécie citada entre os anos de

2000 e 2004 compôs 88,4% de camarões Dendrobranchiata frutos de pesca de arrasto ao largo da costa brasileira (PEZZUTO et al., 2006; REZENDE et al., 2014).

Dos crustáceos pelágicos de profundidade, se destacam como abundantes os camarões decápodes da família Acanthephyridae Spence Bate, 1888 (LANSAC TÔHA & FREIRE, 1999). Este grupo está entre os mais relevantes nos ambientes profundos por atuar na dinâmica das comunidades, além do controle do *top-down* como o *bottom-up*, na ciclagem de carbono e como elo em teias tróficas (VERITY et al., 2002; CHAMPALBERT et al., 2005). Essa família possui 133 espécies distribuídas em sete gêneros, entre os quais o gênero *Acanthephyra* A. Milne-Edwards, 1881 é o mais diverso com 61 espécies conhecidas (Decanet, 2025). Este gênero possui ampla distribuição e ocorrência em baixas latitudes (PHOLE et al., 1992; DE GRAVE & FRANSEN, 2011). Sete espécies foram registradas para o Sudoeste do Atlântico, das quais, uma das mais abundantes é *Acanthephyra curtirostris* Wood-Mason & Alcock, 1891.

No Brasil, as pesquisas realizadas para a avaliação dos hábitos alimentares e posição trófica em crustáceos decápodes são mais comuns em ambientes costeiros rasos (SANTANA, 2018; BARROS et al., 2020). Entretanto, apesar de escassos, têm-se como exemplos de estudo de conteúdo estomacal na espécie *A. curtirostris* em zonas batipelágicas na região do Golfo do México os trabalhos de BURGHART et al. (2010) e BOS (2019). Para o Brasil, poucos estudos descreveram os padrões de alimentação para camarões de profundidade (REZENDE et al., 2014). Os estudos sobre a alimentação destes invertebrados são bastante relevantes para o conhecimento das interações existentes nas comunidades biológicas, como a organização trófica do ambiente, com uso de recursos naturais por grupos marinhos/pelágicos e o seu fluxo de energia ao longo da distribuição temporal e espacial (KREBS, 1998).

Outros estudos envolvendo essa espécie destacaram níveis de contaminação por microplásticos (BOS, 2019; BOS et al., 2023), estrutura genética macrogeográfica

(SCARBROUGHT, 2004) e isótopos estáveis junto com conteúdo estomacal (RICHARDS et al, 2023). Por meio da alimentação tem-se o risco de haver contaminação por microplástico, por transferência trófica ou consumo direto, uma vez que há registros destes contaminantes em todos os oceanos, praias e até mesmo regiões de profundidade (LUSHER, 2015; BERGMAN et al., 2017; FERREIRA et al., 2022; JUSTINO, 2022; FERREIRA et al., 2023; JUSTINO et al., 2023).

Microplásticos podem atingir regiões mais profundas do oceano naturalmente caso sejam mais densos que a água (e.g. polietileno tereftalato, policarbonato, poliuretano), outros, como o polipropileno, menos denso que a água, chegam em mar profundo por incrustações em superfícies de organismos vivos ou aderência em partículas (neve marinha), que numa escala de semana ou meses podem afundar (LOBELLE & CUNLIFFE, 2011; ONINK et al., 2019; KVALE et al., 2020). Uma das consequências deste fenômeno é a disponibilidade deste contaminante para a biota marinha, dado o tamanho pequeno, ele pode ser facilmente confundido com as presas (CHUA et al., 2014).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Analisar a dieta e os níveis de contaminação por microplástico, dos camarões de profundidade da espécie *Acanthephyra curtirostris*, coletados na região mesopelágica amazônica.

1.1.2 Específicos

- a) Quantificar e analisar os itens alimentares na espécie;
- b) Descrever os padrões de alimentação ao longo do gradiente de profundidade;

- c) Identificar os fatores abióticos e bióticos que influenciam nos padrões de alimentação da espécie;
- d) Identificar a possível contaminação por microplástico na espécie;
- e) Quantificar os principais tipos de microplásticos detectados, quanto à sua forma, tamanho e coloração;
- f) Investigar quais padrões ecológicos podem estar influenciando na taxa de contaminação por microplásticos;
- g) Descrever os padrões espaciais de contaminação por microplástico (horizontal e vertical).

A atual dissertação será subdividida em dois capítulos.

Capítulo 1: “Capítulo 1: Dieta do camarão carídeo mesopelágico *Acantheephyra curtirostris* (Decapoda, Acantheephyridae) na Zona Econômica Exclusiva Amazônica” - Tratará dos resultados sobre a dieta dos camarões tomando como parâmetro sexo e profundidade, compreendendo o impacto que cada um dos parâmetros terá na dieta da espécie estudada, bem como a influência destes no hábito alimentar da espécie *A. curtirostris*. Por exemplo, objetiva-se observar de qual presa a espécie é especialista ou se a mesma possui um hábito alimentar generalista e oportunista. Os objetivos específicos deste capítulo correspondem aos já citados nos objetivos específicos: 1.1.2 a-c.

Capítulo 2: “Análise da contaminação por microplásticos no camarão carídeo mesopelágico *acanthephyra curtirostris* (Decapoda, Acantheephyridae) na Zona Econômica Exclusiva Amazônica”- Estrutura-se com o objetivo de investigar o nível de contaminação da espécie *A. curtirostris* tomando como base os mesmos parâmetros do capítulo 1, assim como identificar a cor, forma e tamanho do contaminante registrado, e como essas características variam nos parâmetros. Os

objetivos específicos deste capítulo correspondem aos já citados nos objetivos específicos: 1.1.2 d-g.

3. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

Abaixo segue os materiais utilizados na pesquisa bem como os métodos empregados na execução do estudo.

3.1 ÁREA DE ESTUDO E DESENHO AMOSTRAL

A região costeira do Norte do Brasil, engloba os Estados do Amapá e Pará e a foz do Rio Amazonas, a qual se caracteriza por ser uma região com grande vazão de água doce no ambiente marinho, sendo a pluma Amazônica de baixa salinidade (<35) (JO et al., 2005). A região do Caribe se caracteriza como sendo muito mais diversa que a brasileira, constituindo-se pela influência da pluma amazônica que se estende por 3000 km podendo atuar como barreira biogeográfica para os organismos (CHOLETT, 2012; TOSETTO et al., 2022).

A pluma do Rio Amazonas, pode ainda influenciar os processos físicos e químicos na região, como também a concentração de nutrientes, clorofila e materiais em suspensão, fluxo de energia, salinidade e calor, tanto em áreas de plataforma quanto em regiões oceânicas adjacentes (ROCHA, 2003; TOSETTO et al., 2022). Dessa forma, ocorrendo todos esses processos, a Plataforma Amazônica é um ambiente que dará respostas sobre o impacto que a pluma, marés internas e mistura turbulenta, possuem sobre a estrutura ecossistêmica marinha, nerítica e oceânica (BERTRAND, 2021).

As coletas do material biológico foram realizadas a bordo do N/Oc Antea entre os períodos de setembro e outubro de 2021, divididos em duas expedições ao longo dos Estados do Pará e Amapá na região Norte do Brasil. Foram totalizadas 14 estações amostradas na primeira pernada e 21 na segunda expedição, tomando coletas ao largo do Rio Amazonas até regiões oceânicas adjacentes à plataforma continental norte, entre as isóbatas de 26 a 1 200 metros. Para as coletas dos crustáceos pelágicos, foi usada

uma rede de micronécton com malha de 1 mm cobrindo 15 metros de boca e 18 metros de comprimento, a qual foi arrastada em média por 30 minutos em isóbatas determinadas previamente com o barco entre 1.5 a 3 nós. Para o material do atual projeto, foram utilizados os organismos coletados em quatro estações: 14-05 (1000 m), 15-02 (883 m), 15-03 (500 m) 15-04 (1000 m) e 25-04 (1000 m) (Figura 1).

A estrutura de massas d'água na plataforma continental do Amazonas de acordo com SILVA et. al, 2005, é caracterizada pela presença de quatro massas de águas sobrepostas respectivamente: Água Costeira (AC), Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária da Antártica (AIA). A distribuição dessas massas de água é influenciada por vários fatores, incluindo o cisalhamento eólico, a variabilidade sazonal da Corrente Norte do Brasil (CNB) e a presença de vórtices anticiclônicos na região de retroflexão da CNB²). Estima-se que as estações possuam influência da AIA, que tem sua origem no Oceano Índico na porção leste, onde flui para o Atlântico Sul nas Agulhas e pela Corrente de Benguela para Oeste (YOU, 2002), outra hipótese e sendo a mais aceita, AIA é um subproduto da Água Modal Sub-Antártica, formada no Pacífico Sudeste no Norte da Corrente Circumpolar Antártica (CCA) sendo carregada pela mesma através do Estreito de Drake para o Atlântico (AMORIM, 2020; RIBBE, 2001).

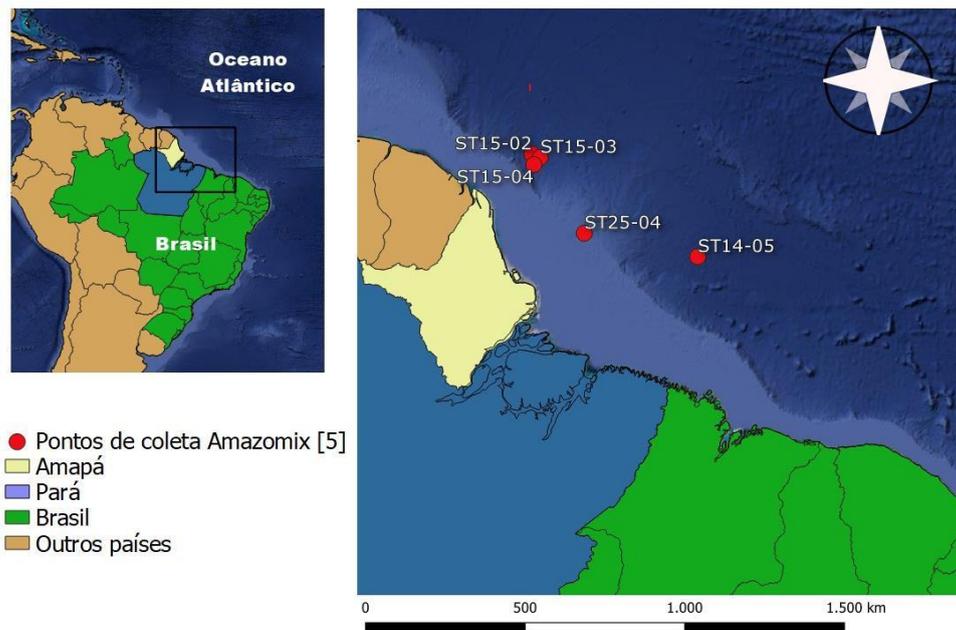


Figura 1: Área de estudo. Os círculos vermelhos representam os pontos de coleta onde foram obtidos os espécimes de *Acanthephyra curtirostris* a diferentes profundidades (ST14-05: 1000 m; ST15-02: 883 m; ST15-03: 500m; ST15-04: 1000 m; ST25-04: 1000 m).

Cada estação, utilizadas para a atual pesquisa, apresentaram influências físicas e localidades diferentes, onde: as estações 15-04 e 14-05 possuem influência da corrente Norte do Brasil localizando-se em mar aberto, 15-04 com influência da pluma localizando-se em mar aberto e 25-04 localiza-se em mar aberto. Considerando que essas coletas ocorreram entre os dias 08/09/21 e 24/09/2021, observa-se que no período das coletas, a Zona de Convergência Intertropical (ZCTI) se localizava acima e distante dos pontos de coleta (Figura 2), onde cada linha de cor distinta representa o dia do fenômeno: vermelha (05/09), roxa (10/09), marrom (15/09), verde (20/09) amarela (25/09) e azul (30/09) o que corrobora com a pouca influência deste fenômeno nas coletas (FUNCEME, 2021). Sobre o regime pluviométrico durante a data, hora e localidade das coletas, a Divisão de Satélites de Sistemas Ambientais (DSA) do INPE não registra regime pluviométrico, ou seja, durante as coletas nestas estações específicas não houve indício de chuva (INPE, 2021).

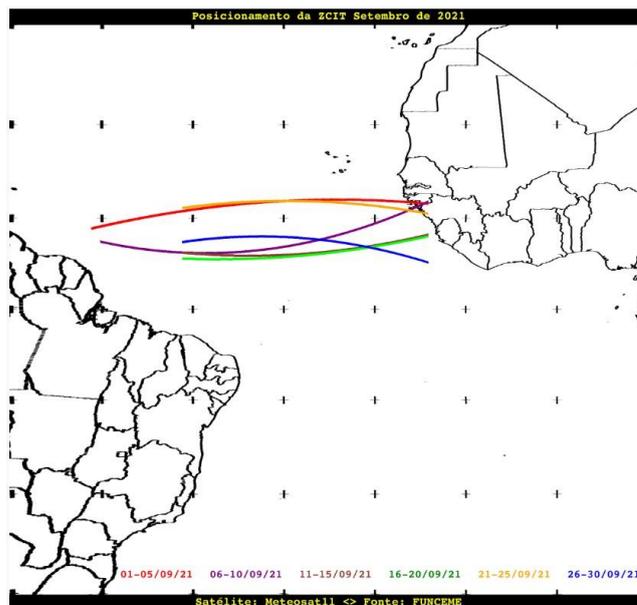


Figura 2: (a) Posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em setembro (FUNCEME,2021).

Para cada arrasto, foram utilizados simultaneamente CTDO do modelo SBE911+ totalizando 71 perfis de profundidade, para aferir os parâmetros físicos/químicos da região, sendo: temperatura (°C), salinidade, oxigênio dissolvido ($\mu\text{M/Kg}$) e fluorescência (mm/m^3) e se a pluma Amazônica e a redistribuição de nutrientes por ondas internas influenciam em regiões de plataforma e oceânicas. Após coletados, os indivíduos foram congelados em potes (polietileno) etiquetados de 500 ml por cada estação individualmente e posteriormente transportados ao Laboratório de Crustáceos (LabCarcino) do Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho (MOUFPE).

3.2 PROCESSAMENTO EM LABORATÓRIO

Após a triagem inicial, os camarões do gênero *Acantheephyra* foram separados e identificados em nível de específico com base em literatura especializada (CROSNIER & FOREST, 1973; ALVES-JÚNIOR et al., 2019). Em seguida, foram selecionados os organismos da espécie *A. curtirostris* para realização das análises de conteúdo estomacal. Uma vez identificados, os indivíduos foram medidos utilizando um paquímetro digital (0.01 mm) levando em consideração as mensurações do

Comprimento Total (CT), Comprimento do Cefalotórax (CC) e pesados para obter o seu peso úmido (PU) em duas casas decimais.

**4. CAPÍTULO 1: DIETA DO CAMARÃO CARÍDEO MESOPELÁGICO *AcanthePHYra*
curtirostris (DECAPODA, ACANTHEPHYRIDAE) NA ZONA ECONÔMICA
EXCLUSIVA AMAZÔNICA**

4.1 RESUMO

No Brasil os estudos sobre crustáceos que se destacam sobre avaliação de hábitos alimentares, são restritos a ambientes costeiros rasos, não se aplicando a ambientes profundos. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar os hábitos alimentares do camarão carídeo *AcanthePHYra curtirostris* (AcanthePHYridae) na região mesopelágica ao largo da plataforma continental amazônica. Seleccionados 51 indivíduos para análise da dieta, onde observou-se as proporções dos seguintes itens: Crustacea (61,14%), matéria orgânica não identificada (MONI) (36,30%), Actinopterygii (1,10%), material animal (1,07%) e Mollusca (0,38%). De acordo com os dados, foi possível identificar que a *A. curtirostris* é uma espécie carnívora e possui uma dieta especializada em Crustacea. O teste de Kruskall-Wallis não encontrou diferenças significativas na dieta de espécimes que se encontram em profundidades distintas (500, 800 e 1000 metros), tamanho dos indivíduos e entre os que habitam regiões com influência parcial e nula da Pluma do Rio Amazonas mas foi possível encontrar diferenças na dieta entre fêmeas e fêmeas ovígeras. O alto índice de MONI pode estar associado à rápida digestão que ocorre em estômagos de decápodes, tendo a chance de MONI ser restos de crustáceos ou outras presas ingeridas. A diferença no hábito alimentar entre fêmeas e fêmeas ovígeras, explica-se com mudanças de hábito alimentar período pré-reprodutivo, afetando a reserva lipídica, que foi possível observar que em fêmeas ovígeras havia sempre uma grande quantidade de gordura comparada com fêmeas não reprodutivas e machos. A espécie *A. curtirostris* é especialista na predação de crustáceos planctônicos, com presas ocasionais registradas na dieta, independente da profundidade, sexo e condições físicas ou químicas. A resposta sobre o hábito alimentar carnívoro, oferece dados importantes sobre camarões pelágicos de profundidade, especialmente para a região mesopelágica Amazônica onde não se tem estudos sobre a ocorrência e alimentação deste grupo.

Palavras-chave: Camarões pelágicos; Conteúdo estomacal; Hábito carnívoro; Mar profundo; Região mesopelágica Amazônica.

4.2 INTRODUÇÃO

As regiões de mar profundo (abaixo de 200 m de profundidade) constituem o maior ecossistema da Terra (DAWSON, 2012). Neste ambiente, a penetração de luz na coluna d'água diminui gradualmente até desaparecer por completo até os 1000 m de profundidade, impossibilitando, assim, a realização da fotossíntese pelos produtores primários. Nesta região, também conhecida como zona mesopelágica, que corresponde a zona disfótica ou de penumbra, os organismos dependem da produção proveniente da região epipelágica ou zona fótica (0-200 m), que decaem até grandes profundidades lentamente na forma de neve marinha (matéria orgânica particulada), plantas mortas, carcaças de animais mortos ou da predação de outros organismos (FANELLI et al., 2011; SAHLMANN et al., 2011). Apesar da escassez de alimentos, essa região é caracterizada por elevada riqueza de espécies (HESSLER & SANDERS, 1967).

As zonas mesopelágicas contêm o maior e último estoque de peixes não explorado da Terra (MARTI et al., 2020). Embora, tenham um importante papel no estoque de dióxido de carbono e grandes volumes de biomassa de peixes, por exemplo, essas zonas são difíceis de se estudar, pois seus organismos são esparsamente distribuídos, elusivos e frequentemente frágeis (MARTI et al., 2020). Entre esses organismos, podemos destacar os crustáceos decápodes, particularmente os camarões da infraordem Caridea. VERESHCHAKA et al. (2019) estimaram uma biomassa elevada de camarões, excluindo eufausídeos (Eucarida) ou os lofogastridos (Peradaria), numa ordem de magnitude superior às estimativas anteriores no Oceano Atlântico, contabilizando 1.700 milhões de toneladas. Os camarões de mar profundo exibem diferentes estratégias de alimentação, entre as quais podemos destacar, os suspensívoros, onívoros, carnívoros e necrófagos (SAHLMANN et al., 2011). Esses hábitos alimentares estão diretamente relacionados às adaptações morfológicas de

cada espécie. Outro comportamento comum de espécies mesopelágicas é a migração vertical diária, onde durante o dia permanecem em águas escuras e profundas e durante a noite retornam às camadas superiores para se alimentar, evitando assim também potenciais predadores (VESTHEIM & KAARTVEDT, 2009).

