



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

ATHINA DA SILVA CARVALHO

AVALIAÇÃO DA ICTIOFAUNA NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SÃO LUÍS:
CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA, PESQUEIRA E CONTAMINAÇÃO POR
MICROPLÁSTICOS

SÃO LUIS
2024

ATHINA DA SILVA CARVALHO

AVALIAÇÃO DA ICTIOFAUNA NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SÃO LUÍS
CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA, PESQUEIRA E CONTAMINAÇÃO POR
MICROPLÁSTICOS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do grau de Mestre em desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva

SÃO LUÍS
2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Carvalho, Athina da Silva.

Avaliação da ictiofauna na região portuária de São Luís: caracterização ecológica, pesqueira e contaminação por microplásticos / Athina da Silva Carvalho. - 2024.

71 f.

Orientador(a): Marcelo Henrique Lopes Silva.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2024.

1. Diversidade. 2. Meio Ambiente. 3. Partículas Plásticas. 4. Peixes. 5. Poluição. I. Silva, Marcelo Henrique Lopes. II. Título.

ATHINA DA SILVA CARVALHO

AVALIAÇÃO DA ICTIOFAUNA NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SÃO LUÍS
CARACTERIZAÇÃO ECOLÓGICA, PESQUEIRA E CONTAMINAÇÃO POR
MICROPLÁSTICOS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal do Maranhão como requisito para a obtenção do grau de Mestre em desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva

Aprovada em: 19/04/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Henrique Lopes Silva (UFMA)
Orientador

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares (UFMA)
Membro Interno

Prof. Dr. Caio Brito Lourenço (IFMA)
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Como diz o poeta Augusto Branco “A gratidão é uma das maiores medidas do caráter de uma pessoa” agradecer é o ato de reconhecer e valorizar boas ações que recebemos. Por isso, mesmo não sendo um item obrigatório na dissertação, é um ato obrigatório na vida. Pois eu jamais chegaria tão longe se não fosse pelo apoio e dedicação de diversas pessoas que me apoiaram, acreditaram em mim e me mostram o caminho certo que deveria seguir para chegar ao fim desta jornada.

Primeiramente quero agradecer a Deus, o autor da minha vida, o escritor da minha história, por guiar cada passo meu, por me permitir concretizar mais um sonho, agradeço por ele me dar força e coragem para não desistir e superar todos os desafios, sem dúvida nenhuma, foi graças a ele cheguei até aqui.

Sou eternamente grata aos meus pais, que com grande zelo, amor e dedicação me ajudamem tudo, desde o dia em que eu nasci. Em especial, agradeço a minha mãe, obrigada por todo apoio emocional, por sempre acreditar em mim, mesmo nas vezes nem eu mesmo acreditava e por muitas vezes deixar de seguir os sonhos dela para que eu pudesse seguir os meus.

Agradeço aos grandes Mestres: Marcelo Henrique e James Azevedo, obrigada por cada ensinamento dado, obrigada por não apenas me mostrarem o caminho, mas por caminharem junto comigo ao longo desta jornada, vocês são pesquisadores exemplares, profissionais únicos, professores brilhantes e certamente terei orgulho de dizer que fui orientada por vocês.

Muito obrigada aos meus colegas do LABIRPesq, obrigada pelo apoio na realização deste trabalho e por me fizeram dar boas risadas em momentos de estresse na construção deste trabalho. Agradeço aos meus colegas da turma 2, com quem convivi durante os dois últimos anos, sou imensamente grata por me ajudarem a crescer como profissional e como pessoa.

Agradeço a Universidade Federal do Maranhão, pelo ensino gratuito e que apesar dos problemas que enfrenta, como qualquer instituição, me proporcionou momentos marcantes, os quais quero guardar na memória para sempre. Agradeço também pelo suporte pedagógico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Agradeço ao PRODEMA por contribuir para meu desenvolvimento profissional e no meu conhecimento em responsabilidade social e ambiental

Agradeço a FAPEMA, por financiar a minha pesquisa, sem esse financiamento não conseguiria concluir esta pesquisa. Agradeço a minha banca: Professores Leonardo e Caio que desde a qualificação acompanharam meu trabalho e me deram dicas valiosas que com toda certeza fizeram meu trabalho enriquecer

Por vocês e com vocês este mestrado valeu a pena! muito obrigado por tudo, jamais esquecerei a ajuda e colaboração de vocês ao longo da minha jornada

OBRIGADA!!