Entre os camarões carídeos mesopelágicos mais emblemáticos encontra-se o *AcanthePHYRA curtirostris*, uma espécie com distribuição batimétrica entre 300 e 5900 m, ocorrendo nos Oceanos Indo-Pacífico (costa Leste da África até entre o estado da Califórnia nos EUA e o Peru) e Atlântico (entre Bermudas e Brasil), com distribuição latitudinal aproximadamente entre Carolina do Norte (36°N) e Pernambuco (9°S) (SPRINGER & BULLIS, 1956; CROSNIER & FOREST, 1973; BURGHART et al., 2007). No Brasil, essa espécie foi reportada em estudos taxonômicos, que confirmou sua ocorrência no Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Pará e Pernambuco (ALVES-JÚNIOR et al., 2019). Embora tenha uma ampla distribuição vertical, é classificada como uma espécie de hábito não migratório vertical diário (BOS, 2019; RICHARDS et al, 2023).

Pouco se sabe sobre a ecologia alimentar de *AcanthePHYRA curtirostris*, porém estudos recentes demonstram que possui caráter alimentar predatório, se alimentando de cnidários, crustáceos e peixes, além de uma parcela significativa de detritos (BURGHART ET AL, 2010; BOS, 2019; BOS et al., 2023). *AcanthePHYRA curtirostris* assim como outras espécies da família AcanthePHYRIDAE Spence Bate, 1888, possui a morfologia da carapaça marcada por cristas e carenas, que ajuda a manter a rigidez do corpo para a manutenção de manobras eficientes na natação, o que dar uma vantagem em predação ou até mesmo fugir de predadores (LUNINA et. al., 2021). A presença de uma mandíbula com processos molares reduzidos e processos incisivos sub triangulares armados com dentes na margem interna, permite triturar carapaças de crustáceos e ossos de peixes, bem como rasgar tecidos de outros animais, incluindo animais gelatinosos (BURUKOWSKY, 2009; LUNINA et. al., 2021).

O presente trabalho tem como objetivo descrever a dieta da espécie *A. curtirostris* na zona mesopelágica da região do Amazônica, onde se espera que seja carnívora de acordo com que já se foi observado na espécie e no gênero.

4.3 METODOLOGIA

4.3.1 Análise de conteúdo estomacal

Para a análise de conteúdo estomacal de *A. curtirostris*, foram separados 51 espécimes de um total de 111 coletados durante o período de estudo e procedentes das estações 14-05 (1000 m), 15-02 (883 m), 15-03 (500 m), 15-04 (1000 m) e 25-04 (1000 m). Os estômagos foram removidos com o auxílio de estiletos e bisturis devidamente limpos para minimizar a contaminação das amostras, sob estereomicroscópio. Após aberto, o conteúdo foi espalhado e analisado numa placa de petri (MARION et al., 2008).

A frequência de ocorrência dos itens alimentares foi calculada para determinar a frequência percentual do número de indivíduos (*b*) onde no trato digestivo ocorre determinado item alimentar (*i*) em relação ao número total de trato digestivo com alimento (*N*) (OLIVEIRA et al., 2006).

O método de pontos foi aplicado para descobrir o volume (*V*) de um determinado item, expresso na forma percentual, em relação ao volume de todos os itens alimentares presentes nos tratos digestivos, conforme o proposto por Williams (1981), através da fórmula: $\sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right) \cdot 100$, onde **A** corresponde ao número total de pontos para todos os itens, **n** ao número total de intestinos analisados e **a_{ij}** ao número de pontos do item presa **i** encontrado nos tratos examinados. Para calcular **a_{ij}** de cada item foi estimada, durante as análises, a contribuição (%) deste item em cada intestino e foram atribuídos pontos à cada estágio de repleção do trato digestivo (ER1 – 0,35 ponto; ER2 – 0,65 ponto; ER3 – 1 ponto), conforme metodologia de MANTELATTO & CHRISTOFOLETTI, (2001), adaptada por SANTANA, (2018). A contribuição e os pontos do estágio de

repleção foram multiplicados e agrupados de acordo com cada item percentual, conforme o proposto por WILLIAMS (1981).

4.3.2 Análise dos dados

Para aprimorar a compreensão da importância real de cada item alimentar foi utilizado o índice alimentar proposto por KAWAKAMI e VAZZOLER (1980), que combina os dois métodos calculado pela fórmula: $IAi = \frac{FOi.Vi}{\sum_{i=1}^n (FOi.Vi)}$ onde **IAi** corresponde ao índice alimentar do item i, FO à frequência de ocorrência (%) e V à contribuição relativa do volume (%) do item i. Foi utilizado o teste do qui-quadrado (χ^2) ($\alpha=0,05$), para verificar a ocorrência de diferenças significativas na frequência cada item alimentar consumido entre os sexos. Utilizando o mesmo critério, foi avaliado também a ocorrência de diferenças significativas no gradiente de profundidade que varia de 280 e 1.000 metros.

Foi aplicado o teste de Mann-Whitney para os valores dos índices alimentares de cada item entre os parâmetros: localização (estações de coleta), tempo (diurno e noturno) sexo (macho, fêmea e fêmea ovígera), influência da pluma (parcial ou nula), batimetria e tamanho dos indivíduos, ao nível de significância de 5% (ZAR, 1996).

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Dados abióticos

Os dados físico-químicos variaram pouco entre as estações (Tabela 1). Todos os pontos da análise foram coletados com parcial ou nenhuma influência da Pluma do Rio Amazonas. A salinidade variou de 34,61 a 34,72, o oxigênio dissolvido de 2,99 a 3,48, temperatura de 4,65 a 7,05 °C e profundidade entre 500 e 1000 m. De acordo com esses dados, estima-se que a Água Intermediária da Antártica seja a massa d'água presente em todas as estações desse estudo.

Tabela 1. Dados abióticos aferidos nas estações de coleta durante o Projeto Amazomix.

Estação	Temp. (°C)	OD	Sal	Prof. (m)	Período	Data	Influência da Pluma
S14_05	4,65	3,48	34,61	1000	Noite	10/09/2021	Nenhuma
S15_02	5,10	3,12	34,63	883	Dia	15/09/2021	Parcial
S15_03	7,05	2,99	34,61	500	Noite	15/09/2021	Parcial
S25_04	5,11	3,29	34,72	1000	Noite	22/09/2021	Nenhuma
S15_04				1000			

4.4.2 Conteúdo estomacal de *A. curtirostris*

Foram analisados o conteúdo estomacal de 51 indivíduos de *A. curtirostris* provenientes de 5 estações de coletas no talude continental amazônico, entre 500 e 1000 metros de profundidade. Os indivíduos apresentaram comprimento total entre 45 e 87 mm, sendo 15 machos e 36 fêmeas, das quais 26 foram fêmeas ovígeras. O peso variou de 0,81 g a 19,6 g.

Nas análises, identificou-se cinco categorias alimentares, podendo em sua maioria ser compostos de diversos itens (Figura 2). Tais categorias foram: Crustáceos (quelas, carapaça fragmentada, espinhos, artículos, dátilos, antena, mandíbula e órbita), Mollusca (tecidos, concha de bivalves e gastrópodes), matéria orgânica não identificada (MONI), Actinopterygii (vértebras, espinhas e escamas) e material animal (tecidos animais de origem não identificada). Os valores de índice alimentar para cada item identificado estão dispostos na tabela 2. A categoria alimentar predominante foi Crustacea (61,14%), seguido de MONI (36,30%), Actinopterygii (1,10%), material animal (1,07%) e Mollusca (0,38%), indicando o hábito alimentar carnívoro da espécie estudada (Fig. 3).

Tabela 2: Categoria, item alimentar e índice alimentar geral registrado na análise de conteúdo estomacal na espécie *A. curtirostris*.

Categoria alimentar	Item alimentar	Índice alimentar
Crustacea	Carapaça	0,563451287
	Quela	0,001708132
	Artículo	0,037951752
	Mandíbula	1,92683E-05
	Órbita	7,70731E-05
	Antena	0,000283244
	Dátilo	0,000233146
	Espinhas	0,007699601
Mollusca	Tecido	4,58585E-05
	Gastrópoda	0,000404634
	Concha (Gastrópoda)	0,003244006
	Concha (bivalve)	1,92683E-05
	Bivalve	0,000154146
Matéria orgânica não identificada	MONI	0,363060488
Material animal	Tecidos	0,01072973
Actinopterygii	Espinha de peixe	0,000701365
	Escama	0,010217001



(a)



(b)

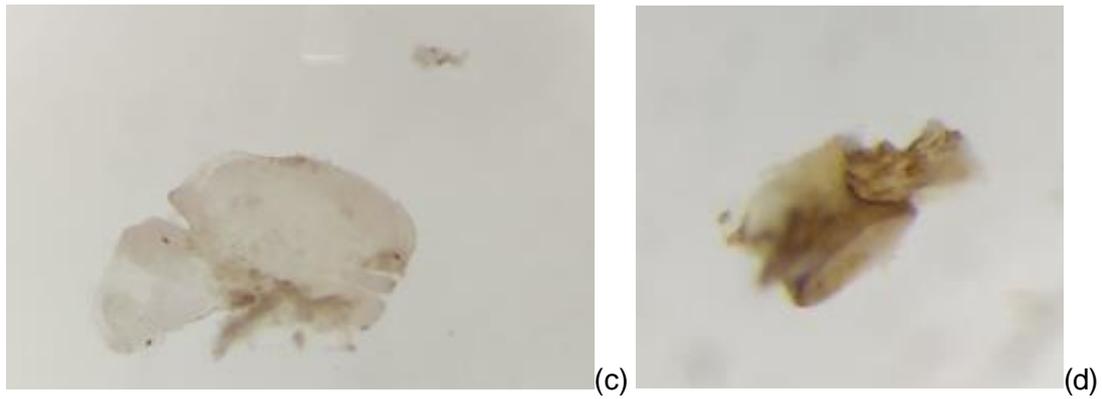


Figura 3: Conteúdo estomacal do camarão *Acanthephyra curtirostris*. (a) Quela de Decapoda; (b) Concha de Gastropoda; (c) Escama de peixe; (d) espinha de peixe. Aumento 5x em estereoscópio.

O padrão de alimentação *A. curtirostris*, tomando como base o sexo (macho), o estágio reprodutivo das fêmeas (ovígera e não-ovígera) apresentou maior registro de MONI em indivíduos fêmea, dominando em machos a presa Crustacea e nas fêmeas ovígeras maiores valores de Actinopterygii em relação aos demais sexos (Fig. 4).

Em relação ao tamanho, organismos maiores apresentaram maior índice de presas como: Crustacea e Actinopterygii. Já os menores apresentaram maior registro de MONI (Figura 5). Em faixas batimétricas registra-se que os indivíduos tiveram maior presença de Crustacea no estômago em ambientes de 500 m de profundidade, material animal e Mollusca em 883 metros e MONI em 1000 metros (Fig. 6).

Para a influência parcial ou nula da pluma, identificou-se que na influência parcial há uma presença expressiva de crustacea na dieta, comparada com animais que habitam regiões de influência nula, que por sua vez, tem maior presença de MONI na dieta da espécie *A. curtirostris* (Fig. 7).

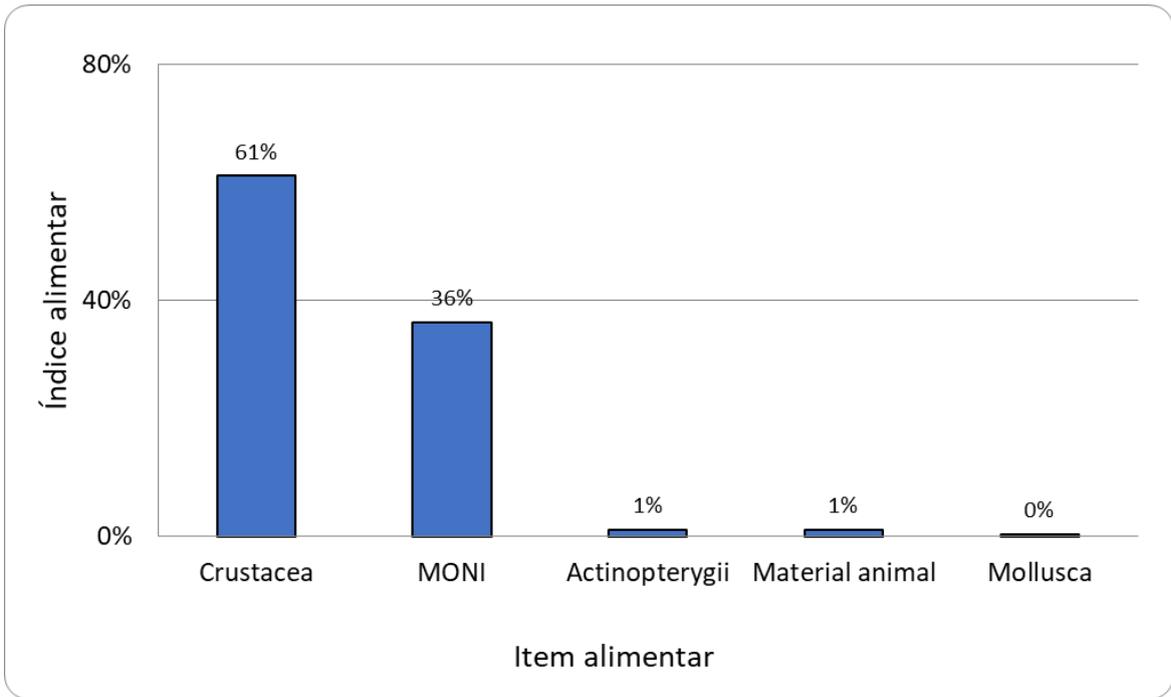


Figura 4: Índice alimentar geral dos espécimes de *Acanthephyra curtirostris* analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.

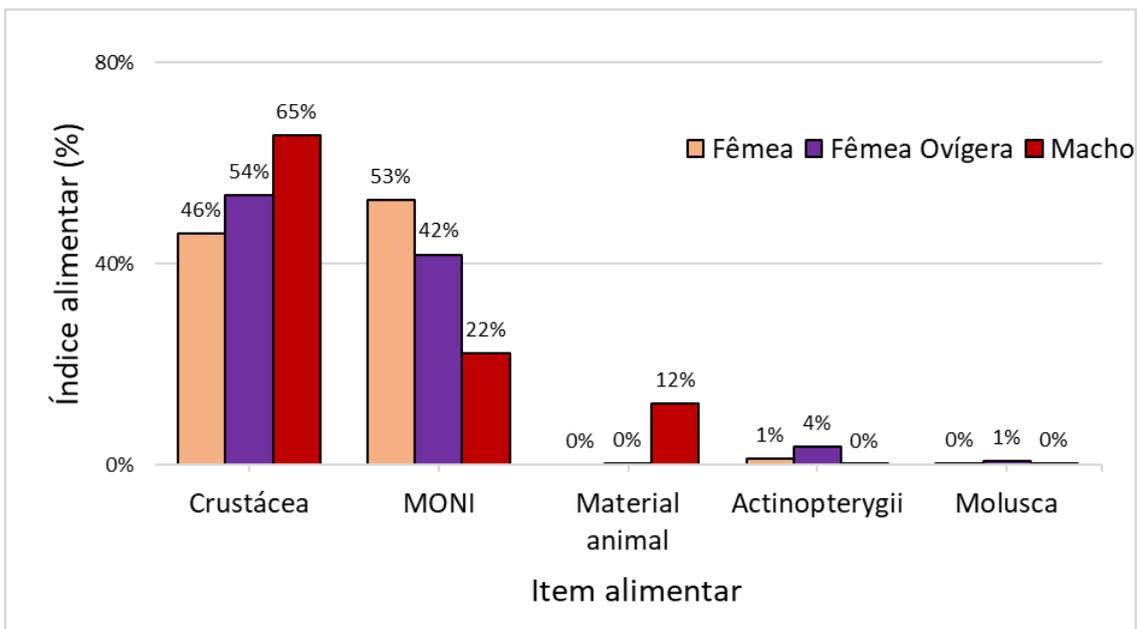


Figura 5: Índice alimentar em cada sexo (fêmea, fêmea ovígera e macho) dos espécimes de *Acanthephyra curtirostris* analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.

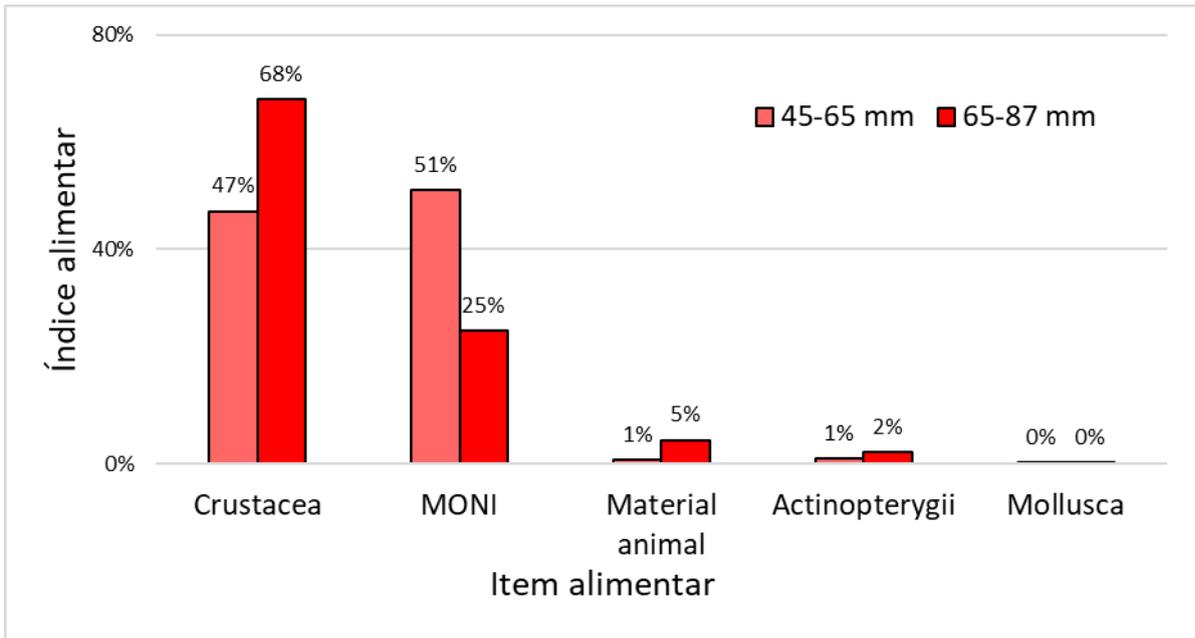


Figura 6: Índice alimentar entre os tamanhos (45 a 65 mm, 65 a 87 mm) dos espécimes de *Acanthephyra curtirostris* analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.

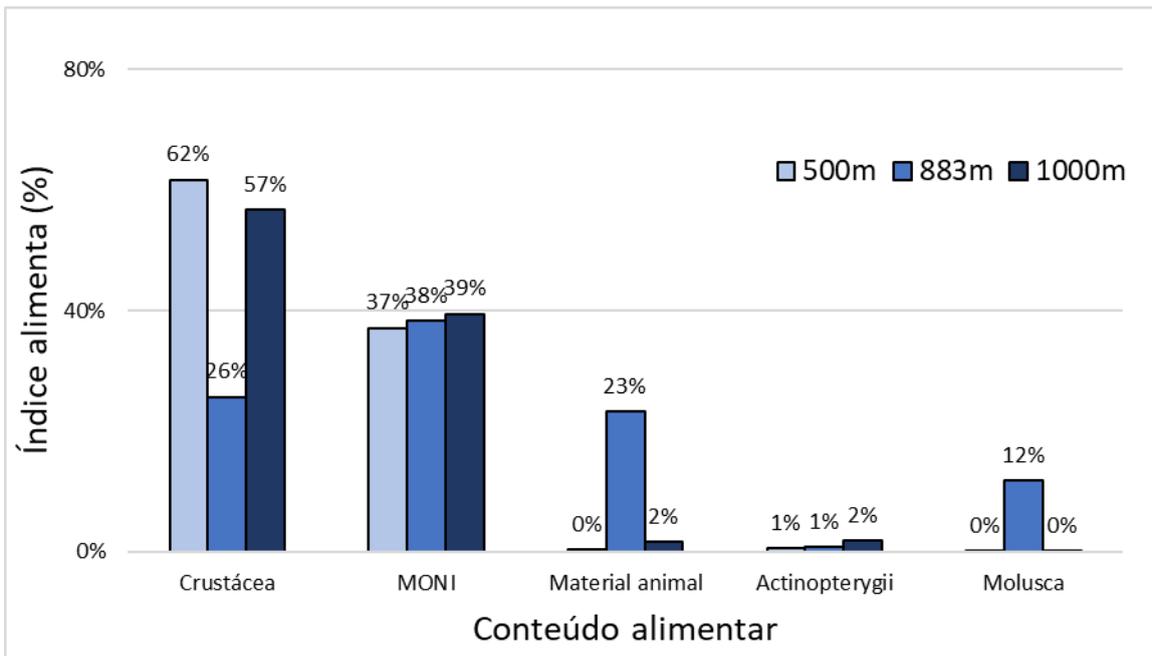


Figura 7: Índice alimentar dos espécimes de *Acanthephyra curtirostris* analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica dentro de faixas batimétricas com 500, 883 e 1000 metros de profundidade.

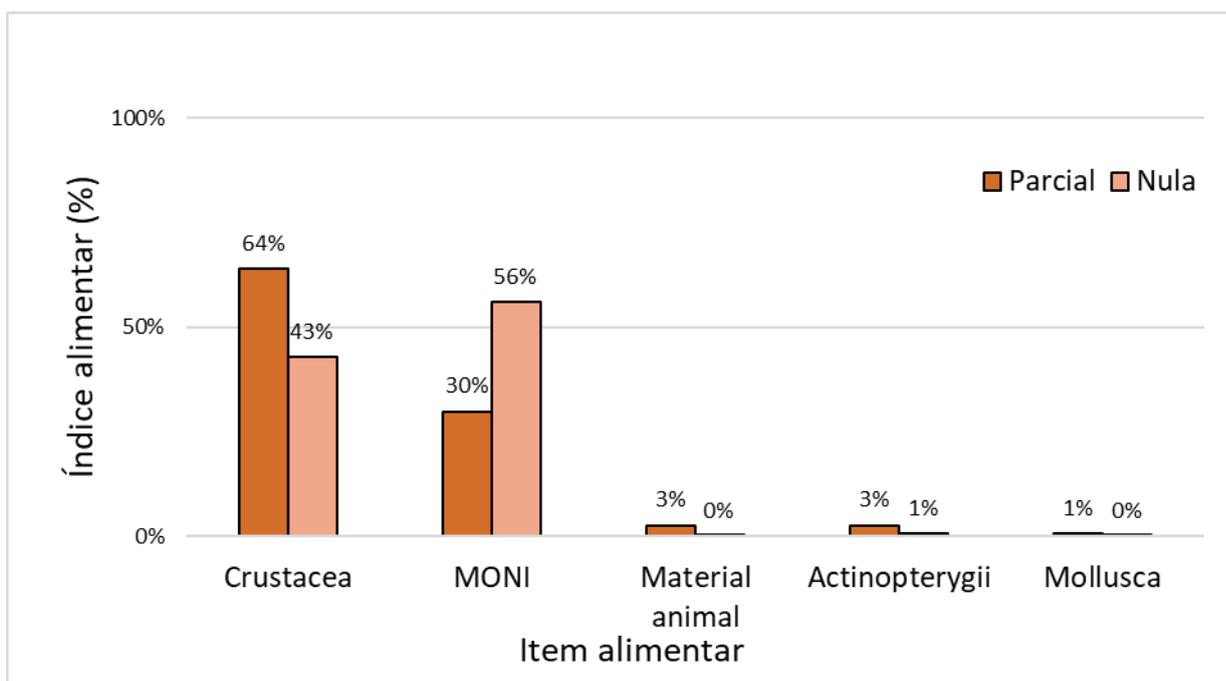


Figura 8: Índice alimentar em espécimes de *Acanthephyra curtirostris* analisados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica havendo influência nula ou parcial da Pluma Amazônica.

Com relação à estratégia alimentar, *A. curtirostris* apresenta uma estratégia especialista. As principais presas são os crustáceos (frequência e volume acima de 50%), com pequenas proporções de outras presas, incluídas na dieta ocasionalmente (Fig. 9). O mesmo padrão foi observado quando comparamos amostras coletadas em regiões com influência parcial ou nula da pluma (Fig. 10) e entre os indivíduos com escalas de tamanho diferentes (Fig. 11). Destaca-se que entre as estações de coleta com influência nula da pluma a frequência do item crustacea foi muito superior que nas demais. Dentre as profundidades, em 500 metros a espécie predou mais crustácea (Fig.12) e dentre os sexos, os machos foram os mais seletivos em preda crustacea (Fig. 13)

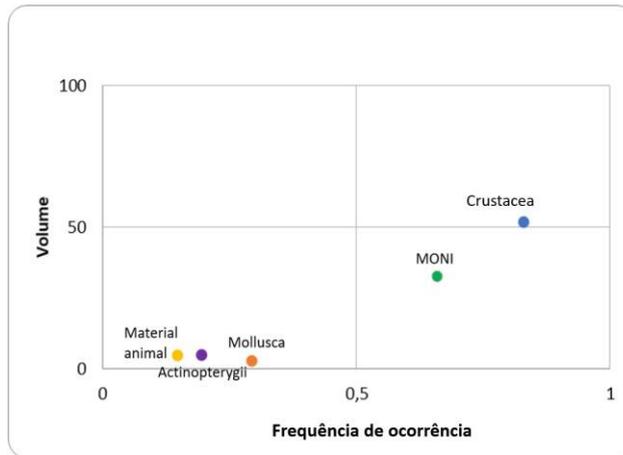


Figura 9: Gráfico de dispersão dos itens alimentares registrados em todos organismos da espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica.

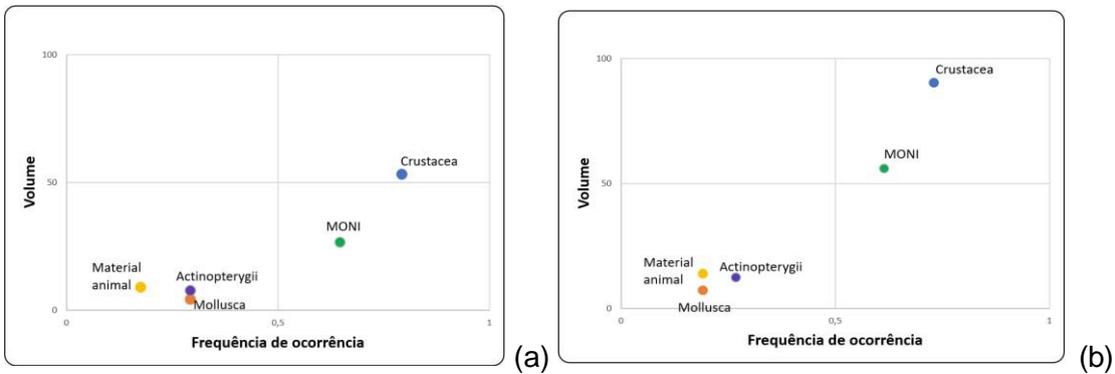


Figura 10: Dispersão alimentar em coletados espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica com influência (a) Parcial e (b) Nula influência da Pluma do rio Amazonas.

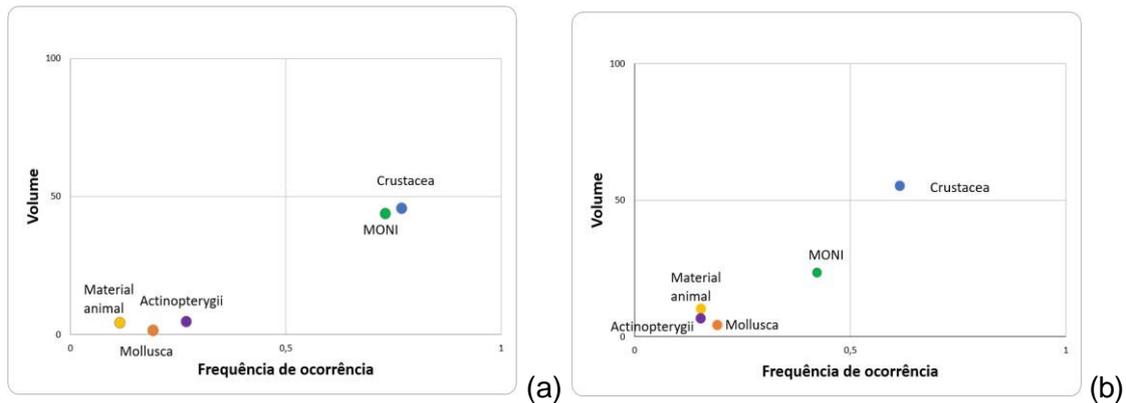


Figura 11: Dispersão alimentar em diferentes tamanhos de organismos da espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica (a) Organismos com 45 a 65 mm; (b) Com 65 a 87 mm de tamanho.

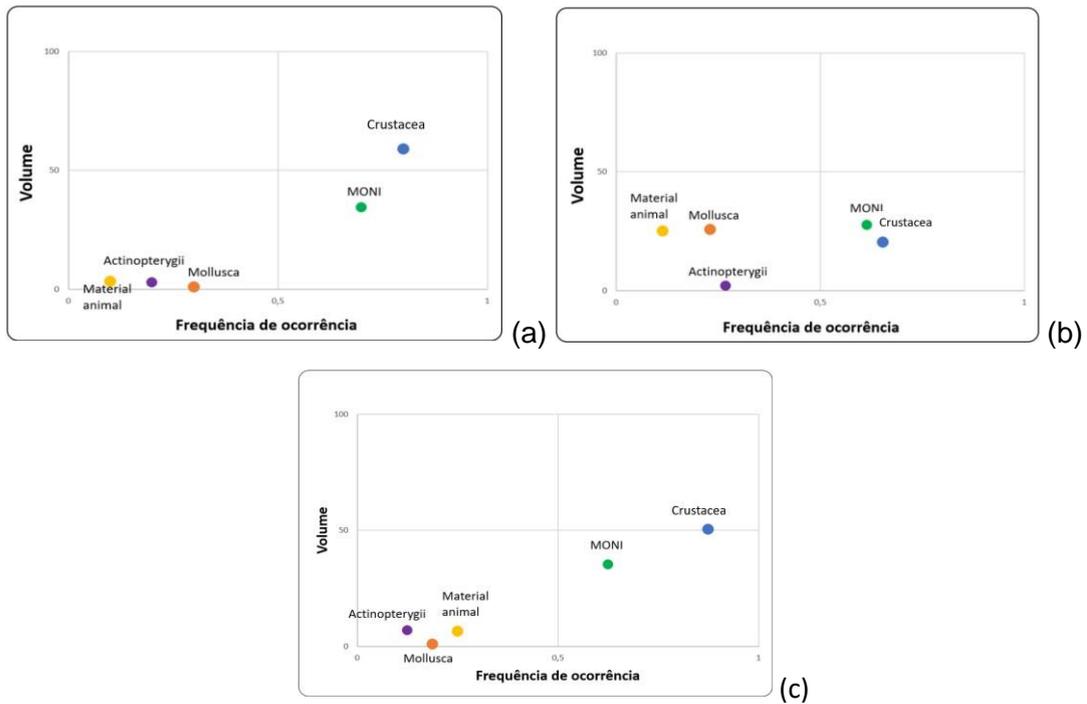


Figura 12: Dispersão alimentar em diferentes faixas batimétricas dos organismos da espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica. (a) Profundidade de 500 metros; (b) 883 metros; (c) 1000 metros.

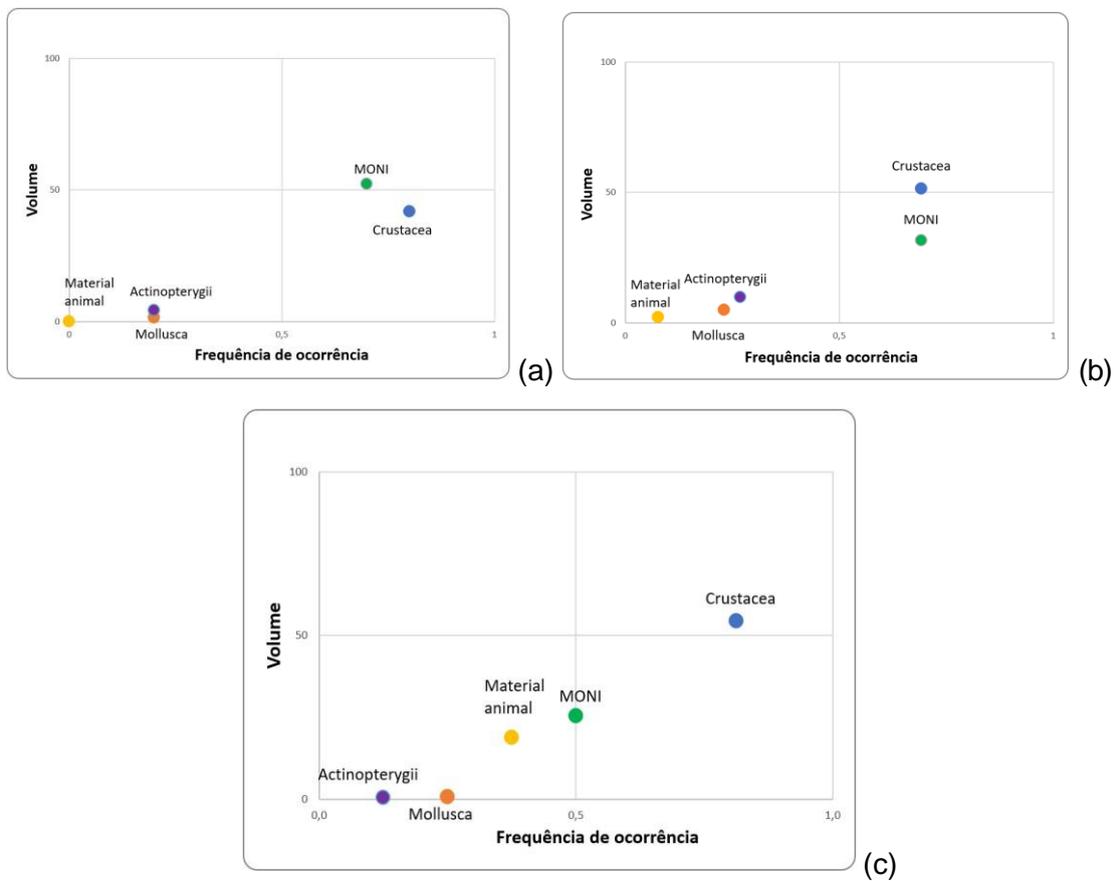


Figura 13: Dispersão alimentar em diferentes sexos da espécie *Acanthephyra curtirostris* coletados na região da Zona Econômica Exclusiva Amazônica. (A) Fêmea; (B) Fêmea ovígera; (C) Macho.

4.4.3 Dados estatísticos

Foi calculado o teste de Mann-Whitney com os valores dos índices alimentares de cada item entre os parâmetros: sexos, batimetria, tamanho dos indivíduos e influência parcial ou nula da Pluma. Comparando os índices alimentares entre os sexos, encontrou-se apenas diferenças significativas entre fêmeas ovígeras e não-ovígeras com $p=0,05$. Para a batimetria, o índice alimentar de organismos que vivem entre as diferentes profundidades estudadas, não é significativamente diferente uns dos outros. Organismos que foram coletados entre influência Parcial não se diferenciam significativamente dos organismos que foram coletados nas regiões nulas. Também não existiu diferença significativa para os camarões de diferentes tamanhos.

4.5 DISCUSSÃO

Acantherphyra curtirostris é uma espécie mesopelágica registrada prioritariamente dos 500 m de profundidade (BURGHART et al. 2007; 2017), na área estudada, ela ocorreu entre 500 e 1000 m. Essa zona é diretamente influenciada pela massa Água Intermediária da Antártica (AIA), que integra a estrutura vertical de massas d'água na Amazônia, num intervalo de 500 a 1200 metros, podendo variar 100 m em direção à superfície ou fundo (SCHMID, 2009). Sendo todas as propriedades abióticas das estações estudadas semelhantes às propriedades da AIA como profundidade, baixos valores de temperatura e valor relativamente baixo de salinidade (SCHMID, 2009).

No ambiente mesopelágico é muito comum que espécies do micronecton pelágico de diferentes níveis tróficos realizem migrações verticais para alimentação. Seguindo um padrão de migrações verticais diárias, essas espécies realizam migrações verticais diárias à noite a partir de profundidades meso e às vezes batipelágicas, para

acessar as águas ricas em alimentos da zona epipelágica, enquanto permanecem escondidas de predadores visualmente sinalizados antes de retornarem às profundezas ao amanhecer (PEARRE JR., 2003; BRIERLY, 2014; BEHRENFELD et al., 2019). Entretanto, espécies como *A. curtirotris*, não realizam essas migrações permanecendo em grandes profundidades (RICHARDS et al., 2023)

Na região de estudo, a espécie *A. curtirotris* apresentou padrões de alimentação especialista, tendo os crustáceos como suas presas preferenciais. Esse fato ocorre em outras espécies do gênero que geralmente apresentam hábito alimentar predador (BURUKOVSKY, 2009). De acordo com BURUKOVSKY & FALKENHAUG (2015), organismos da espécie *A. pelagica* coletados no Sul da Dorsal Mesoatlântica, possuem um caráter alimentar carnívoro, com peixes (dominando em toda a estação) seguidos de crustáceos (eufasiáceos, misidáceos, camarões e anfípodes) evidenciando uma frequência de ocorrência alta, embora não dominante. Os autores ainda fazem uma comparação com um estudo de mesmo objetivo ocorrido no mesmo local em 1984, e se obteve alta similaridade no caráter alimentar, ou seja, mesclando esse raciocínio com a atual pesquisa o gênero *Acanthephyra* independente do tempo e espaço é um predador voraz de presas específicas (micronécton e macrozooplâncton) que podem ser peixes, crustáceos ou planctóns gelatinosos.

Embora sejam uma espécie predadora, o padrão de alimentação apresentam variações quando é comparado com outras populações de *A. curtirotris* de outras regiões. Um estudo realizado no Golfo do México que envolveu a *A. curtirotris*, coletadas em 850 e 1050 metros de profundidade, respectivamente, demonstrou que essa espécie apresenta uma dieta focada em crustáceos, sendo com uma parcela da comunidade estudada um pouco mais generalista predando peixes, decápodes grandes e outros animais, a segunda sendo especialista em copépodes e eufasiáceos, colaborando para a ideia de que mesmo em grandes profundidades o gênero e a própria espécie estudada possuem uma preferência alimentar por crustáceos (RICHARD et. al,

2023). Outro estudo ocorrido no Golfo do México (BULGHART et al., 2010), registrou-se que a espécie *A. curtirostris*, possui uma preferência alimentar predominante por pequenos crustáceos (calanoidas) e peixes, não diferindo assim dos resultados aqui apresentados.

Comprova-se ainda pelo Método de Costello, que tanto em aspectos gerais, como em todos os parâmetros analisados, predomina-se que a espécie *A. curtirostris* possui o hábito alimentar especialista em crustáceos. O alto índice de MONI pode evidenciar a rápida digestão por parte dos decápodes, tendo a chance de este item facilmente ser restos de crustáceos digeridos, mesmo estando o item MONI distante dos eixos como indica o método de Costello (LAGARDERE, 1978; ROE, 1984; REZENDE et al., 2014).