“Só quem ama preserva e zela a si mesmo ao próximo e ao meio ambiente” (Andrea Taiyoo)

RESUMO

É um ambiente altamente dinâmico e constantemente influenciado, tanto por fatores antrópicos, quanto por fatores ambientais. Infelizmente, com a crescente demanda social e econômica, este espaço tem sido fortemente impactado. A implantação de atividades portuárias tem sido uma das formas mais evidentes de perturbação a zona costeira, pois, podem causar impactos como: erosão, assoreamentos, contaminação de ambientes aquáticos, entre outros. A zona costeira também é constantemente afetada pela poluição, dentre os resíduos sólidos que mais contaminam estes ambientes, destacam-se os plásticos, que podem ser encontrados em diferentes tamanhos no meio ambiente (macro, meso, microplástico). Por possuir um tamanho pequeno, leveza e pela sua coloração, os microplásticos podem ser ingeridos por uma série de organismos aquáticos, causando efeitos deletérios. Estudos que investiguem os ambientes costeiros contribuirão para discussões mais aprofundadas sobre a utilização e preservação desse ecossistema. Neste contexto, a ictiofauna se destaca como um bom indicador, pois responde a alterações do ambiente em que vivem. Sabendo disso, este trabalho visou analisar a ictiofauna presente no estreito dos Coqueiros, ambiente costeiro de grande importância ambiental para o estado do Maranhão. Este trabalho foi dividido em dois capítulos: O primeiro aborda uma caracterização do ambiente, trazendo um levantamento da diversidade e abundância da ictiofauna presente no estreito dos coqueiros. Para isso, foram coletados exemplares de peixe trimestralmente entre fevereiro e dezembro de 2022, em quatro pontos de amostragem. Com o intuito de verificar o grau de perturbação do ambiente, foi construído uma curva ABC para os meses de coleta, além disso, foi feita a verificação dos parâmetros físico-químicos do ambiente. Investigou-se também, a presença de microplásticos no estômago dos peixes de interesse comercial utilizando a dissolução dos tecidos moles através do hidróxido de sódio. Notou-se que a ictiofauna presente no ambiente de estudo é mais abundante no período de estiagem e que apresenta uma diversidade média, a curva ABC mostrou que o ambiente estudado não mostra grandes perturbações, uma vez que a curva da Biomassa sempre ultrapassou a da abundância. Em relação aos microplásticos, 100% das amostras estavam contaminadas por microplásticos, duas formas de microplásticos foram encontradas: As fibras e os fragmentos, sendo as fibras o microplástico predominante em todas as amostras analisadas, as fibras foram encontradas na coloração azul, preta e vermelha e todos os fragmentos encontrados foram na coloração azul. Os resultados desta pesquisa poderão contribuir com o ODS 14, vida na água na qual tem como meta principal a redução da poluição, defesa da biodiversidade e ecossistemas, regulação da pesca, e promoção das ciências marinhas.

Palavras-chave: Diversidade, Meio ambiente, Peixes, Poluição, Partículas plásticas

ABSTRACT

The coastal zone plays a key role in the development of every ecosystem. It is a highly dynamic environment that is constantly influenced by both anthropogenic and environmental factors. Unfortunately, with growing social and economic demand, this space has been heavily impacted. The implementation of port activities has been one of the most obvious forms of disturbance to the coastal zone, as they can cause impacts such as erosion, siltation, contamination of aquatic environments, among others. The coastal zone is also constantly affected by pollution. Among the solid waste that most contaminates these environments are plastics, which can be found in different sizes in the environment (macro-, meso- and microplastics). Due to their small size, lightness, and color, microplastics can be ingested by a range of aquatic organisms, causing harmful effects. Studies investigating coastal environments will contribute to more in-depth discussions on the use and preservation of this ecosystem. In this context, the ichthyofauna stands out as a good indicator, as they respond to changes in the environment in which they live. With this in mind, this study aimed to analyze the ichthyofauna present in the Coqueiros Strait, a coastal environment of great environmental importance for the state of Maranhão. This work was divided into two chapters: The first deals with a characterization of the environment, providing a survey of the diversity and abundance of the ichthyofauna present in the coconut grove. To this end, fish specimens were collected quarterly between February and December 2022 at four sampling points. In order to verify the degree of disturbance to the environment, an ABC curve was constructed for the months of collection, in addition to verifying the physical-chemical parameters of the environment. The presence of microplastics in the stomachs of commercial fish was also investigated using sodium hydroxide to dissolve the soft tissue. It was noted that the ichthyofauna present in the study environment is more abundant during the dry season and has an average diversity. The ABC curve showed that the environment studied does not show major disturbances, since the Biomass curve always exceeded the abundance curve. With regard to microplastics, 100% of the samples were contaminated by microplastics, and two forms of microplastics were found: Fibers and fragments, with fibers being the predominant microplastic in all the samples analyzed, fibers were found in blue, black and red coloration and all the fragments found were in blue coloration. The results of this research could contribute to ODS 14, life in the water, which has as its main goal the reduction of pollution, defense of biodiversity and ecosystems, regulation of fishing, and promotion of marine sciences.