A fêmeas apresentaram preferência alimentar por MONI, ou seja, um hábito um pouco mais generalista que os demais, isso pode indicar a influência direta na mudança de hábito que ocorre no período pré-reprodutivo em espécies pelágicas de profundidade da espécie *Acanthephyra* (CARTES et al., 2008). Assim como as fêmeas, organismos menores possuem um hábito generalista, não tendo preferência alimentar por nenhum item alimentar de acordo com o método de Costello o que pode indicar que estes ainda não são predadores como organismos maiores da mesma espécie, onde são mais habilidosos na natação e possuem mandíbula maior (KAPIRIS et al., 2010). Em CARTES et al., (2008) é possível observar também que o camarão de profundidade da espécie *Aristeus antennatus* (RISSO, 1816) teve mudança no hábito alimentar entre diferentes tamanhos de organismos, onde presas específicas eram predadas por organismos de diferentes tamanhos (pequeno, médio e grande).

Não foram encontradas diferenças significativas no índice alimentar entre machos e fêmeas ou machos e fêmeas ovígeras, porém entre fêmeas e fêmeas ovígeras observou-se diferenças significativas. Esse resultado está relacionado não apenas à mudança de hábito como citado no parágrafo anterior, mas sim na reserva

lipídica que pode ser importante para organismos que apresentam ciclos reprodutivos, como observado em camarões peneídeos da espécie *A. antennatus*, sendo até possível observar durante as análises que em fêmeas ovígeras havia sempre uma grande quantidade de gordura comparada com fêmeas e machos, onde essa concentração lipídica pode evidenciar relação com ciclo reprodutivo e conseqüentemente com a mudança no hábito alimentar (ROSA e NUNES, 2003; CARTER et al., 2008).

No índice alimentar dos indivíduos em diferentes faixas batimétricas, não se observou diferenças significativas. Os gráficos de dispersão demonstraram que em ambientes mais profundos a espécie teve o caráter alimentar um pouco mais generalista, porém não muito diferente dos demais gráficos, que por pouca porcentagem já demonstraram que a espécie é especialista em crustáceos. Algo a se observar é a maior presença de matéria orgânica não identificada em ambientes mais profundos (883 e 1000 metros), algo que é comum para organismos zooplânctívoros não migradores, que tendem a ser um pouco mais generalistas, com muita presença de matéria orgânica não identificada nos estômagos em ambientes mais profundos (RICHARDS et al., 2023).

A ocorrência de peixes, crustáceos e material animal possui maior registro em pontos onde há parcial influência da pluma. Os pontos com influência parcial da pluma são pontos de regiões com alto potencial hidrodinâmico, que pode agir como barreira biogeográfica, dispersando comunidades zooplânctônicas e pelágicas oriundas do Rio Amazonas e ambientes continentais, que podem servir de base trófica para a espécie *A. curtirostris* (TOSETTO et al., 2022). Apesar desses fatos, não há estudos que investiguem o transporte de comunidades zooplânctônicas e pelágicas para regiões mais profundas do oceano, porém no estudo de Melo et al., (2014), mostra que a comunidade holoplânctônica da família Luciferidae oriunda da Pluma do Rio Amazonas decresceu na medida que se distanciava da Pluma para regiões offshore (DE SANTANA et al., 2020).

O caráter alimentar da espécie estudada, de acordo com o estudo de BURGHART ET AL. (2010) realizado em zonas batipelágicas (1000 – 3000 m de profundidade) no leste do Golfo do México se demonstra carnívoro, apresentando no trato digestivos ocorrência principalmente de cnidários e peixes pequenos. Ocorreram também análises de conteúdo estomacal no Estreito da Flórida, coletados em zonas batipelágicas e mesopelágicas, por BOS, (2019) registrando-se que *A. curtirostris* são crustáceos essencialmente piscívoros, possuindo o alto índice de consumo por neve marinha. De acordo com as pesquisas citadas, as principais dificuldades encontradas para análise de conteúdo estomacal de um organismo como *A. curtirostris* e outros crustáceos decápodes se deve ao fato de ser raro encontrar uma presa inteira no trato digestivo, havendo a necessidade de medir cada parte encontrada (seja ossos ou retinas oculares), e estimar se partes diferentes encontradas no trato pertenciam a algum mesmo organismo ou não. Existe também a dificuldade de identificar o que são organismos ou parte destes que estão parcialmente ou totalmente digeridos.

Embora não se verifiquem diferenças significativas nos testes de Mann-Whitney em gradientes de profundidade (entre 500, 830 e 1000 metros) e tamanhos de organismos estima-se que com um maior número amostral na área de estudo, possam ser encontradas diferenças, pois em espécies não migratórias (incluindo espécies do gênero *Acanthephyra*) essas duas variáveis se demonstraram como as mais impactantes na estrutura trófica com estudo da dieta de espécies migratórias e não migratórias (RICHARDS et al., 2023). Estima-se também, que próximo e afastado da pluma tenha diferenças significativas devido à influência direta na composição planctônica e pelágica por parte da pluma (BERTRAND, 2021). Apesar de se evidenciar diferenças na dieta entre fêmeas e fêmeas ovígeras, espera-se que haja entre as fêmeas e os machos uma vez que as fêmeas dos camarões carídeos de profundidade passam a ter a alimentação baseada em decápodes mesopelágicos durante o

desenvolvimento das gônadas na fase pré-reprodutiva (FANELLI & CARTES, 2008; CARTES, PAPIOL, GUIJARRO, 2008).

4.6 CONCLUSÃO

Os organismos da espécie *A. curtirostris* coletados na região mesopelágica amazônica, banhada pela massa d'água AIA, assim como em outras pesquisas, possuem o hábito alimentar carnívoro, não apenas da mesma espécie, mas também do mesmo gênero, se alimentam de presas como Crustacea, Mollusca e Actinopterygii. Itens muito frequentes nas análises foram o MONI e material animal, não sendo possível identificar em níveis taxonômicos mais específicos devido à rápida digestão que os decápodes apresentam, podendo ainda estes itens serem crustáceos ou outras presas menores.

Organismos menores apresentaram hábitos alimentares mais generalistas, por possivelmente não serem predadores efetivos e seletivos como os maiores. Fêmeas ovígeras apresentaram diferenças significativas em relação às fêmeas, onde a mudança no hábito alimentar pode estar relacionada ao ciclo pré-reprodutivo bem como na reserva lipídica, já que durante as análises as fêmeas ovígeras apresentaram alto índice de gordura e estômagos pouco cheios. Em ambientes mais profundos, o item alimentar MONI foi mais frequente que em ambientes menos profundos, fato esse que correlaciona à organismos zooplânctívoros serem mais generalistas em ambientes com maior profundidade. A maior presença de peixes, crustáceos e material animal em ambientes com parcial influência da Pluma do Rio Amazonas, pode estar relacionada à Pluma atuar como barreira biogeográfica dispersando e deixando disponível como base alimentar para a espécie estudada.

O gráfico de dispersão geral determina pelo Método de Costello aprimorado por Amundsen et al., (1996) que a espécie *A. curtirostris* é especialista na predação de

crustáceos planctônicos, com presas ocasionais registradas na dieta, independente da profundidade, sexo e condições físicas ou químicas.

Para maior robustez dos resultados estatísticos, é necessário um maior conjunto amostral a ser analisado na área de estudo. Com isso, será possível observar como os dados abióticos e bióticos impactam na dieta, e qual desses fatores possuem maior impacto na estruturação da dieta da espécie *A. curtirostris*.

4.7 REFERÊNCIAS

AMUNDSEN, P.-A.; GABLER, H.-M.; STALDVIK, F. J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. **Journal of fish biology**, v. 48, n. 4, p. 607-614, 1996.

BOS, R. P. ZHAO, S., SUTTON, T. T., & FRANK, T. M Microplastic ingestion by deep-pelagic crustaceans and fishes. **Limnology and Oceanography**, v. 68, n. 7, p. 1595-1610, 2023.

BURGHART, Scott E.; HOPKINS, Thomas L.; TORRES, José J. Partitioning of food resources in bathypelagic micronekton in the eastern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, v. 399, p. 131-140, 2010.

BURUKOVSKY, R. N. Feeding and feeding relationships of shrimps. **Kaliningrad: FGOU VPO «KGTU» Publ**, 2009.

BURUKOVSKY, R. N.; FALKENHAUG, T. Feeding of the pelagic shrimp *Acantheephyra pelagica* (Risso, 1816) (Crustacea: Decapoda: Oplophoridae) in the northern Mid-Atlantic Ridge area in 1984 and 2004. **Arthropoda Selecta**, v. 24, n. 3, p. 303-316, 2015.

CARTES, Joan E.; PAPIOL, Vanesa; GUIJARRO, Beatriz. The feeding and diet of the deep-sea shrimp *Aristeus antennatus* off the Balearic Islands (Western Mediterranean):

Influence of environmental factors and relationship with the biological cycle. **Progress in Oceanography**, v. 79, n. 1, p. 37-54, 2008.

CHAMPALBERT, G.; PAGANO, M.; KOUAMÉ, B. & RIANDEY, V. Zooplankton spatial and temporal distribution in a tropical oceanic area off West Africa. **Hydrobiologia**, V. 548(1), p. 251-265, 2005.

DE GRAVE, S. & Franssen, C.H.J. M. **Carideorum catalogus: the recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda)**. Leiden: NCB Naturalis, 2011..

FANELLI, E.; CARTES, J. E. Spatio-temporal variability in the diet of two pandalid shrimps in the western Mediterranean evidenced from gut contents and stable isotope analysis: influence on the reproductive cycle. **Marine Ecology Progress Series**, v. 355, p. 219-233, 2008.

JO, Y.-H., YAN, X. H., DZWONKOWSKI, B. & LIU, W. T. A study of the freshwater discharge from the Amazon River into the tropical Atlantic using multi-sensor data. **Geophys. Res. Lett.**, v. 32, p. 1–4, 2005.

KAPIRIS, K., THESSALOU-LEGAKI, M., PETRAKIS, G., CONIDES, A. Ontogenetic shifts and temporal changes in the trophic patterns of the deep-sea red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea* (Decapods: Aristeidae), in the Eastern Ionian Sea (Eastern Mediterranean). **Marine Ecology**, v. 31, n. 2, p. 341-354, 2010.

KAWAKAMI, E. & VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 29, p. 205-207, 1980.

LAGARDERE, J. P. Recherches sur l'alimentation des crevettes bathypelagiques du talus continental du Golfe de Gascogne. **Revue des Travaux de l'Institut des Pêches maritimes**, v. 39, n. 2, p. 213-229, 1975.

LUNINA, A. A.; KULAGIN, D. N.; VERESHCHAKA, A. L. P. revision of the shrimp genera Ephyrina, Meningodora and Notostomus (Acanthephyridae: Caridea). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 193, n. 3, p. 1002-1019, 2021.

MANTELATTO, F. L. M.; CHRISTOFOLETTI, R. A. Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): influence of season, sex, size and molt stage. **Marine Biology**, v. 138, p. 585-594, 2001.

MELO, N. F. A. C., GUSMÃO, L. M. O., MARTINS, F. E., & PALHETA, G. D. A. Distribution of the planktonic shrimp *Lucifer* (Thompson, 1829) (Decapoda, Sergestoidea) off the Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3 Suppl 1, p. S045-S051, 2014.

OLIVEIRA, A. *et al.* Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 305-313, 2006.

POHLE, G. W.; KENCHINGTON, T. J.; HALLIDAY, R. G. **Potentially exploitable deepwater resources off Atlantic Canada**. Department of Fisheries and Oceans, Bedford Institute of Oceanography, Biological Sciences Branch, Marine Fish Division, 1992.

ROCHA, L. A. Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. **Journal of Biogeography**, v. 30, n. 8, p. 1161-1171, 2003.

ROE, H. S. J. The diel migrations and distributions within a mesopelagic community in the north east Atlantic. 2. Vertical migrations and feeding of mysids and decapod crustacea. **Progress in Oceanography**, v. 13, n. 3-4, p. 269-318, 1984.

ROCHA, L. A. Patterns of distribution and processes of speciation in Brazilian reef fishes. **J. Biogeogr.**, v. 30, p. 1161–1171, 2003.

ROSA, R.; NUNES, M. L. Tissue biochemical composition in relation to the reproductive cycle of deep-sea decapod *Aristeus antennatus* in the Portuguese south coast. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 83, n. 5, p. 963-970, 2003.

SANDERS, N. K., & J. J. CHILDRESS. "A Comparison of the respiratory function of the haemocyanins of vertically migrating and non-migrating pelagic, deep-sea oplophorid) shrimps." **Journal of Experimental Biology** 152.1, 167-187, 1990.

SANTANA, J. L. **Dinâmica alimentar de *Eriphia gonagra* (Fabricius, 1781)(Crustacea: Decapoda: Eriphiidae) em duas áreas recifais com diferentes graus de impacto antrópico no nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2018

SCARBROUGH, J. R. **Macrogeographic genetic structure in *Acantheephyra curtirostris* (Oplophoridae).** Loma Linda University, 2004.

SCHMID, C., & GARZOLI, S. L. New observations of the spreading and variability of the Antarctic Intermediate Water in the Atlantic. **Journal of Marine Research**, v. 67, n. 6, p. 815-843, 2009.

SILVA, A. C.; ARAÚJO, M.; BOURLÈS, B. Variação sazonal da estrutura de massas de água na plataforma continental do Amazonas e área oceânica adjacente. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, p. 145-157, 2005.

SPRINGER, S., BULLIS, H. R. **Collections by the Oregon in the Gulf of Mexico: List of Crustaceans, Mollusks, and Fishes identified from collections made by the exploratory fishing vessel Oregon in the Gulf of Mexico and adjacent seas 1950 through 1955.** US Department of the Interior, Bureau of Commercial Fisheries, 1956.

VESTHEIM, H.; KAARTVEDT, S. Vertical migration, feeding and colouration in the mesopelagic shrimp *Sergestes arcticus*. **Journal of plankton research**, v. 31, n. 11, p. 1427-1435, 2009.

WILLIAMS, M.J. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). **Journal of experimental marine biology and ecology** v. 52, n. 1, p. 103-113, 1981.

**5. CAPÍTULO 2: ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS NO
CAMARÃO CARÍDEO MESOPELÁGICO *Acanthephyra curtirostris* (DECAPODA,
ACANTHEPHYRIDAE) NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA AMAZÔNICA**

5.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar o nível de contaminação por microplástico (MP) em camarões carídeos da espécie *AcanthePHYRA curtirostris*, coletados na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Norte do Brasil na expedição oceanográfica Amazomix, tendo como hipótese que o gradiente de profundidade e os sexos dos espécimes de *A. curtirostris* podem influenciar na taxa de contaminação por microplásticos. A partir destes dados, identificar as partículas, de acordo com a sua coloração, forma e tamanho, bem como investigar a influência dos parâmetros como sexo e profundidade de captura na taxa de contaminação. No total 60 indivíduos foram separados para a remoção dos estômagos, que foram digeridos e filtrados seguindo um rigoroso protocolo para que não houvesse contaminação aérea das amostras. As amostras foram secas e encaminhadas para o estereoscópio para identificar visualmente os contaminantes quanto à cor, tamanho e forma. Dos 60 indivíduos (19 fêmeas, 27 fêmeas ovígeras e 14 machos) analisados, foram detectados MPs em 22 estômagos, com 34% de ocorrência e totalizando 34 partículas. As partículas foram classificadas com fibras (32%), fragmentos (32%) e filmes (35%), e com colorações diversas incluindo a cor preta (26%), transparente (6%), azul (32%), branca (6%) e vermelha (26%). Os contaminantes tiveram um comprimento médio de $0,53 \pm 0,78$ mm. Comparando a taxa de contaminação em diferentes profundidades e diferentes sexos, utilizou-se os resultados do teste de Kruskal-Wallis, que em todos os parâmetros não se diferiram significativamente, com exceção do consumo de fibras por parte de fêmeas ($0,41 \pm 0,60$) e fêmeas ovígeras ($0,07 \pm 0,26$) ($p=0,02$). A frequência de ocorrência de 34% foi semelhante a outras pesquisas com camarões carídeos e peneídeos, se diferenciando de um estudo que registrou 75% de ocorrência, ocorrido próximo às regiões urbanas e industriais. A contaminação na espécie estudada pode ser de forma direta ou através da predação de um organismo contaminado, já que se observou no capítulo 1 que a *A. curtirostris* é uma espécie predadora, com hábito especialista em crustáceos. O registro destes contaminantes em carídeos que habitam regiões profundas do oceano mostram a vulnerabilidade da

espécie, cuja informação sobre sua ecologia e biologia ainda é escassa. A diferença na contaminação de fibras entre fêmeas e fêmeas ovígeras, pode ser pela mudança do hábito alimentar causada pelo período de maturação, onde fêmeas durante o pico de desova tende à diminuir a atividade predatória, se alimentando mais entre os períodos de maturação dos ovos e período de desova, influenciando a taxa de contaminação. Assim como em outras pesquisas, a coloração azul é a mais frequente dos contaminantes. A hipótese da pesquisa foi rejeitada, pelo fato da contaminação não se diferenciar entre os sexos, profundidade e não se correlacionar com peso, comprimento total e peso do estômago para que haja um resultado mais robusto e se observe as reais conexão entre os dados.

Palavras-chave: Crustaceos pelágicos; Mar profundo; Poluição; Biodisponibilidade.

5.2 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios enfrentados no oceano profundo é a contaminação por resíduos antrópicos, entre eles se destaca os resíduos plásticos. Os resíduos plásticos são onipresentes no ambiente marinho (LUSHER et al., 2017) e acabam se fragmentando em pedaços menores, que são chamados de microplásticos quando possuem menos de 5 mm (GALLOWAY et al., 2017). Os microplásticos podem ser classificados de acordo com a sua origem em (i) primários: partículas intencionalmente fabricadas nesse tamanho para o uso na indústria de cosméticos, abrasivos industriais e como matéria prima na produção de diversos produtos (NEVES et al., 2015; LÓPEZ-MONROY, 2019) e (ii) secundários, resultantes da fragmentação e desgaste de partículas maiores pela ação intempérica como da interação com a biota, radiação solar, hidrodinâmica (THOMPSON et al., 2004; JAMBECK et al., 2015; GEWERT et al., 2015). Estes resíduos tendem a ser introduzidos no oceano principalmente pelos rios, esgotos e transportes atmosféricos (ALLEN et al., 2019; DE FALCO et al., 2019), bem como estuários (principais responsáveis por depósito de resíduos sólidos no oceano) principalmente em períodos chuvosos ou com maior vazão de rio (CHEUNG et al., 2016; LEBRETON et al., 2017).

Microplásticos podem atingir regiões mais profundas do oceano afundando naturalmente (e.g. polietileno tereftalato, policarbonato, poliuretano), ou podem chegar em mar profundo por incrustações em superfícies de organismos vivos ou aderência em partículas (neve marinha), que numa escala de semana ou meses podem afundar (LOBELLE & CUNLIFFE, 2011; ONINK et al., 2019; KVALE et al., 2020). Uma das consequências deste fenômeno é a disponibilidade deste contaminante para a biota marinha, dado o tamanho pequeno, ele pode ser facilmente confundido com as presas (CHUA et al., 2014).

Tomando como exemplo a pesquisa de Jamieson et al. (2019), registraram-se anfípodes contaminados por microplásticos nas maiores profundidades do oceano (7.000 a 11.000 m). Na pesquisa de BOS et al., 2019, foram realizadas análise de contaminação por microplástico, e uma das espécies com maior índice de contaminação está atrelada à *A. curtirostris*, supostamente por consequência do alto consumo de neve marinha. A ingestão dessas partículas está associada a vários efeitos adversos nos organismos, desde a diminuição da eficiência predatória, estresse oxidativo, disrupção endócrina e até a assimilação de metais pesados disponíveis no ambiente que podem ser adsorvidos pelos microplásticos (DE SÁ et al., 2015; BARBOZA et al., 2018).