Keywords: Diversity, Environment, Fish, Pollution, Plastic particles

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.....	23
Figura 2. Composição do número de espécies por ordens, para a ictiofauna capturada no estreito dos Coqueiros	26
Figura 3. Frequência de indivíduos jovens e adultos coletados durante as quatro campanhas de coleta no estreito dos Coqueiros.....	27
Figura 4. Índices ecológicos da ictiofauna coletada no estreito dos coqueiros, São Luis-Ma no ano de 2022	29
Figura 5. Perfil de diversidade de hill da assembleia de peixes do estreito dos Coqueiros, nos meses de fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2022.	30
Figura 6. Índices ecológicos por pontos de amostragem no estreito dos Coqueiros P1 (igarapé Santa Rita), P2(igarapé tarará), P3 (igarapé Arapopá) P4 (igarapé Inhaúma)	31
Figura 7. Perfil de diversidade de hill da assembleia de peixes do estreito dos coqueiros, para os pontos de coleta.....	31
Figura 8. Análise de agrupamento para abundância dos peixes em função dos meses de captura	32
Figura 9. Curvas de rarefação para a riqueza de espécies no estreito dos Coqueiros durante os meses de captura	33
Figura 10. Curvas de abundância das espécies do estreito dos Coqueiros, considerando os meses de captura	34
Figura 11. Análise de correspondência canônica para associação da distribuição das espécies e variáveis ambientais Tem: temperatura °C; cond: condutividade; Sal: salinidade; OD: oxigênio dissolvido.....	36
Figura 12: Mapa de localização da área de estudo	48
Figura 13. Representação das espécies investigadas quanto a presença de microplástico: A) <i>Sciades herzbergii</i> , B) <i>Cynoscion acoupa</i> C) <i>Mugil Curema</i>	49
Figura 14. Parâmetros biométricos de <i>Cynoscion acoupa</i> (C.a), <i>Mugil curema</i> (M.c) e <i>Sciades herzbergii</i> (S.h) coletados no estreito dos coqueiros.....	51
Figura 15. Abundância de microplásticos no estômago de peixes do Estreito dos Coqueiros.....	52
Figura 16. Microplásticos encontrados no estômago das espécies coletadas no estreito dos coqueiros. A) fibra azul; B) fibra na cor vermelha; C) Fragmento na cor preta; D) Fragmento na cor azul.	53
Figura 17. Comparação entre a quantidade de microplásticos encontrados em espécies pelágicas e demersais	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Composição dos táxons da ictiofauna capturados no ano de 2022 no estreito dos coqueiros, São Luís-MA	25
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição temporal da biomassa (g) para as espécies capturadas no estreito dos Coqueiros	27
Tabela 2. Espécies que mais contribuíram com a dissimilaridade no período de estudo	32
Tabela 3. Valores médios das variáveis abióticas amostradas no estreito dos Coqueiros, nos pontos de capturas dos peixes no período de fevereiro e dezembro de 2022. Temp.: temperatura; Cond.: condutividade; Sal.: salinidade; OD: oxigênio dissolvido	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Eh- Potencial de redução e oxidação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MP's- Microplásticos

OD- Oxigênio Dissolvido

ODS- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU- Organização das Nações Unidas

Ph- Potencial- Potencial Hidrogeniônico

ZCEM-Zona Costeira do Estado do Maranhão

KOH- Hidróxido de potássio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.	CAPÍTULO I: ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM UMA ÁREA PORTUÁRIA DA ZONA COSTEIRA DA AMAZÔNIA ORIENTAL BRASILEIRA.....	20
3.1	INTRODUÇÃO.....	20
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	22
3.3	RESULTADOS	25
3.4	DISCUSSÃO.....	36
3.5	CONCLUSÃO	38
3.6	AGRADECIMENTOS	38
3.7	REFERÊNCIAS	39
4.	CAPÍTULO II: INVESTIGAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM ESPÉCIES DE PEIXES COMERCIALMENTE IMPORTANTES DA COSTA AMAZÔNICA MARANHENSE, BRASIL	45
4.1	INTRODUÇÃO.....	45
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	47
4.3	RESULTADOS	51
4.4	DISCUSSÃO.....	56
4.5	CONCLUSÃO	58
4.6	REFERÊNCIAS	58
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6.	REFERÊNCIAS	65

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta dissertação tem como objetivo principal: avaliar a ictiofauna presente no estreito dos Coqueiros, ambiente costeiro de grande influência portuária. As atividades portuárias são essenciais para alavancar a economia da região, além de gerar empregos e renda. No entanto, sem o devido monitoramento, estas atividades geram impactos negativos diretos ao meio ambiente, que podem se tornar irreversíveis a longo prazo.