Na região do talude continental amazônico, não há estudos de contaminação em organismos marinhos de profundidade, exemplos desses estudos envolvem peixes, moluscos e até mesmo cnidários ocorrem em regiões estuarinas ou superficiais da plataforma continental (MORAIS et al., 2020; PEGADO et al., 2020; SOLIÑO et al., 2022; PANTOJA et al., 2024). No Brasil pesquisas de contaminação por microplásticos em organismos de profundidades ocorreram no Sudeste e Nordeste do Brasil envolvendo peixes e moluscos (FERREIRA et al., 2022; JUSTINO, 2022; FERREIRA et al., 2023; JUSTINO et al., 2023). Porém, para o grupo de camarões carídeos e até mesmo da espécie *A. curtirostris*, não há pesquisas no Brasil de contaminação por microplástico.

Nas pesquisas envolvendo presença de microplástico na dieta de camarões carídeos de profundidade há respostas da influência do sexo, profundidades e ontogenia na taxa de contaminação por microplástico ou até mesmo plástico (CARRERAS-COLOM et al., 2018; BOS et al., 2023; LEILA & ANASTASOPOULOU, 2023).

Através dos estudos de contaminação em ambientes marinhos, é possível avaliar o status de saúde dos ecossistemas, delimitar as espécies mais vulneráveis e entender quais os mecanismos mais influentes no processo de contaminação (BELGRAD & GRIFFEN, 2016). Dessa Espera-se que o gradiente de profundidade e o sexo exerça um efeito sobre a taxa de contaminação por microplásticos nesta espécie,

dado que outros estudos demonstram que há diferenças entre sexo e profundidade na espécie *A. curtirostris* em BOS et al. (2023), assim como em camarões peneídeos mesopelágicos CARRERAS-COLOM et al. (2018; 2020).

5.3 METODOLOGIA

5.3.1 Análise de contaminação por microplástico

Para este capítulo foram utilizados exemplares da espécie *A. curtirostris*, coletados através do projeto Amazomix e que está detalhado da página 20 a 22. (INCLUIR ÁREA DE ESTUDO PARA O ARTIGO)

Dos 111 exemplares coletados, 60 indivíduos foram selecionados para a análise de contaminação por microplásticos. Esses organismos foram dissecados para a remoção do estômago, seguindo o mesmo procedimento utilizado para análise de conteúdo estomacal. Após a remoção, foi aplicado o protocolo de digestão proposto por JUSTINO et al. (2021), para a extração das partículas microplásticas no trato digestório; esse protocolo utiliza uma solução de hidróxido de sódio (NaOH/1MOL) para digerir a matéria orgânica, facilitando a identificação das partículas.

Antes da etapa de digestão das amostras, algumas medidas de precaução foram tomadas a fim de evitar ao máximo o risco de contaminação aérea, como por exemplo, uso de jaleco de algodão e luvas de látex descartáveis, em uma sala limpa, com limite de fluxo de pessoas durante as análises. Além disso, durante a etapa de extração, foram feitas amostras em branco para cada conjunto de 10 amostras, e todas as soluções utilizadas foram previamente filtradas.

As amostras selecionadas foram imersas na solução de NaOH, e levadas para a estufa a 60 °C durante 24 h. Após essa etapa, as amostras foram filtradas utilizando filtro de fibra de vidro de 47 mm (GF/F 0,7 µm © Whatman) através de um sistema de filtração acoplado a bomba à vácuo. Após a filtração, as amostras retornaram para a

estufa, para a secagem dos filtros. Em seguida, os filtros foram analisados para a identificação visual das partículas consideradas microplásticos, de acordo com a sua forma, tamanho e coloração, com o auxílio de um estereomicroscópio (© Zeiss Zen 3.2; Axiocam 105 Color) (JUSTINO et al., 2021; FERREIRA et al., 2023). Todas as partículas suspeitas de serem microplásticos foram contadas, fotografadas, e medidas em comprimento (mm).

5.3.2 Análises estatísticas

Para analisar os dados de contaminação nos camarões carídeos estudados, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, para testar se existem diferenças significativas entre o número, tamanho e forma das partículas e encontradas, em relação ao sexo e profundidade de captura, de acordo com a hipótese da pesquisa, já que os dados de microplásticos não atendem às premissas de normalidade. Também foi feita uma correlação de Spearman para avaliar se os dados de comprimento total do camarão, comprimento da carapaça, peso do camarão ou peso do estômago possuem influência na taxa de contaminação. Todas as análises foram conduzidas no programa R 4.3.2 (R CORE TEAM, 2023).

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Contaminação geral

Foram analisados 60 espécimes de *A. curtirostris*, possuindo comprimento total médio de $55,80 \pm 10,56$ mm e comprimento de cefalotórax médio de $14,60 \pm 3,48$ mm. Para o peso total, registrou-se uma média de $1,85 \pm 0,88$ g e o peso úmido do estômago de 0,08 gramas e desvio padrão de 0,08. Foram realizados 6 brancos de controle no total, dos quais 2 apresentaram contaminação, sendo duas fibras azuis. As partículas encontradas nos brancos contaminados foram desconsideradas nas análises das amostras subsequentes.

Dos 60 estômagos de *A. curtirostris* analisados, foram detectadas 34 partículas de microplástico em 22 indivíduos. Foram identificados três formatos de microplásticos: fibra, fragmento e filme. Para cores registra-se: vermelho, azul, transparentes, cinza e preto.

Identificadas as médias por indivíduo de $0,04 \pm 0,20$ fibras, $0,06 \pm 0,25$ fragmentos e $0,09 \pm 0,34$ filmes. As cores registradas nos contaminantes extraídos foram: cinza, preta, azul, vermelha, transparente e branca (Tabela 3).

Tabela 3: Média do número por indivíduo (\pm desvio padrão) e média do tamanho (mm) de microplástico extraído dos estômagos da espécie *Acanthephyra curtirostris* de acordo com cores e formas.

		Número	Tamanho
MPs		0,05 ($\pm 0,24$)	0,53 ($\pm 0,78$)
Forma	Fibra	0,04 ($\pm 0,20$)	1,13 ($\pm 0,96$)
	Fragmento	0,06 ($\pm 0,25$)	0,08 ($\pm 0,15$)
	Filme	0,07 ($\pm 0,29$)	0,20 ($\pm 0,25$)
Cor	Preto	0,08 ($\pm 0,29$)	0,19 ($\pm 0,14$)
	Azul	0,06 ($\pm 0,30$)	0,56 ($\pm 0,90$)
	Vermelho	0,07 ($\pm 0,25$)	0,42 ($\pm 0,86$)
	Cinza	0,02 ($\pm 0,12$)	1,08 ($\pm 0,94$)
	Transparente	0,04 ($\pm 0,20$)	0,74 ($\pm 0,61$)
	Branco	0,03 ($\pm 0,18$)	

Os contaminantes encontrados possuíam um comprimento médio de $0,53 \pm 0,78$ mm. Para fibras a média de tamanho foi de $1,13 \pm 0,96$ mm, fragmentos teve um tamanho médio de $0,08 \pm 0,15$ mm e filmes com $0,20 \pm 0,25$ mm (Tabela 3). Os comprimentos médios de cada cor estão disponíveis na tabela 3.

5.4.2 Contaminação por microplásticos de acordo com a profundidade

Foram analisados 15 organismos da profundidade de 500 metros, 18 organismos de 883 metros e 27 espécimes de 1000 metros. As formas de fibras e filmes apresentaram frequência de 50% na profundidade de 500 metros, filme foi a forma mais frequente na faixa de 883 metros com 43% de ocorrência e em regiões de 1000 metros a forma de fragmento contaminou os estômagos em 57% de ocorrência (Tabela 4). A ocorrência das cores em cada profundidade se caracterizou com: azul ocorrendo em 1000 m (67%), 883 m (36%) e 1000 m (21%), preto ocorrendo em 500 m (17%), 883 m (29%) e 1000 m (14%), vermelho ocorrendo apenas em 500 m (17%), cinza ocorrendo apenas em 883 m (7%), transparente com ocorrência em 883 m (7%) e 1000 m (7%) e branco ocorreu apenas em 1000 m (Tabela 5).

Tabela 4: Frequência de ocorrência (FO%) de microplástico nos estômagos da espécie *Acanthephyra curtirostris* de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.

		FO%		
Profundidade (metros)		500	883	1000
Forma	Fibra	50%	36%	21%
	Fragmento	0%	21%	57%
	Filme	50%	43%	21%
Cor	Preto	17%	29%	14%
	Azul	67%	36%	21%
	Vermelho	17%	0%	0%
	Cinza	0%	7%	0%
	Transparente	0%	7%	7%
	Branco	0%	0%	14%

Nas profundidades estudadas, que compreendem 500, 883 e 1000 metros, não se observou uma forma de microplástico dominante na contaminação dos camarões. As médias por indivíduo em 500 metros foi de $0,2 \pm 0,41$ fibras, de $0,2 \pm 0,56$ fragmentos, em 883 metros teve média por indivíduo de $0,33 \pm 0,76$ filmes e fragmentos e $0,27 \pm 0,57$ filmes e em 1000 metros teve a mesma média por indivíduo de fibras e filmes com os valores de $0,11 \pm 0,32$ e fragmento com média de $0,39 \pm 0,89$ (Tabela 5).

Sobre tamanhos de microplásticos, observa-se que em camadas mais rasas (500 m) os microplásticos tiveram tamanho média $0,64 \pm 1,03$ mm, em camadas de 883 metros apresentaram tamanho médio de $0,51 \pm 0,63$ mm e em camadas mais profundas (1000 metros) microplásticos mediram em média $0,46 \pm 0,85$ mm (Tabela 5).

Tabela 5 : Média do número por indivíduo (\pm desvio padrão) e média do tamanho (mm) de microplástico extraído dos estômagos da espécie *AcanthePHYRA curtirostris* de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.

		Média			Tamanho		
Profundidade (metros)		500	883	1000	500	883	1000
Forma	Fibra	0,2 ($\pm 0,41$)	0,27 $\pm 0,57$	0,11 ($\pm 0,32$)	1,2 ($\pm 1,38$)	0,92 ($\pm 0,73$)	1,52 ($\pm 1,14$)
	Fragmento	0	0,33 $\pm 0,76$	0,29 ($\pm 0,82$)	0,04 ($\pm 0,04$)	0,13 ($\pm 0,23$)	0,04 ($\pm 0,02$)
	Filme	0,2 ($\pm 0,56$)	0,33 $\pm 0,76$	0,11 ($\pm 0,32$)	0,21 ($\pm 0,01$)	0,25 ($\pm 0,37$)	0,10 ($\pm 0,03$)
Cor	Preto	0,10($\pm 0,40$)	0,11 ($\pm 0,31$)	0,04 ($\pm 0,19$)	0,23 ($\pm 0,08$)	0,21 ($\pm 0,22$)	0,10 ($\pm 0,04$)
	Azul	0,07($\pm 0,25$)	0,10 ($\pm 0,40$)	0,07 ($\pm 0,23$)	0,98 ($\pm 1,52$)	0,49 ($\pm 0,43$)	0,13 ($\pm 0,13$)
	Vermelho	0	0,06 ($\pm 0,22$)	0,07 ($\pm 0,23$)	0,01	0,25 ($\pm 0,38$)	0,88 ($\pm 1,17$)
	Cinza	0	0,06 ($\pm 0,22$)	0	0	0,68 ($\pm 0,23$)	0
	Transparente	0	0,11 ($\pm 0,38$)	0,02 ($\pm 0,16$)	1,13	1,44 ($\pm 0,94$)	0,02
	Branco	0	0	0,07 ($\pm 0,26$)	0	0	0

Não foram observadas diferenças significativas (Tabela 6) entre as médias por indivíduo de contaminantes nas faixas batimétricas ($p=0,48$), assim como não houve diferenças significativas no número de MPs por indivíduo da forma de fibra ($p=0,54$) e fragmento ($p=0,27$) nas profundidades de 500, 883 e 1000 metros (Fig. 14, 15 e 16).

Tabela 6: Teste de Kruskal-Wallis comparativo da ingestão de todos os microplásticos, fragmentos e fibras por indivíduo, entre as profundidades de 500, 883 e 1000 metros. Inclui os valores de Qui-quadrado, Grau de liberdade (df) e Probabilidade de significância (p).

Kruskal-Wallis				
	Microplástico	Qui-quadrado	df	p
Número (ind ⁻¹)	Total	1.42	2	0.48
	Fibra	1.97	2	0.54
	Fragmento	2.59	2	0.27

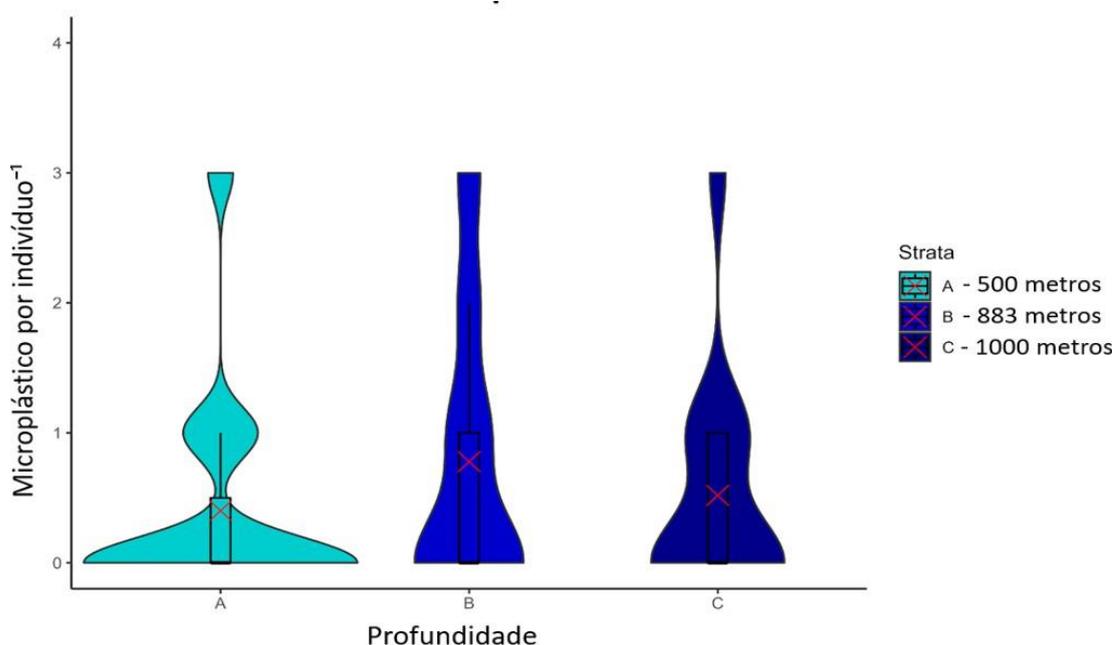


Figura 14: Número de MPs detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade do microplástico ingerido por camarões em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x, os pontos representam valores discrepantes e a cruz vermelha representa a média.

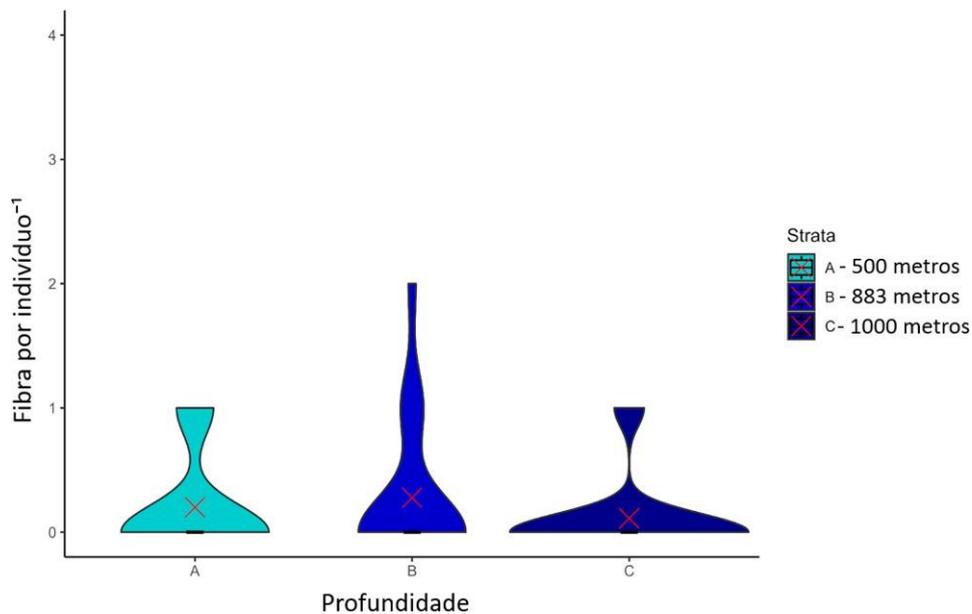


Figura 15: Número de fibras detectadas por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade das fibras ingeridas em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média.

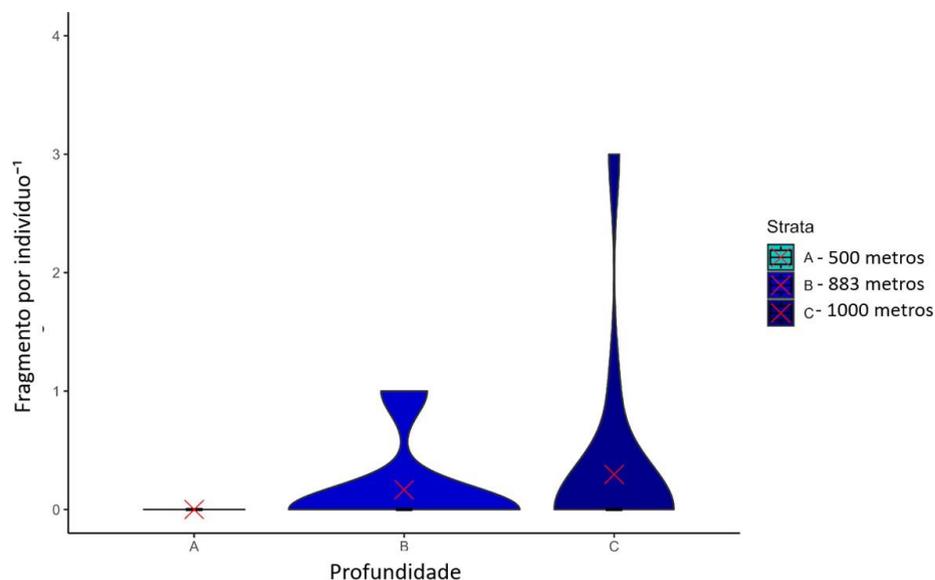


Figura 16: Número de fragmentos detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fragmento ingerido em diferentes profundidades como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média.

5.4.3 Contaminação por microplástico de acordo com o sexo

Foram analisados 15 organismos machos, 26 fêmeas ovígeras e 19 fêmeas. Fibras dominaram com 53% de ocorrência em fêmeas, já para fêmeas ovígeras dormiram fragmentos com 56% de ocorrência e para machos todas as formas tiveram ocorrência de 33%. As proporções dos contaminantes quanto às suas cores se destacam como sendo: preto ocorrendo em fêmeas ovígeras (25%) e fêmeas (33%), azul ocorrendo em fêmeas (40%), fêmeas ovígeras (31%) e machos (40%), vermelho somente em fêmeas (13%), cinza ocorreu em fêmeas (7%), transparente ocorreu em fêmeas (7%) e fêmeas ovígeras (6%) e branco ocorreu em fêmeas ovígeras (13%).

Tabela 7: Frequência de ocorrência (FO%) de microplástico nos estômagos da espécie *Acanthephyra curtirostris* de acordo com cores e formas, em diferentes profundidades.

		FO%		
Sexo		Fêmea	Fêmea ovígera	Macho
Forma	Fibra	53%	13%	33%
	Fragmento	7%	56%	33%
	Filme	40%	31%	33%
Cor	Preto	33%	25%	0%
	Azul	40%	31%	40%
	Vermelho	13%	0%	0%
	Cinza	7%	0%	0%
	Transparente	7%	6%	0%
	Branco	0%	13%	0%

As médias por indivíduo de cada forma de microplástico em diferentes sexos (Fig. 17), caracterizaram-se com fêmeas apresentando média de $0,41 \pm 0,60$ fibras, $0,05 \pm 0,22$ fragmentos e $0,31 \pm 0,74$ filmes, para fêmeas ovígeras tiveram média de $0,07 \pm 0,26$ fibras, $0,33 \pm 0,83$ fragmentos, $0,18 \pm 0,48$ filmes e as 3 formas de contaminante com mesma média em machos, ou seja $0,07 \pm 0,27$.

Tabela 8: Média do número por indivíduo (\pm desvio padrão) e média do tamanho (mm) de microplástico extraído dos estômagos da espécie *Acanthephyra curtirostris* de acordo com cores e formas, em diferentes sexos.

	Sexo	Média			Tamanho		
		Fêmea	Fêmea ovígera	Macho	Fêmea	Fêmea ovígera	Macho
Forma	Fibra	0,42 (\pm 0,60)	0,07 (\pm 0,26)	0,07 (\pm 0,27)	0,81 (\pm 0,68)	1,54 (\pm 1,40)	2,49 (\pm 1,06)
	Fragmento	0,05 (\pm 0,22)	0,33 (\pm 0,83)	0,07 (\pm 0,27)	0,14 (\pm 0,23)	0,03 (\pm 0,02)	0,03
	Filme	0,31 (\pm 0,74)	0,18 (\pm 0,48)	0,07 (\pm 0,27)	0,26 (\pm 0,37)	0,16 (\pm 0,11)	0,10
Cor	Preto	0,13 (\pm 0,34)	0,07 (\pm 0,33)	0	0,19 (\pm 0,19)	0,28 (\pm 0,04)	0
	Azul	0,11 (\pm 0,40)	0,05 (\pm 0,13)	0,2 (\pm 0,54)	0,05 (\pm 0,39)	0,29 (\pm 0,37)	3,25
	Vermelho	0,04 (\pm 0,18)	0,06 (\pm 0,25)	0,05 (\pm 0,21)	0,05 (\pm 0,04)	0,19 (\pm 0,31)	0,62 (\pm 0,96)
	Cinza	0,05 (\pm 0,22)	0	0	1,44 (\pm 0,94)	0,19 (\pm 0,04)	0
	Transparente	0,03 (\pm 0,16)	0,02 (\pm 0,13)	0	1,10 (\pm 0,04)	0	0
	Branco	0	0,07 (\pm 0,19)	0	0	0	0

De acordo com os resultados do teste de Kruskal-Wallis, não foram encontradas diferenças significativas no número de microplásticos ingeridos entre os sexos ($p=0,22$; Tabela 9). Comparando os números ingeridos em diferentes formas de microplásticos dentro dos sexos, houve diferenças na ingestão de fibras ($p=0,01$; Fig. 18), onde fazendo no teste de Dunn, especificamente houve diferenças na ingestão entre fêmeas e fêmeas ovígeras (Tabela 10). Na ingestão de fragmentos, não houve diferenças significativas ($p=0,30$), não se obtendo diferenças significativas (Fig. 19).

Tabela 9: Resultado do teste de Kruskal-Wallis comparando número de microplásticos, fibra e fragmento por indivíduo. Valores de qui-quadrado, Grau de liberdade (df) e p.

		Kruskal-Wallis			
		Microplástico	Qui-quadrado	df	p
Número (ind ⁻¹)	Total		29.58	2	0.22
	Fibra		8.19	2	0.01
	Fragmento		2.37	2	0.30

Tabela 10: Resultado do teste de Dunn comparando a ingestão de fibras por indivíduo entre os sexos. O teste trás os valores de z, P.unadj e P.adj.

		Dunn			
		Comparação	Z	P.unadj	P.adj
		Fêmeas - Machos	2.26	0.02	0.06
Número (ind ⁻¹)	Fêmeas - Fêmeas ovígeras	2.64	0.008	0.02	
	Fêmeas ovígeras - Machos	-0.02	0.98	1.00	

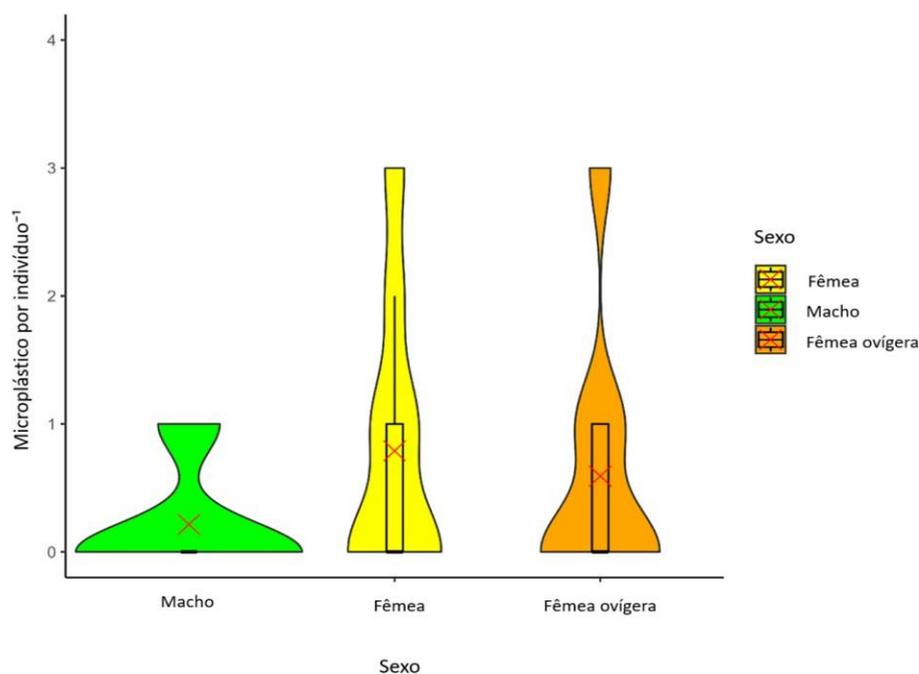


Figura 17: Número de MPs detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade do microplástico ingerido entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média.

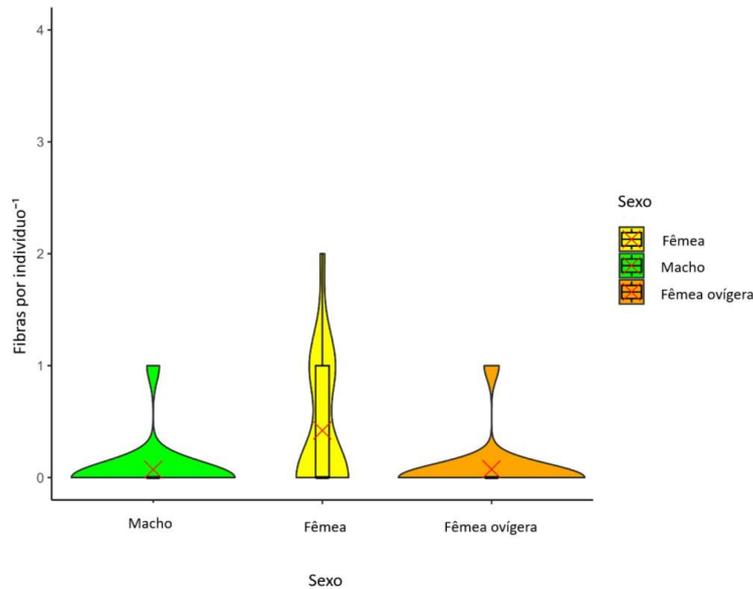


Figura 18: Número de fibras detectadas por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fibra ingerida entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média.

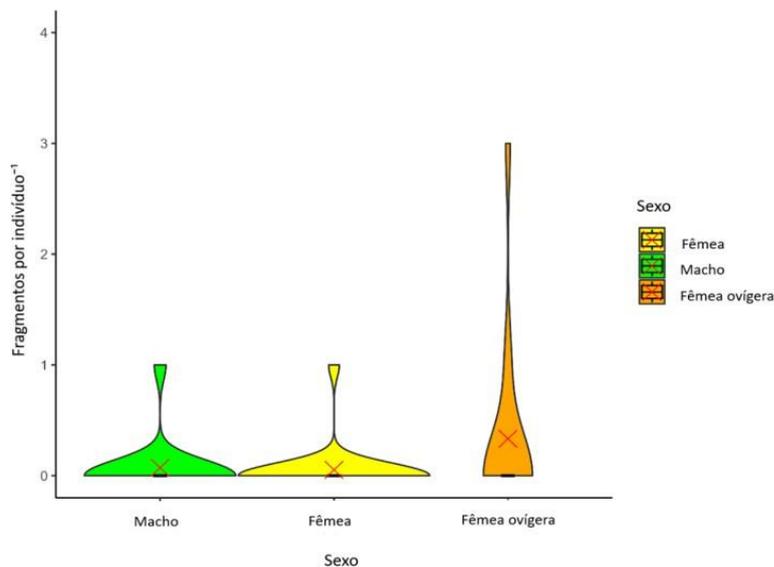


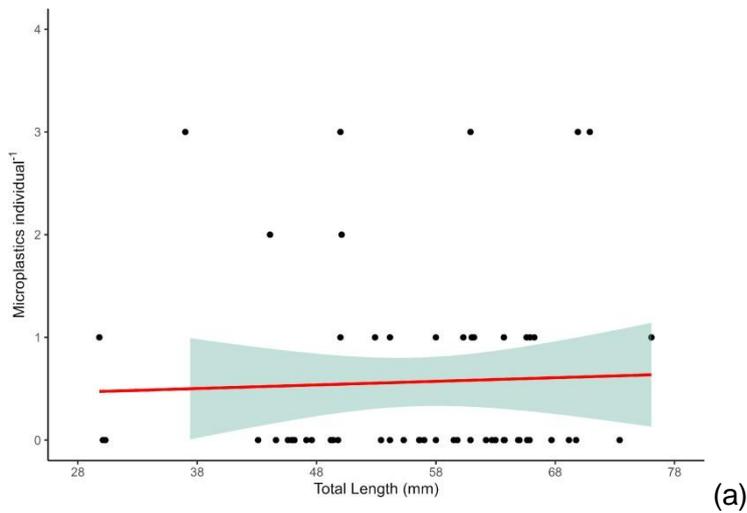
Figura 19: Número de fragmentos detectados por indivíduo na espécie *A. curtirostris* na região mesopelágica amazônica. Os gráficos de violino mostram a estimativa da densidade de fragmento ingerido entre os sexos como uma representação da distribuição de dados. A linha horizontal dentro dos gráficos de caixa mostra o intervalo interquartil, os bigodes mostram o intervalo interquartil de 1,5x e os pontos representam valores discrepantes, a cruz vermelha representa a média.

5.4.4 Correlação de Spearman

A correlação de Spearman foi utilizada para testar se o peso do estômago, comprimento total e peso total dos espécimes possuíam correlação com o número de microplásticos ingeridos. Como mostra a tabela 10 e a figura 20 os testes tiveram um resultado não significativo, ou seja, não há correlações na contaminação e estas variáveis.

Tabela 11: Resultados do teste de correlação de Spearman, aferindo o nível de correlação entre contaminação e parâmetros morfométricos.

Correlação de Spearman			
Dados morfométricos	S	p	Rho
Comprimento total (mm)	32323	0.4386	0.108883
Peso total (g)	33646	0.621	0.65131
Peso do estômago (g)	36650	0.8894	-0.018344



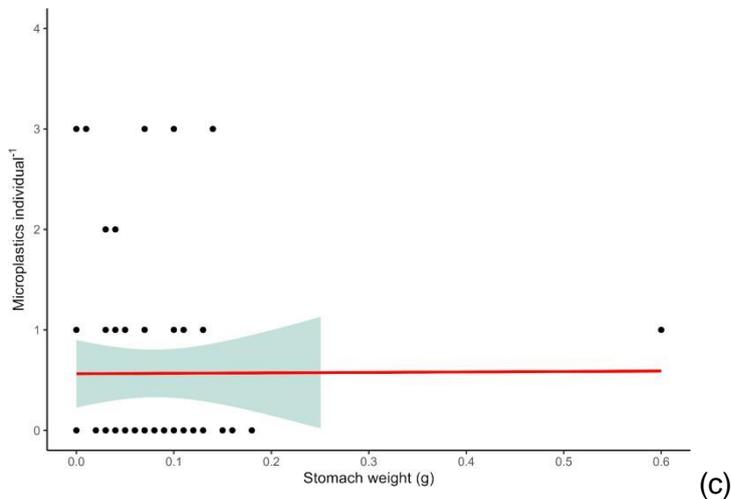
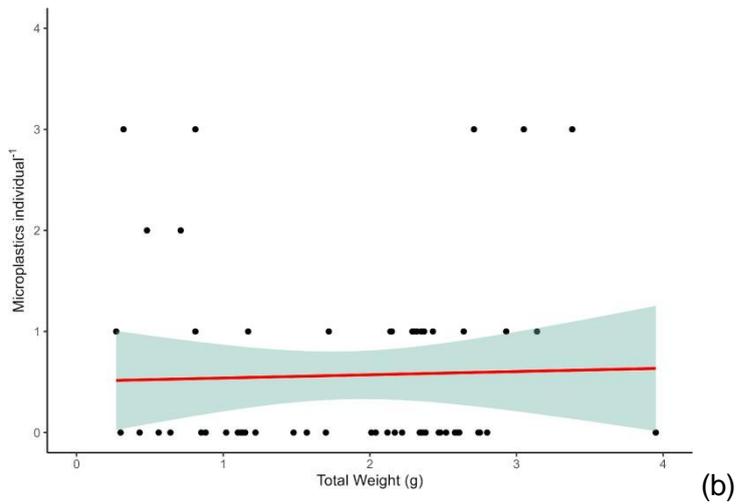


Figura 20: Regressão linear entre variáveis e número de microplásticos ingeridos, linha vermelha representa a equação da reta aferida através de uma regressão linear simples e o hachurado em azul indica o intervalo de confiança de 95%; (a) Correlação de Spearman entre comprimento total dos camarões e ingestão de microplástico; (b) Correlação de Spearman com o peso dos camarões e contaminação; (c) Correlação de Spearman utilizando peso dos estômagos e taxa de contaminação.

5.4.5 Proporção dos contaminantes quanto à cor e forma

Dentre os 60 estômagos analisados, 22 estômagos estavam contaminados, resultando em uma frequência de ocorrência de 34%. A ocorrência dos três tipos de microplástico (fragmento, fibra e filme; Fig. 22) foram semelhantes na contaminação dos estômagos da espécie estudada, apresentando 35% de ocorrência para filmes, 32% para fibras e 32% para filmes. Quanto às cores, a cor de microplástico mais frequente

foi azul com 32% de ocorrência, transparente e branca com 6% de ocorrência igualmente, a cor cinza com 3% de ocorrência e as cores preta e vermelha tiveram a mesma ocorrência com 26% (Fig. 21).

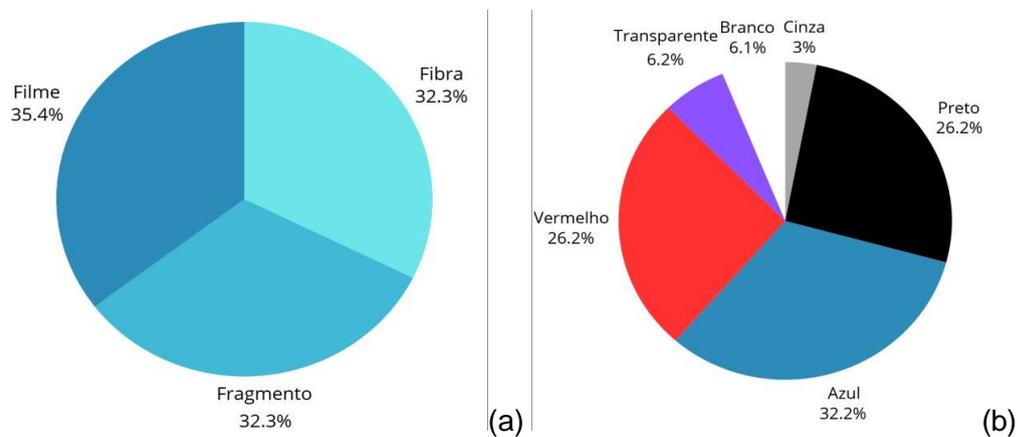


Figura 21: Frequência de ocorrência dos contaminantes em todos os estômagos analisados. (a) Ocorrência (%) dos contaminantes quanto à forma; (b) Ocorrência (%) das partículas quanto à cor.

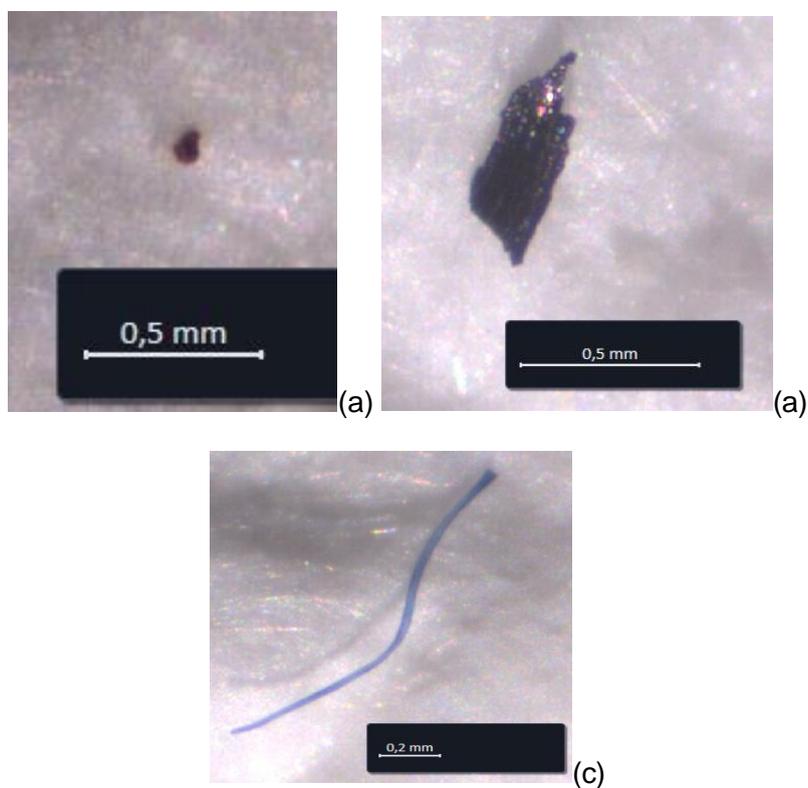


Figura 22: Fotos tiradas em estereoscópio (aproximação de 50 vezes), (a) Fibra azul (b) Fragmento vermelho; (c) Filme preto (partícula mais frequente nos registros).

5.5 DISCUSSÃO

Neste capítulo foi avaliado a contaminação por microplásticos no trato digestivo de camarões carídeos de profundidade, da espécie *A. curtirostris*, na região do Atlântico Norte, no Norte do Brasil. Pela primeira vez comprova a contaminação por microplástico em camarões carídeos na Região, trazendo novos dados de contaminação para a espécie, para a região de profundidade no Norte do Brasil e sobre a biodisponibilidade destes contaminantes.

Apesar da área de estudo estar distante de regiões urbanas, possui proximidade com o fluxo de descarga do Rio Amazonas, que é um importante veículo para o transporte de sedimento, matéria orgânica e nutrientes para o Atlântico Norte (GOES et al., 2014; MEDEIROS et al., 2015; PEREIRA et al., 2022). De acordo com LEBRETON et al. (2017) o Rio Amazonas disponibiliza cerca de 39.800 toneladas de resíduos sólidos por ano no oceano e por ação de processos oceanográficos como padrões circulatorios e advecção, é possível que haja a disposição de contaminantes das regiões costeiras, para áreas distantes e profundas do oceano (TUBAU et al., 2015; VAN CAUWENBERGHE et al., 2015; PEGADO et al., 2018; CARRERAS-COLOM et al., 2020).