Além das atividades portuárias, os ambientes costeiros sofrem com o descarte inadequado de resíduos sólidos, principalmente os plásticos. Esse material, quando degradado em pedaços menores, pode ser confundido com presas e serem ingerido por uma série de organismos, incluindo os peixes. Esta ingestão pode causar efeitos deletérios a eles, sem contar que, ao serem ingeridos por peixes de interesse comercial, essas partículas podem acabar chegando ao organismo humano através da alimentação, e o efeito desse material na saúde humana é pouco conhecido.

Neste sentido, este trabalho visa responder as seguintes questões: O estuário estudado é um ambiente que apresenta muitas perturbações ou é um ambiente preservado? As espécies de peixe presentes na área de estudo têm contato com microplásticos? Ao encontrar respostas para essas perguntas, será possível contribuir para o desenvolvimento de novas pesquisas que visem o desenvolvimento de medidas mitigadoras que colaborem com o desenvolvimento sustentável dos portos, bem como a preservação do ambiente costeiro.

O trabalho está apresentado da seguinte forma: introdução geral, fundamentação teórica sobre a importância da zona costeira e problemas enfrentados, atividades portuárias: benefícios e riscos, plásticos e microplásticos no ambiente, ictiofauna como indicadora da qualidade do ambiente, índices ecológicos na análise da ictiofauna, avaliação da ictiofauna e o ODS 14. Os resultados serão discutidos na forma de dois artigos, sendo: a) Capítulo I: Caracterização da ictiofauna oriunda do estreito dos Coqueiros, com informações sobre abundância e biomassa e descrição dos táxons capturados (ordem, família e espécie), índices de diversidade. b) Capítulo II: Caracterização e quantificação de microplásticos encontrados nos estômagos de peixes de interesse comercial, capturados no estreito dos Coquei

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ambientes costeiros, sobretudo os estuários, estão em constante ameaça, devido as ações antrópicas. Os estuários se destacam pela sua alta produtividade biológica e por serem habitats para numerosos organismos (KARTHIKEYAN *et al.*, 2020). Devido aos poluentes provenientes de resíduos domésticos e industriais e do desenvolvimento costeiro (portos, distritos industriais e obras de engenharia civil), este ecossistema é um dos habitats mais degradados do planeta (MELO *et al.*, 2023).

O estado do Maranhão possui a segunda maior zona costeira do Brasil. Esse ambiente apresenta um rico ecossistema e um elevado potencial turístico, e econômico (SILVA E LIMA, 2013). A zona costeira maranhense se destaca por abrigar o importante complexo portuário de São Luís (SILVA, 2016). O complexo portuário do Itaqui está situado na Baía de São Marcos, no município de São Luís, além das instalações do porto do Itaqui, o Complexo Portuário de São Luís/MA possui ainda o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, que pertencente à Vale S.A, e o Terminal de Uso Privado da ALUMAR (EMAP 2001).

Apesar de ser de grande valia para a economia de uma região, atividades portuárias geram grandes impactos ambientais, dessa maneira, identificar os aspectos e os impactos relacionados às atividades portuárias é o primeiro passo que precisa ser executado para o desenvolvimento de ações de controle (SANTOS, 2016).

Além de atividades portuárias, outro impacto que as zonas costeiras enfrentam é a poluição ocasionada por plásticos. (LAM *et al.*, 2023). A partir do momento que este produto entra em contato com o ambiente costeiro, contribui para um cenário de poluição preocupante e praticamente irreversível (COSTA *et al.*, 2023).

Uma das formas de se verificar as alterações ambientais causadas por operações portuárias, bem como poluição por resíduos plásticos, é através do conhecimento sobre a estrutura e a diversidade ictiofaunística, uma vez que as modificações impostas ao seu ambiente contribuem para o deslocamento do seu ponto de equilíbrio (PINHEIRO *et al.*, 2005).

Sabendo disso, este trabalho tem por objetivo caracterizar a ictiofauna presente no estreito dos Coqueiros, São Luís, Maranhão, descrevendo sua diversidade abundância bem como a ingestão por microplásticos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Importância da Zona Costeira e problemas enfrentados

Define-se zona costeira como o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis e não renováveis e abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre (BRASIL, 1988). É um ambiente onde convergem diversas questões naturais, sociais e econômicas, e suas concentrações demográficas evidenciam a maneira que esses componentes interagem entre si (ANDRES *et al.*, 2023).