Uma vez disponíveis em ambientes marinhos, os MPs podem causar danos às estruturas e funções dos ecossistemas, uma vez que organismos pelágicos podem ingerir o MP e transferir a contaminação através da cadeia alimentar (ERIKSEN et al., 2014; COURTENE-JONES et al., 2017; POHL et al., 2020). O registro de MPs nos estômagos de camarões mesopelágicos neste capítulo, indicam a vulnerabilidade da espécie nesses ecossistemas. Embora não existam informações disponíveis sobre os efeitos da ingestão de partículas de microplásticos no ambiente natural, estudos realizados em experimentos laboratoriais apontaram malefícios químicos e físicos no trato digestivo, como a obstrução do trato e abrasões internas para efeitos físicos, e

redução na fecundidade (LAW & THOMPSON, 2014; BROWNE et al., 2015; CARRERAS-COLON et al., 2018).

Os três tipos de microplásticos identificados neste estudo foram as fibras, fragmentos e filmes. As fibras podem ser oriundas da fragmentação de redes de pesca de poliamida, ou de tecidos sintéticos de poliéster, onde durante a lavagem ou produção têxtil com esse material, são liberadas pequenas partes desses tecidos (que são fibras de microplástico propriamente ditas) em corpos d'água, sendo assim transportadas para o ambiente marinho e de profundidade (RE, 2019; CAI et al., 2020; ACHARYA et al., 2021). Algumas das principais origens dos fragmentos de microplásticos, são as embalagens de uso único, como as garrafas plásticas, onde uma vez descartados no mar sofrem ações intempéricas de microorganismos, radiação UV e até pressão hidrostática em ambientes de mar profundo, disponibilizando essa forma de plástico para ambiente marinho e tratos digestivos de organismos marinhos (BARNES et al., 2009; ACHARYA et al., 2021). Os filmes por sua vez, possuem origem derivada de sacolas plásticas, invólucros ou tinta (ZHOU et al., 2018; ACHARYA et al., 2021), podendo ser constituído de polietileno (de baixa ou alta densidade) e polipropileno (VEGA-MORENO et al., 2021; POULAIN et al., 2018).

Foi observada uma frequência de ocorrência de microplástico de 34% no trato digestivo dos camarões analisados, semelhante ao resultado ao aferido por BOS et al. (2023) em camarões carídeos (habitantes de regiões de 600 a 1200 metros de profundidade) com proporção de 29% na região do Golfo do México, onde os organismos estudados incluem a espécie *A. curtirostris* e espécies da família Acanthephyridae, que possuem mesmo hábito alimentar e alguns não são migradores verticais. Em outros estudos de contaminação em camarões peneídeos de profundidade no Atlântico Norte, na Região do Mediterrâneo LEILA et al., (2023) aferiu na espécie *Aristaeomorpha foliacea* a ocorrência de 14,9%, CARRERAS-COLOM et al. (2018) observou que a espécie *Aristeus antennatus* teve 39,2% de estômagos contaminados e

CARRERAS-COLOM et al., (2020) aferiu na mesma espécie a porcentagem de 75,1%. Em CARRERAS-COLOM et al. (2020) a contaminação atingiu a maior proporção, possivelmente em razão da região de estudo ocorrer próxima às áreas industriais e urbanas, onde possuem muito mais influência antrópica comparada com a área de estudo da atual pesquisa.

Camarões peneídeos pelágicos de profundidade, possuem hábito alimentar semelhante aos camarões carídeos, ou seja são zooplactívoros e predadores, sendo assim possível fazer um comparativo da contaminação por microplástico nesses dois grupos, em ambientes de profundidade (RAJASREE & KURUPBURUKOVSKY, 2011; 2017; PARAMASIVAM et al., 2020). Em ambientes de profundidade, camarões pelágicos tendem a ocupar níveis tróficos que variam entre intermediários e altos na cadeia alimentar (MURALIDHARAN et al., 2023).

Estudos como CARRERAS-COLOM et al. (2018), D'IGLIO et al. (2022) e BOS et al. (2023) o contaminante mais frequente na espécie *A. curtirostris*, camarões peneídeos de profundidade são fibras. Apesar da forma de microplástico mais frequente ser filme na atual pesquisa, os demais microplásticos tiveram proporções muito semelhantes, sendo assim a fibra teve um elevado impacto na contaminação dos organismos. Assim como demonstra as pesquisas em camarões pelágicos microplásticos que possuem a forma de fibras são os tipos mais comuns encontrados em não apenas camarões mesopelágicos, mas em organismos e ecossistemas marinhos (LA DAANA et al., 2018; LIMA et al., 2021; JUSTINO, 2022).

Com as informações inéditas obtidas no primeiro capítulo, observou-se que a espécie *A. curtirostris*, habitante de regiões que variam de 500 metros a 1000 metros, é uma espécie predadora, especialista em crustáceos menores e/ou decápodes. Dessa forma, a espécie estudada pode ser contaminada pelo consumo direto do microplástico ou de forma indireta por meio da transferência trófica ao preda organismos contaminados (DESFORGES et al., 2015; D'IGLIO et al., 2022).

Tomando como base exemplos de efeitos químicos a nível celular em camarões carídeos, SILVA (2024) observou que microplásticos podem carregar resíduos químicos em sua composição como poluentes orgânicos persistentes (POPs) que são liberados no trato digestivo do camarão, se impregnando na gordura do tecido muscular gerando efeitos negativos a longo prazo. Além deste exemplo, SAMBUROWSKI et al. (2022) constatou estresse oxidativo no tecido epitelial, após o contaminante ser ingerido, passar do estômago e entrar em contato com a glândula do intestino médio, pode causar efeitos adversos nos componentes celulares como proteína, lipídio e até mesmo DNA (TURRENS, 2003).

Analisando comparativamente a contaminação entre os sexos, os resultados indicaram diferenças na taxa de contaminação entre os fêmeas e fêmeas ovígeras na ingestão de fibras, assim como no primeiro capítulo se constatou também mudança no hábito alimentar de fêmeas para fêmeas ovígeras. A mudança no hábito alimentar, e conseqüentemente na taxa de contaminação, pode estar relacionado à maturação, que as fêmeas de camarões carídeos durante o pico de desova diminuem o nível de alimentação, possuindo a sua plenitude em períodos de maturação dos ovos até o período de desova, os machos por sua vez possuem uma intensa atividade alimentar independente de qualquer fator reprodutivo, o que pode influenciar diretamente a taxa de contaminação por microplástico (KAPIRIS et al., 2010; LEILA, SEDLÁČEK & ANASTASOPOULOU, 2023).

Neste capítulo observou-se que em profundidades maiores tiveram a presença de microplásticos menores contaminando os camarões, com picos de contaminação na profundidade de 883 metros. No capítulo 1, os resultados indicam que não há mudança no hábito alimentar entre as profundidades, algo semelhante ao que se aferiu neste capítulo, ou seja, não há mudança na taxa de contaminação entre faixas batimétricas. Dessa forma, apesar de não haver diferenças significativas entre os números de microplástico por indivíduo não houve contaminação uniforme, seja por degradação do

microplástico ou por processos oceanográficos que vão influenciar o transporte e disposição desse contaminante para os organismos ao longo dos anos e em várias faixas batimétricas (MIQUEL et al., 1994; CARRERAS-COLOM et al., 2020; FERREIRA et al., 2022).

Algo importante a relatar é a ausência de fragmentos na profundidade de 500 metros. Fragmentos de microplástico tendem a ser o segundo contaminante mais frequente nas amostras de contaminação de camarões pelágicos de profundidade, como observado em estudos no Atlântico Norte (BOS et al., 2023, CAU et al., 2019), podendo ser a menor parte dos contaminantes BONO et al., (2020), ou inexistente DEVRIESE et al., (2015), assim como o resultado da pesquisa. Para aferir essa divergência, é necessário um N amostral maior de camarões pelágicos, conferindo quais as principais formas de contaminantes em 500 metros ou em profundidades mais rasas, ou se de fato, não existe ocorrência do fragmento.

Os contaminantes da cor azul dominaram em 32,2%. Este estudo indica resultados similares a outros estudos, como BOS et al., (2023), observou em camarões carídeos e peneídeos a dominância do contaminante da cor azul nos estômagos, já no sudeste do Atlântico cefalópodes apresentam como segunda coloração de contaminante mais frequente FERREIRA, et al. (2022). Existe também semelhança com estudos envolvendo coleta de microplástico no Atlântico envolvendo regiões de profundidade, com maior parte de contaminantes azuis (VEGA-MORENO et al., 2021). O autor ORY et al., (2017) estima que os predadores planctívoros estudados, confundam microplástico azul com copépodes de coloração azul, onde para esta pesquisa é importante que haja novos estudos investigando se a espécie *A. curtirostris* ou camarões planctívoros e carnívoros de profundidade, possuem preferência por microplásticos azuis, confundindo com uma potencial presa, ou se as presas desta espécie consomem microplásticos azuis.

Os pesos totais, peso do estômago e comprimento total do camarão não possuem correlação com a contaminação indicando, que todos os camarões independente das variáveis são contaminados. Em estudos de camarões profundidade do Atlântico Norte, não teve correlações positivas entre variáveis morfométricas e contaminação de carídeos (DEVRIESE et al., 2015) e peneídeos (CARRERAS-COLOM et al., 2018; CARRERAS-COLOM et al., 2020; D'IGLIO et al., 2022). Para aferir se há alguma correlação positiva entre morfometria e contaminação, é necessário que haja um maior número de amostras e investigação quanto à ontogenia na estratégia alimentar da espécie *A. curtirostris*.

5.6 CONCLUSÃO

Pela primeira vez, foi realizada uma pesquisa de contaminação em camarões carídeos de profundidade na região mesopelágica do talude amazônico. Avaliou-se que em todas as profundidades estudadas (500, 883 e 1000 metros) há contaminação por microplástico, assim como em machos, fêmeas e fêmeas ovígeras. As formas de microplásticos e cores não se diferenciam entre si, não havendo dominância de uma forma ou cor, já que a ocorrência de cada uma foi semelhante entre si.

A biodisponibilidade destes contaminantes pode ser evidenciada pelo transporte desses resíduos por ação do Rio Amazonas, e por processos oceanográficos que irão disponibilizar estes contaminantes em regiões de profundidade. Evidencia-se que o registro de microplástico em regiões entre 500 metros e 1000 metros em organismos pelágicos, distante de regiões urbanas, é dado alarmante sobre a contaminação oceânica e biodisponibilidade do microplástico até mesmo para organismos de profundidade, podendo atingir inclusive camarões de profundidade comerciais.

A hipótese do trabalho foi rejeitada, já que a contaminação em faixas batimétricas não se diferencia entre si, assim como na contaminação entre os sexos não houve diferenças significativas. Porém, mesmo com apenas 60 indivíduos

analisados, as fêmeas se diferenciam significativamente de fêmeas ovígeras na ingestão de fibras, comprovando a mudança de hábito e estratégia alimentar entre fêmeas e fêmeas ovígeras.

Apesar de se validar a contaminação na região de profundidade do talude amazônico, o N amostral foi um pouco baixo. Dessa forma se faz necessário uma amostragem, na região estudada, com maior número de indivíduos da espécie *A. curtirostris*, para analisar uma potencial conexão entre as variáveis abióticas e bióticas, aferindo o que influencia a taxa de contaminação por microplástico na espécie e ter um resultado mais robusto.

5.7 REFERÊNCIAS

ACHARYA, S., RUMI, S. S., HU, Y., & ABIDI, N.. Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: A review. **Textile Research Journal**, v. 91, n. 17-18, p. 2136-2156, 2021.

AMORIM, J. P. M. de. **Variabilidade do alcance setentrional da Água Intermediária Antártica no Atlântico**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARNES, D. K., GALGANI, F., THOMPSON, R. C., & BARLAZ, M.L. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 364, p. 1985-1998, 2009.

ALLEN, S., ALLEN, D., PHOENIX, V.R., LE ROUX, G., DUR'ANTEZ JIM'ENEZ, P., SIMONNEAU, A., BINET, S., GALOP, D. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 5, p. 339-344, 2019.

BARBOZA, L. G. A. VIEIRA, L. R., BRANCO, V., FIGUEIREDO, N., CARVALHO, F., CARVALHO, C., & GUILHERMINO, L. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury

in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). **Aquatic toxicology**, v. 195, p. 49-57, 2018.

BELGRAD, B.A. & GRIFFEN, B.D. Predator–prey interactions mediated by prey personality and predator hunting mode. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1828, p. 20160408, 2016.

BOS, Ryan P. The Association between Stomach Fullness and Vertical Migration Behavior in Deep-Pelagic Crustaceans and Fishes in the Gulf of Mexico, with Notes on **Microplastic Ingestion**. 2019.

BOS, R. P., ZHAO, S., SUTTON, T. T., & FRANK, T. M. Microplastic ingestion by deep-pelagic crustaceans and fishes. **Limnology and Oceanography**, v. 68, n. 7, p. 1595-1610, 2023.

BROWNE, M. A., UNDERWOOD, A. J., CHAPMAN, M. G., WILLIAMS, R., THOMPSON, R. C., & VAN FRANEKER, J. A. Linking effects of anthropogenic debris to ecological impacts. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1807, p. 20142929, 2015.

CAI, Y., YANG, T., MITRANO, D. M., HEUBERGER, M., HUFENUS, R., & NOWACK, B. Systematic study of microplastic fiber release from 12 different polyester textiles during washing. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 8, p. 4847-4855, 2020.

COURTENE-JONES, W., QUINN, B., GARY, S. F., MOGG, A. O., & NARAYANASWAMY, B. E. Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. **Environmental pollution**, v. 231, p. 271-280, 2017.

BURUKOVSKY, R. N. Distribution, reproduction, and feeding of West African shrimp *Plesionika carinata* Holthuis, 1951 (Decapoda, Pandalidae). **Oceanology**, v. 57, p. 668-674, 2017.

CARRERAS-COLOM, E. CONSTENLA, M., SOLER-MEMBRIVES, A., CARTES, J. E., BAEZA, M., & CARRASSÓN, M. A closer look at anthropogenic fiber ingestion in *Aristeus antennatus* in the NW Mediterranean Sea: Differences among years and locations and impact on health condition. **Environmental Pollution**, v. 263, p. 114567, 2020.

CARRERAS-COLOM, E., CONSTENLA, M., SOLER-MEMBRIVES, A., CARTES, J. E., BAEZA, M., PADRÓS, F., & CARRASSÓN, M. Spatial occurrence and effects of microplastic ingestion on the deep-water shrimp *Aristeus antennatus*. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 44-52, 2018.

CAU, A., AVIO, C. G., DESSÌ, C., FOLLESA, M. C., MOCCIA, D., REGOLI, F., & PUSCEDDU, AL. Microplastics in the crustaceans *Nephrops norvegicus* and *Aristeus antennatus*: flagship species for deep-sea environments?. **Environmental Pollution**, v. 255, p. 113107, 2019.

CHEUNG, Pui Kwan; CHEUNG, Lewis Ting On; FOK, Lincoln. Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in the estuary of a subtropical macro-scale drainage basin in South China. **Science of The Total Environment**, v. 562, p. 658-665, 2016.

D'IGLIO, C., DI FRESCO, D., SPANÒ, N., ALBANO, M., PANARELLO, G., LAFACE, F., FAGGIO, C.,* , CAPILLO G. & SAVOCA, S. Occurrence of anthropogenic debris in three commercial shrimp species from South-Western Ionian Sea. **Biology**, v. 11, n. 11, p. 1616, 2022.

DE FALCO, F., DI PACE, E., COCCA, M., AVELLA, M., The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 6633, 2019.

DE SÁ, L. C., LUÍS, L. G., & GUILHERMINO, L. Effects of microplastics on juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): confusion with prey, reduction of the predatory performance and efficiency, and possible influence of developmental conditions. **Environmental pollution**, v. 196, p. 359-362, 2015.

DESFORGES, J. W.; GALBRAITH, M.; ROSS, P. S. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 69, p. 320-330, 2015.

DEVRIESE, L. I., VAN DER MEULEN, M. D., MAES, T., BEKAERT, K., PAUL-PONT, I., FRÈRE, L., ROBBENS, J. & VETHAAK, A. D. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. **Marine pollution bulletin**, v. 98, n. 1-2, p. 179-187, 2015.

DOS SANTOS QUEIROZ, A. F., DA CONCEIÇÃO, A. S., CHELAZZI, D., ROLLNIC, M., CINCINELLI, A., GIARRIZZO, T., & MARTINELLI FILHO, J. E. First assessment of microplastic and artificial microfiber contamination in surface waters of the Amazon Continental Shelf. **Science of the Total Environment**, v. 839, p. 156259, 2022.

ERIKSEN, M., LEBRETON, L. C., CARSON, H. S., THIEL, M., MOORE, C. J., BORERRO, J. C., GALGANI, F., RYAN, P. G. & REISSER, J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. **PloS one**, v. 9, n. 12, p. e111913, 2014.

FERREIRA, G. VB, JUSTINO, A. K., EDUARDO, L. N., LENOBLE, V., FAUVELLE, V., SCHMIDT, N., VASKE, J. T. THIERRY, F. & LUCENA-FRÉDOU, F. Plastic in the inferno: Microplastic contamination in deep-sea cephalopods (*Vampyroteuthis infernalis* and *Abralia veranyi*) from the southwestern Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, p. 113309, 2022.

FERREIRA, G. V., JUSTINO, A. K., EDUARDO, L. N., SCHMIDT, N., MARTINS, J. R., MÉNARD, F., VINCENT, F. MICHAEL, M. M., & LUCENA-FRÉDOU, F. Influencing factors for microplastic intake in abundant deep-sea lanternfishes (Myctophidae). **Science of The Total Environment**, v. 867, p. 161478, 2023.

GALLOWAY, T.S.; COLE, M.; LEWIS, C.; Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature ecology & evolution**, v. 1, n. 5, p. 1-8, 2017.

GOES, J. I. H., CHEKALYUK, A. M., CARPENTER, E. J., MONTOYA, J. P., COLES, V. J., YAGERE, P. L., BERELSONF, W. M., CAPONEG, D. G., FOSTERH, R. A., STEINBERGI, D. K., SUBRAMANIAM, A. & HAFEZ, M. A. Influence of the Amazon River discharge on the biogeography of phytoplankton communities in the western tropical north Atlantic. **Progress in Oceanography**, v. 120, p. 29-40, 2014.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARYAN, R., & LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.

JAMIESON, A. J.; Brooks, L. S. R.; Reid, W. D.; Piertney, S. B.; Narayanaswamy, B. E. & Linley, T. D. Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. **Royal Society open Science**, v. 6, n. 2, p. 180667, 2019.

JUSTINO, A. K. S. **From the estuary to the deep sea: microplastic contamination of fishes from Southwestern Tropical Atlantic**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022.

JUSTINO, A. K., FERREIRA, G. V., FAUVELLE, V., SCHMIDT, N., LENOBLE, V., PELAGE, L., & LUCENA-FRÉDOU, F. Exploring microplastic contamination in reef-associated fishes of the Tropical Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 192, p. 115087, 2023.

JUSTINO, A. K., LENOBLE, V., PELAGE, L., FERREIRA, G. V., PASSARONE, R., FRÉDOU, T., & FRÉDOU, F. L. Microplastic contamination in tropical fishes: An assessment of different feeding habits. **Regional Studies in Marine Science**, v. 45, p. 101857, 2021.

KAPIRIS, K. THESSALOU-LEGAKI, M., PETRAKIS, G., & CONIDES, A. Ontogenetic shifts and temporal changes in the trophic patterns of the deep-sea red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea* (Decapods: Aristeidae), in the Eastern Ionian Sea (Eastern Mediterranean). **Marine Ecology**, v. 31, n. 2, p. 341-354, 2010.

KVALE, K., PROWE, A. F., CHIEN, C. T., LANDOLFI, A., & OSCHLIES, A. The global biological microplastic particle sink. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

LA DAANA, K. K. GÅRDFELDT, K., LYASHEVSKA, O., HASSELLÖV, M., THOMPSON, R. C., & O'CONNOR, I. Microplastics in sub-surface waters of the Arctic Central Basin. **Marine pollution bulletin**, v. 130, p. 8-18, 2018.

LAW, K. L., & THOMPSON, R. C. Microplastics in the seas. **Science**, v. 345, n. 6193, p. 144-145, 2014.

LEBRETON, L. C., VAN DER ZWET, J., DAMSTEEG, J. W., SLAT, B., ANDRADY, A., & REISSER, J. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 15611, 2017.

LEILA, B.; SEDLÁČEK, P.; ANASTASOPOULOU, A. Plastic pollution in the deep-sea Giant red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea*, in the Eastern Ionian Sea; an alarm point on stock and human health safety. **Science of The Total Environment**, v. 877, p. 162783, 2023.

LIMA, A.R. FERREIRA, G. V., BARROWS, A. P., CHRISTIANSEN, K. S., TREINISH, G., & TOSHACK, M. C. Global patterns for the spatial distribution of floating microfibers: Arctic Ocean as a potential accumulation zone. **Journal of Hazardous Materials**, v. 403, p. 123796, 2021.

LOBELLE, D. & CUNLIFFE, M. Early microbial biofilm formation on marine plastic debris. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 1, p. 197-200, 2011.

LÓPEZ-MONROY, F. Microplásticos en el ambiente marino. **Saber**, v. 31, p. 66-81, 2019.

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, 2013.

MEDEIROS, P. M. SEIDEL, M., WARD, N. D., CARPENTER, E. J., GOMES, H. R., NIGGEMANN, J., KRUSCHE, A. V., RICHEY, J. E., YAGER, P. L. & DITTMAR, T. Fate

of the Amazon River dissolved organic matter in the tropical Atlantic Ocean. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 29, n. 5, p. 677-690, 2015.

MIQUEL, J.C., FOWLER, S.W., LA ROSA, J., BUAT-MENARD, P. Dynamics of the downward flux of particles and carbon in the open northwestern Mediterranean Sea. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 41, n. 2, p. 243-261, 1994.

MORAIS, L. M. S., SARTI, F., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., GIARRIZZO, T., & MARTINELLI FILHO, J. E.. The sea anemone *Bunodosoma cangicum* as a potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 114817, 2020.

MURALIDHARAN, A. A., CHAKRABORTY, R. D., CHAKRABORTY, K., & DHARA, S. Trophic ecology and diet of the deep-sea penaeid shrimp *Metapenaeopsis andamanensis* (Wood-Mason in Wood-Mason and Alcock, 1891) by fatty acid signatures and stomach content analysis. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 200, p. 104135, 2023.

NEVES, D., SOBRAL, P., FERREIRA, J. L., & PEREIRA, T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. **Marine pollution bulletin**, v. 101, n. 1, p. 119-126, 2015.

ONINK, V., WICHMANN, D., DELANDMETER, P., & VAN SEBILLE, E. The role of Ekman currents, geostrophy, and stokes drift in the accumulation of floating microplastic. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 124, n. 3, p. 1474-1490, 2019.

ORY, N. C., SOBRAL, P., FERREIRA, J. L., & THIEL, M. Amberstripe scad *Decapterus muroadsi* (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre. **Science of the Total Environment**, v. 586, p. 430-437, 2017.

PANTOJA, J. C. D., DE OLIVEIRA, A. E. P., FERREIRA, M. A. P., DA COSTA, L. P., NUNES, Z. M. P., & DA ROCHA, R. M. First register of microplastic contamination in

oysters (*Crassostrea gasar*) farmed in Amazonian estuaries. **Marine Pollution Bulletin**, v. 201, p. 116182, 2024.

POHL, F. EGGENHUISEN, J. T., KANE, I. A., & CLARE, M. A. Transport and burial of microplastics in deep-marine sediments by turbidity currents. **Environmental science & technology**, v. 54, n. 7, p. 4180-4189, 2020.

RAJASREE, SR R.; KURUP, B. M. Food and feeding habits of deepsea pandalid prawns *Heterocarpus gibbosus*, Bate 1888 and *Heterocarpus woodmasoni*, Alcock off Kerala, south India. **Indian Journal of Fisheries**, v. 58, n. 3, p. 45-50, 2011.

RE, V. Shedding light on the invisible: addressing the potential for groundwater contamination by plastic microfibers. **Hydrogeology Journal**, v. 27, n. 7, p. 2719-2727, 2019.

PEGADO, T. S. E. S., SCHMID, K., WINEMILLER, K. O., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., DEI, L., & GIARRIZZO, T. First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 814-821, 2018.

PEGADO, T. T., BRABO, L., SCHMID, K., SARTI, F., GAVA, T. T., NUNES, J., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A. & GIARRIZZO, T. . Ingestion of microplastics by *Hypanus guttatus* stingrays in the Western Atlantic Ocean (Brazilian Amazon Coast). **Marine Pollution Bulletin**, v. 162, p. 111799-111799, 2020.

PEREIRA, T. J.; CASTELLÕES, P. V.; NETTO, S. A. Amazon River discharge impacts deep-sea meiofauna. **Limnology and Oceanography**, v. 67, n. 10, p. 2190-2203, 2022.

POULAIN, M., MERCIER, M. J., BRACH, L., MARTIGNAC, M., ROUTABOUL, C., PEREZ, E., DESEJAN, M. C. & TER HALLE, A. Small microplastics as a main contributor to plastic mass balance in the North Atlantic subtropical gyre. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 3, p. 1157-1164, 2018.

SILVA, G. S. **Micropollutants in the deep sea: influence of feeding mode on microplastic intake by benthic organisms and detection of persistent organic**

pollutants in biological and sediment samples. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2024.

SOLIÑO, Lucía et al. Microplastic occurrence in deep-sea fish species *Alepocephalus bairdii* and *Coryphaenoides rupestris* from the Porcupine Bank (North Atlantic). **Science of The Total Environment**, v. 834, p. 155150, 2022.

THOMPSON, R.C., OLSON, Y., MITCHELL, R.P., DAVIS, A., ROWLAND, S.J., JOHN, A.W.G., MCGONIGLE, D., RUSSELL, A.E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science** 304, 838, 2004.

TUBAU, X., CANALS, M., LASTRAS, G., RAYO, X., RIVERA, J., & AMBLAS, D. Marine litter on the floor of deep submarine canyons of the Northwestern Mediterranean Sea: the role of hydrodynamic processes. **Progress in Oceanography**, v. 134, p. 379-403, 2015.

TURRENS, J. F. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. **The Journal of physiology**, v. 552, n. 2, p. 335-344, 2003.

VAN CAUWENBERGHE, L., CLAESSENS, M., VANDEGEHUCHTE, M. B., & JANSSEN, C. R.. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. **Environmental pollution**, v. 199, p. 10-17, 2015.

VEGA-MORENO, D., ABAROA-PÉREZ, B., REIN-LORING, P. D., PRESAS-NAVARRO, C., FRAILE-NUEZ, E., & MACHÍN, F. Distribution and transport of microplastics in the upper 1150 m of the water column at the Eastern North Atlantic Subtropical Gyre, Canary Islands, Spain. **Science of The Total Environment**, v. 788, p. 147802, 2021.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Estudos sobre camarões carídeos pelágicos de profundidade, sempre demonstraram um caráter alimentar voraz, baseado em crustáceos e peixes, em

diferentes regiões do oceano, períodos e até mesmo profundidades, algo que se foi confirmado no atual estudo. O camarão carídeo da espécie *Acantheephyra curtirostris*, apresentou caráter alimentar carnívoro especialista em crustacea com mollusca, Actinopterygii e muita presença de matéria orgânica não identificada que poderá ser o item crustacea digerido, devido à rápida digestão presente em decápodes.

Independente do sexo (fêmeas, fêmeas ovígeras e machos) e profundidade (500, 883 e 1000 metros) a espécie teve caráter alimentar carnívoro, se rejeitando a hipótese de que o sexo e a profundidade influenciariam no hábito alimentar da espécie. Porém, se observa que fêmeas se diferenciam de fêmeas ovígeras nos testes de Kruskal-Wallis, onde fêmeas ovígeras durante as análises fêmeas ovígeras apresentaram muitas vezes estômagos vazios, mas muita presença de gordura, havendo uma possível mudança na estratégia alimentar por consequência do ciclo reprodutivo.

O caráter alimentar da espécie influenciará a taxa de contaminação por microplástico, já que a espécie é carnívora tem-se o risco de haver contaminação ao ingerir uma presa contaminada ou até mesmo pelo consumo direto do contaminante. A presença de microplástico no estômago de organismos mesopelágicos habitantes de regiões distantes do ambiente urbano é um dado alarmante, e indica a vulnerabilidade da espécie e até mesmo dos organismos pelágicos de profundidade para o contaminante, que pode trazer consequências danosas físicas e químicas.

Foram identificados nos estômagos 3 formas de microplásticos: fibras, fragmentos e filmes, onde profundidade, sexo e até mesmo morfometria não apresentaram influências na ocorrência dos contaminantes nem mesmo na contaminação por microplástico, rejeitando a hipótese para o capítulo 2. Assim como no capítulo 1, o teste de Kruskal-Wallis identificou diferenças entre fêmeas e fêmeas ovígeras na taxa de ingestão de fibras, que podem ser causadas pelo mesmo fator

determinante das diferenças na dieta, ou seja o ciclo reprodutivo das fêmeas influenciam diretamente na dieta, que por consequência, influenciará na taxa de contaminação.

As hipóteses do trabalho podem terem sido rejeitadas nos dois capítulos pelo N amostral, com 51 exemplares para avaliar o hábito alimentar e possíveis fatores abióticos e bióticos que influenciam, assim como no capítulo 2 que foi utilizado 60 estômagos para avaliar o nível de contaminação e suas implicações. Um N amostral com mais exemplares no ambiente de estudo, poderia oferecer uma maior robustez aos resultados identificando mais fatores potenciais que influenciam o hábito alimentar e a contaminação por microplástico. No entanto, a resposta do hábito alimentar carnívoro e da presença de microplástico no estômago, oferecem dados importantes sobre camarões pelágicos de profundidade, especialmente para a região mesopelágica amazônica onde não se tem estudos sobre a ocorrência, contaminação e alimentação deste grupo.

7. REFERÊNCIAS

ALVES JÚNIOR, F. D. A. **Community ecology, taxonomy and geographic distribution of the deep-sea shrimps in northeastern Brazil**. 2019 Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Oceanografia Departamento a. de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife. 2019.

BARROS, M.S.F.; CALADO, T.C.S.; & ARAÚJO, M.S.L.C. Plastic ingestion lead to reduced body condition and modified diet patterns in the rocky shore crab *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Brachyura: Grapsidae). **Marine Pollution Bulletin**, v. 156, p. 111-249, 2020.

BERGMANN, M.; TEKMAN, M. B.; GUTOW, L. Sea change for plastic pollution. **Nature**, v. 544, n. 7650, p. 297-297, 2017.

BERTRAND, A. **Abracos cruise: R/V ANTEA** <https://>

[//doi.org/10.17600/15005600](https://doi.org/10.17600/15005600), 2015.

BERTRAND, A. **Abracos 2 cruise**. R/V ANTEA <https://doi.org/10.17600/17004100>, 2017.

BERTRAND, A. **Report of the AMAZOMIX survey - Legs 1 and 2**: R/V ANTEA 27/08 - 29/09, 2021. Guiana Francesa: [s.n.], 59 p, 2021.

BOS, R. P. **The Association between Stomach Fullness and Vertical Migration Behavior in Deep-Pelagic Crustaceans and Fishes in the Gulf of Mexico, with Notes on Microplastic Ingestion**. Master's thesis. Nova Southeastern University. Retrieved from NSUWorks, 2019.

BRANDÃO, M. C.; GARCIA, C. A. E. ; FREIRE, A . S. Meroplankton community structure across oceanographic fronts along the South Brazil Shelf. **Journal of Marine Systems**, v. 208, p. 103361, 2020.

BURGHART, S. E.; HOPKINS, T. L.; TORRES, José J. Partitioning of food resources in bathypelagic micronekton in the eastern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, v. 399, p. 131-140, 2010.

CASAL, F.C. & SOUTO, F.B. Conhecimentos etnoecológicos de pescadores da RESEX Marinha Baía do Iguape sobre ecologia trófica em ambiente de manguezal. **Ethnoscientia: Revista Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia**, v. 3, p. 13-24, 2018.

CHOLLETT, I., MUMBY, P. J., MÜLLER-KARGER, F. E. & HU, C. Physical environments of the Caribbean Sea. **Limnol. Oceanogr.** V. 57, p. 1233–1244, 2012.

CHUA, E.M. et al. Assimilation of polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipoda, *Allorchestes compressa*. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 14, p. 8127-8134, 2014.

CORTINHAS, M. C. D. S., ORTEGA, I., TEODORO, S. D. S. A., PROIETTI, M., MASELLO, A., KERSANACH, R., BARUTOT, R., VIEIRA, R. R. R., FIRPO, C., MAUNA, C. & DUMONT, L. F. C. Defining deep-sea fishery stocks through multiple methods: The case of the red crab *Chaceon notialis* Manning & Holthuis, 1989 (Crustacea, Decapoda, Geryonidae) in the Southwestern Atlantic. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 179, p. 103659, 2022.

CROSNIER, A.; FOREST, J. **Les crevettes profondes de l'Atlantique oriental tropical**. IRD Editions, 1973.

DE SANTANA, C. S., DE ALBUQUERQUE LIRA, S. M., VARONA, H. L., NEUMANN-LEITÃO, S., ARAUJO, M., SCHWAMBORN, R. Amazon river plume influence on planktonic decapods in the tropical Atlantic. **Journal of Marine Systems**., v. 212, p. 103428, 2020.

DecaNet eds. DecaNet. Acanthephyridae Spence Bate, 1888. Accessed through: World Register of Marine Species. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=585943> on 2024-07-26

Acessado em: 24 fevereiro 2025

FUNCEME. site do FUNCEME, 2021. ZCIT – Zona de Convergência Intertropical. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acesso em: 07/03/2023.

INPE. site do INPE, 2021. DSA - Precipitação estimada por satélite. Disponível em: <http://sigma.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 07/03/2023.

KREBS, C.J. Niche measures and resource preferences. **Ecological methodology**, p. 455-495, 1998.

KVALE, K., PROWE, A. F., CHIEN, C. T., LANDOLFI, A., & OSCHLIES, A. The global biological microplastic particle sink. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

LANDEIRA, J. M., BROCHIER, T., MASON, E., LOZANO-SOLDEVILLA, F., HERNÁNDEZ-LEÓN, S., & BARTON, E. D. Transport pathways of decapod larvae under intense mesoscale activity in the Canary-African coastal transition zone: implications for population connectivity. **Scientia Marina**, v. 81, n. 3, p. 299-315, 2017.

LANSAC TÔHA, F.A. & FREIRE, A.S. Ordem EUPHAUSIACEA (krill). In: BUCKUP, L. & BOND-BUCKUP, G. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, p. 257-274, 1999.

LARRAZÁBAL, M. E. CAVALCANTI, E. A. H., VIEIRA, D. A. N. OLIVEIRA-KOBLITZ, V. S., ARAÚJO, E. M. BARRETO, T. M. S., & NUNES, T. S. Macrozooplâncton na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (REVIZEE NE II e NE III). **Oceanografia Biológica: Biomassa fitoplanctônica, zooplanctônica, macrozooplâncton, avaliação espacial e temporal do ictioplâncton, estrutura da comunidade de larvas de peixes e distribuição e abundância do ictionêuston**. Fortaleza: Martins & Cordeiro, p. 48-102, 2009.

LENTZ, S. J. The Amazon River plume during AMASSEDS: subtidal current variability and the importance of wind forcing. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 100, n. C2, p. 2377-2390, 1995.

LESSA, R.; BEZERRA JR, J. L.; NÓBREGA, MF de. Dinâmica de frotas pesqueiras da região nordeste do Brasil [Relatório]. Fortaleza: Ed. Martins & Cordeiro, 2009.LOBELLE, D. & CUNLIFFE, M. Early microbial biofilm formation on marine plastic debris. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 1, p. 197-200, 2011.

LUSHER, Amy. Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects. **Marine anthropogenic litter**, p. 245-307, 2015.

MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L.C.C. Nódulos Polimetálicos e outros Depósitos de Mar Profundo: o Retorno do Interesse. **GRAVEL (4)**, 2006.

ONINK, V., WICHMANN, D., DELANDMETER, P., & VAN SEBILLE, E. The role of Ekman currents, geostrophy, and stokes drift in the accumulation of floating microplastic. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 124, n. 3, p. 1474-1490, 2019.

PAPIOL, V.; HERNÁNDEZ-PAYÁN, J.C.; HENDRICKX, M.E. Influence of Environmental Variables on the Abundance and Distribution of the Deep-Water Shrimps *Nematocarcinus faxoni* Burukovsky, 2001 and *N. agassizii* Faxon, 1893 (Crustacea, Decapoda). **Deep-Sea Pycnogonids and Crustaceans of the Americas**, p. 273-292, 2020.

PEZZUTO, P. R.; PEREZ, J. A. A.; WAHRLICH, R.. Deep-sea shrimps (Decapoda: Aristeidae): new targets of the deep-water trawling fishery in Brazil. **Brazilian journal of oceanography**, v. 54, p. 123-134, 2006.

REZENDE, G. A., PEZZUTO, P. R., DUMONT, L. F. C., D'INCAO, F. Feeding habits of the deep sea shrimp *aristaeopsis edwardsiana* (Johnson 1867) (DECAPODA: ARISTEIDAE) on the southeastern and southern Brazilian coast, **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 9, n. 3, p. 167-178, 2014.

RIBBE, J. Intermediate water mass production controlled by Southern Hemisphere winds. **Geophysical research letters**, v. 28, n. 3, p. 535-538, 2001.

SABOROWSKI, R., KOREZ, Š., RIESBECK, S., WEIDUNG, M., BICKMEYER, U., & GUTOW, L. Shrimp and microplastics: A case study with the Atlantic ditch shrimp *Palaemon varians*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 234, p. 113394, 2022.

SANTANA, J. L. **Dinâmica alimentar de *Eriphia gonagra* (Fabricius, 1781)(Crustacea: Decapoda: Eriphiidae) em duas áreas recifais com diferentes graus de impacto antrópico no nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2018

SUMIDA, P.Y.G. Mar Profundo. In: **Biologia Marinha**. 2^a ed., Rio de Janeiro: Interciências, p. 383-398, 2009.

TOSETTO, E. G., BERTRAND, A., NEUMANN-LEITÃO, S., & JÚNIOR, M. N. The Amazon River plume, a barrier to animal dispersal in the Western Tropical Atlantic. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 537, 2022.

VARONA, H. L., VELEDA, D., SILVA, M., CINTRA, M., & ARAUJO, M. Amazon River plume influence on Western Tropical Atlantic dynamic variability. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**, v. 85, p. 1-15, 2019.

VERITY, P.G.; SMETACEK, V. & SMAYDA, T.J. Status, trends and the future of the marine pelagic ecosystem. **Environmental Conservation**, V. 29, p. 207–237, 2002.

YOU, Y. Quantitative estimate of Antarctic Intermediate Water contributions from the Drake Passage and the southwest Indian Ocean to the South Atlantic. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 107, n. C4, p. 6-1-6-20, 2002.