As zonas costeiras são ambientes indispensáveis para a humanidade e são utilizadas desde os tempos antigos para assentamentos humanos, construção de portos e coleta de recursos naturais (RÊGO *et al.*, 2018). Os ambientes costeiros são locais que apresentam elevada diversidade, alta produção e grande importância ecológica, além de disponibilizarem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos (MAGALHÃES *et al.*, 2022).

O Ministério do Meio Ambiente conceitua a zona costeira brasileira como uma unidade territorial que possui uma extensão de mais de 8.500 km, abrangendo 17 estados e mais de 400 municípios, distribuídos desde o norte equatorial ao Sul temperado do país (MMA, 2018). A região concentra aproximadamente 20% da população brasileira, vivendo em menos de 1% do território do país (NICOLDI e PETERMANN., 2010).

No Maranhão, a faixa da zona costeira apresenta características geoambientais diversificadas, tendo grande potencial pesqueiro, turístico, portuário e um rico ecossistema (SILVA E LIMA, 2013). A região se destaca por desempenhar grande importância para inúmeros representantes da fauna e da flora, e auxiliar na geração de alimento e renda (GATTO, 2020). A área está submetida a grande interferência antrópica, principalmente por abrigar um importante complexo portuário, composto por vários terminais marítimos (ITAQUI, VALE, ALUMAR/ALCOA), além de um distrito industrial da capital, São Luís (SILVA, 2016).

2.2 Atividades portuárias: benefícios e riscos

O modal marítimo é o meio de transporte mais antigo e mais utilizado em todo o mundo para o deslocamento de mercadorias, apresenta como diferencial possuir uma maior capacidade de cargas, além de sustentar mercadorias de diversos tipos: embaladas, a granel, sólidas ou líquidas (PEREIRA *et al.*, 2021).

Quando se pensa em economia global, um setor que merece destaque é o portuário, uma vez que suas atividades são fundamentais para o desenvolvimento de qualquer nação, pois

através delas, efetiva-se um elo entre diversos países, pois proporciona a entrada e saída de pessoas e de produtos (ARAÚJO e BARROS, 2016).

O transporte marítimo é a espinha dorsal invisível da economia global, sem a qual o comércio marítimo internacional não poderia ocorrer. Como os portos representam os centros de transporte marítimo, eles se destacam no desenvolvimento não só do comércio regional, como também na promoção do comércio nacional e internacional (WAN *et al.*, 2021). No Brasil, os portos merecem especial destaque pois são eles que movimentam grande parte das exportações, sendo, portanto, um dos principais indutores do desenvolvimento da economia (ARAÚJO e BARROS, 2013).

A área portuária localizada no estado do Maranhão representa o segundo maior complexo portuário da América Latina em termos de movimentação de carga (AMARAL e ALFREDINI, 2010). Esta área portuária está localizada na baía de São Marcos, na costa ocidental da ilha de São Luís.

O complexo portuário localizado em São Luís, possui uma grande importância econômica, não apenas para o estado do Maranhão, uma vez que suas áreas de abrangências têm crescido cada vez mais nas últimas três décadas, isso é resultado de planejamento territorial e foi incrementado com o crescimento vertiginoso do comércio internacional (FERREIRA, 2021).

De um lado as atividades portuárias podem ser importantes para a economia, de outro, podem gerar grandes impactos, tais como: erosão e assoreamento marítimos, contaminação de ambientes aquáticos, desequilíbrio ecológico de espécies marinhas, poluição atmosférica, entre outros (SILVA *et al.*, 2018).

A natureza abrigada dos sistemas estuarinos, muitas vezes, fornece configurações adequadas para a instalação de portos e sua infraestrutura, oferecendo benefícios econômicos significativos na maioria das grandes cidades mundiais. No entanto, a atividade portuária pode gerar impactos ambientais decorrentes da implantação da estrutura portuária, das operações de carga e descarga e do aumento do fluxo de embarcações em regiões costeiras. (SANTOS, 2016, P 16).

Os impactos ambientais associados às atividades portuárias podem provocar distúrbios ecológicos com magnitudes variáveis, dependendo da componente ambiental terrestre ou aquática em que a atividade se realize (ALMEIDA, 2015).

Identificar os aspectos e os impactos ambientais relacionados à atividade portuária é o primeiro passo que precisa ser executado para o desenvolvimento de ações de controle, para que assim os riscos ambientais provocados sejam controlados de forma mais efetiva (SINHORA *et al.*, 2016).

As atividades portuárias sempre causarão alguma forma de impacto e conflito nos ambientes costeiros, gerando assim a necessidade de um gerenciamento ambiental como um caminho desejadamente integrado, ou seja, relações positivas entre os diversos setores econômicos na administração dos conflitos gerados (SANTOS, 2016). Sendo assim, é necessário investigar de que maneira o ambiente costeiro e seus recursos estão sendo afetados, para assim propor medidas mitigadoras que visem a continuidade deles (SILVA, 2016).

2.3 Plásticos e microplásticos no ambiente

Os plásticos são polímeros muito presentes em nossa sociedade e apesar de sua produção ter começado há apenas 60-70 anos, o volume desse material no planeta é tão elevado, que parece ter sido produzido há muitas décadas (NAIDU *et al.*, 2022). A utilização dos plásticos ganhou força desde o final da segunda guerra mundial, quando esses polímeros começaram a ser empregados em larga escala na produção de itens das mais diferentes áreas (PEDRO *et al.*, 2021)

Conforme Pappoe *et al.*, (2022) afirmam, a medida que a produção de plástico continua a aumentar, as preocupações com o acúmulo desse material no ambiente costeiro, também aumentam. Uma vez que uma quantidade exacerbada desse resíduo é lançada no ambiente natural, devido ao gerenciamento inadequado, resultando em poluição ambiental (CHEN *et al.*, 2022).

Pelo fato de serem leves, quando descartados incorretamente uma quantidade crescente desse material podem ser levados por longas distâncias, e quando enfim se estabelecem em algum local, podem levar centenas de anos para desaparecer, desse modo, os plásticos deixam de se destacar como benéficos e se tornam danosos (LUCIO, 2019).

A introdução dos plásticos em ambientes aquáticos contribui para um cenário de poluição praticamente irreversível, principalmente quando esses poluentes se deterioram em pedaços menores prejudicando, assim, toda a biota que vive nesse ambiente (COSTA *et al.*, 2023).

Conforme foram se tornando notórias as consequências que os resíduos plásticos causam no ambiente, foi crescendo também a preocupação dos pesquisadores com essas

partículas, dessa forma, os estudos envolvendo os resíduos plásticos foram incorporando novos conceitos e o termo microplástico (MP) foi introduzido em 2004 (MONTAGNER *et al.*, 2021).

Podemos definir microplásticos como partículas plásticas que apresentam tamanho na faixa de 0,001 a 5 mm e seu acúmulo em corpos d'água é um tópico de particular preocupação (BERTOLDI *et al.*, 2020). Recentemente os microplásticos no ambiente aquático têm atraído a atenção mundial, pois podem representar grandes ameaças a todo ecossistema (HUANG *et al.*, 2022).

Os MPs podem ser classificados em primários e secundários. Os MPs primários são definidos como sendo plásticos que são fabricados para serem de um tamanho microscópico, já os MPs secundários são originados através da ação mecânica e destruição oxidativa de plásticos de maiores dimensões (SILVA, 2020).

A concentração dos microplásticos na coluna de água se dá em diferentes camadas: águas superficiais e domínios pelágicos e bentônicos (DHIMEER, 2017). Por possuir um tamanho extremamente pequeno, esse material plástico tem o risco de se fazer presente em diversos níveis da cadeia trófica, podendo ser ingeridos por uma gama de organismo, incluindo os peixes (SILVA, 2020).

A ingestão desses materiais pode acontecer de forma primária, ou seja, quando o organismo ingere diretamente o material, ou de forma secundária, alimentando-se por presa contaminada (CLERE, *et al.*, 2022). Como resultado desta ingestão, os fragmentos microplásticos causam efeitos deletérios aos peixes, alguns estudos apontam que este material pode danificar ou bloquear o trato gastrointestinal, gerar respostas inflamatórias, reduzir o crescimento, gerar danos oxidativos, lesões celulares, desregular o sistema endócrino ou até mesmo suprimir a capacidade de energia do animal (SILVA *et al.*, 2021).

2.4 Ictiofauna como indicadora da qualidade do ambiente

Pode-se definir indicadores ambientais como medidas que representam de melhor forma os elementos chaves de um complexo ecossistema, esses indicadores podem ser tanto qualitativos, quanto quantitativos, e podem ser utilizados para avaliar a condição do ambiente (FALCÃO *et al.*, 2018). A utilização de diversos grupos de animais como indicadores da ação do homem no ambiente é comum, e os peixes, por exemplo, podem atuar como excelentes indicadores biológicos (CASTRO *et al.*, 2010).

Diversos estudos apontam que estes animais apresentam mudanças fisiológicas, morfológicas e ecológicas frente ao impacto que o ambiente sofre pela ação do homem (LIZAMA *et al.*, 2020). A assembleia de peixes tem sido alvo de especial atenção, não apenas como fonte de alimentação e renda, mas também como uma excelente ferramenta para o biomonitoramento, sendo utilizada como um excelente indicador para avaliar as condições ambientais (PARIZOTTI, 2015).

Dentre as vantagens da utilização da comunidade de peixes como indicador da qualidade ambiental, destacam-se a alta sensibilidade de muitas espécies às variações do ambiente e a disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies (SILVA, 2016). A utilização da ictiofauna como indicador traz boas respostas, pois as modificações impostas ao seu ambiente contribuem para o deslocamento do seu ponto de equilíbrio e têm como consequência imediata a variação ou alteração do padrão de variação da diversidade faunística e de seus comportamentos ecológicos (PINHEIRO *et al.*, 2005).

A determinação das assembleias de peixes e dos seus padrões de variações espaciais e temporais é de grande importância para a avaliação da qualidade ambiental e ecológica da área de pesquisa, uma vez que este grupo ocupa diferentes níveis tróficos na teia alimentar e por possuir inestimável valor para a economia da região (REIS, 2016).

2.5 Índices ecológicos na análise da ictiofauna

Quando se deseja estimar a diversidade ou analisar a comunidade de peixes de um ambiente, existem diversos índices que são amplamente utilizados e trazem muitas informações sobre essa comunidade (HENDERSON, 2003; MAGURRAN, 2004).

Dentro dos métodos avaliativos para investigação da estrutura das assembleias de peixes, tem-se os índices que estimam a diversidade, equitabilidade e riqueza das espécies como os principais (REIS, 2016).

Atualmente, existe uma grande variedade de índices que estimam a diversidade, principalmente com a ampliação dos conceitos em ecologia e à discussão sobre perda de diversidade, que nos últimos anos, vem ganhando força (GUTERRES *et al.*, 2017). Uma ferramenta importante que deve ser utilizada quando se deseja avaliar uma comunidade, é o índice de Shannon.

O índice de Shannon mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com S espécies e N indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto,

a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice. (URAMOTO *et al.*, 2005)

Outro índice bastante utilizado é o de equitabilidade de Pielou (J) que demonstra quão igualmente os indivíduos estão distribuídos entre as diferentes espécies, medindo a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre elas (MELO, 2008).

O grau de Equitabilidade (J') varia numa escala de $0 \leq J' \leq 1$, quanto mais próximo de 1, significa que está muito bem distribuído, valores acima de 0,7 indica que as espécies estão equitativamente bem distribuídos (URAMOTO *et al.*, 2005).

Quando se fala em riqueza, O índice de Margalef é uma das análises ecológicas mais utilizadas e busca compensar os efeitos de amostragem, dividindo a riqueza pelo número de espécies registradas (MAGURRAN, 2013). Uma vantagem desse índice, para uma mesma comunidade, é tender a assumir um valor constante em relação a aumentos no esforço amostral (REIS, 2016). Os conhecimentos desses componentes são essenciais por exemplo para se determinar estratégias de manejo e conservação.

2.6 Avaliação da ictiofauna e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14

Adotar formas mais sustentáveis de gerir o oceano é uma prioridade global e as possíveis soluções em escala global são preconizadas pela ONU em seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (SILVA E BARRO, 2023).

A Agenda de Desenvolvimento Sustentável 2030, foi abraçada por 193 países que fazem parte da ONU, o seu foco são 17 ODS, que são uma chamada urgente pela ação de todos os países, desenvolvidos e em desenvolvimento, em uma parceria global (GONSALVES, 2021).

A adoção desta agenda assinalou uma mudança de paradigma para o desenvolvimento, quer pela natureza e extensão dos objetivos e metas estabelecidos, quer pela primazia conferida às cidades e governos locais para a concretização deles (SCOTON, 2021).

Com a chegada dos ODS, os ambientes costeiros ganharam a devida representatividade, principalmente pelo ODS 14 –Vida na Água, com o objetivo de conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (GONSALVES, 2021).

As metas do ODS 14 incluem a diminuição da poluição marinha, a preservação dos recursos marinhos, a proteção dos ecossistemas costeiros (SILVA e BARRO, 2023). O ODS 14 tem influenciado diversos países a se esforçarem no uso sustentável dos oceanos, dos espaços costeiros e de seus recursos, através da implementação da pesca sustentável, redução

da poluição plástica e da conscientização da sociedade a um estilo de vida mais sustentável (SANTOS *et al.*, 2022).

Para entender o histórico do ODS 14, é necessário considerar a trajetória anterior de iniciativas relacionadas aos oceanos e à vida marinha. Antes do ODS 14, houve outras iniciativas e acordos internacionais que buscaram promover a sustentabilidade dos oceanos. Evento considerando um marco, em 1987, o documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) ou, como é bastante conhecido, Relatório Brundtland, apresentou um novo olhar sobre o desenvolvimento, definindo-o como o processo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades (Silva e Barro; P5)

Sabendo disso, os resultados deste trabalho poderão contribuir para conservação e utilização de forma sustentável do oceano e dos recursos marinhos, corroborando, assim, com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14: Vida na Água, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU), na qual tem como meta principal a redução da poluição, defesa da biodiversidade e ecossistemas, regulação da pesca, e promoção das ciências marinhas.

3. **CAPÍTULO I: ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM UMA ÁREA PORTUÁRIA DA ZONA COSTEIRA DA AMAZÔNIA ORIENTAL BRASILEIRA¹**

Athina da Silva Carvalho ^{1,2,*} athinasilvacarvalho@gmail.com  Marcelo Henrique Lopes Silva^{1,2} marcelo.silva@ufma.br 

¹*Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente PRODEMA, Universidade Federal do Maranhão;

² Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros, Departamento de Oceanografia e Limnologia.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a ictiofauna presente no estreito dos Coqueiros. Os peixes foram coletados trimestralmente entre fevereiro e dezembro de 2022, em quatro pontos de amostragem, usando redes de tapagem com malhas de 35 milímetros entre nós opostos, 40 metros de extensão e aproximadamente 6,0 metros de altura. Dados abióticos (Salinidade, temperatura, OD, Ph, e eH) e dados bióticos (Peso, sexo e comprimento total) foram coletados. Foram registradas 43 espécies de peixes pertencentes a 25 famílias. As capturas evidenciaram as famílias Arridae e Sciaenidae como as mais representativas, em relação à distribuição temporal de abundância, a homogeneidade das variâncias foi verificada ($p > 0,05$). As capturas mais relevantes foram realizadas no período da estiagem, a curva ABC indicou um ambiente sem degradação.

Palavras-chave: Abundância; Ictiofauna; Índices ecológico; Maranhão; Meio ambiente

3.1 INTRODUÇÃO

A zona costeira amazônica possui uma extensão de 2.225 km, ocupando aproximadamente um terço do litoral do país, compreende os estados do Amapá, Pará e Maranhão (Pessoa *et al.*, 2019). A região é altamente produtiva, o que pode ser explicado pela atividade biológica gerada pelo transporte de matéria orgânica proveniente das florestas de mangue (Silva *et al.*, 2023).

¹ Manuscrito submetido ao periódico Boletim do Instituto de Pesca, classificado com Qualis A4 na área de Ciências Ambientais para o quadriênio 2017-2020.

A costa maranhense possui aproximadamente 640 km de extensão, estendendo-se do Estuário do Gurupi até o Delta do Parnaíba (Piorski *et al.*, 2009), as características geoambientais diversificadas da faixa litorânea contribuem para sua divisão em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental (Feitosa, 2006). O Golfão Maranhense é um sistema estuarino movido pelo regime de marés semidiurnas, apresenta excelentes características ambientais e uma significativa diversidade ictiofaunística (Azevedo, 2008; Silva *et al.*, 2023).

A região possui um mosaico de ecossistemas de alta relevância ambiental e econômica, dentre eles destaca-se a baía de São Marcos, seu ambiente está submetido a grande pressão das atividades humanas, visto que abriga um importante complexo portuário formado pelos terminais marítimos do ITAQUI, VALE e ALUMAR (Silva, 2018). As atividades portuárias são responsáveis por contribuir na geração de renda de uma região a partir do transporte de pessoas e produtos (Falcão e Correa, 2012), além de auxiliarem no crescimento do comércio regional, nacional e internacional (Wan *et al.*, 2021).

No entanto, apesar de ser importante, as atividades portuárias ocasionam sérios impactos ao ambiente costeiro, tais como: assoreamento marítimos, contaminação de ambientes aquáticos, desequilíbrio ecológico de espécies marinhas, poluição, entre outros (Silva *et al.*, 2018).

A ictiofauna é frequentemente usada na avaliação e no monitoramento do ambiente aquático, uma vez que as modificações impostas ao ambiente estuarino contribuem para o deslocamento do seu ponto de equilíbrio e têm como consequência imediata a alteração do seu padrão de diversidade (Castro *et al.*, 2010). Diversos índices colaboram para a compreensão da distribuição da ictiofauna, e os principais são os de diversidade, equitabilidade e riqueza das espécies (Melo 2008). Desta forma, os índices de diversidade auxiliam, de maneira simples, a expressar o real estado de diversidade de um ambiente (Semensatto Jr., 2003).

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo caracterizar a ictiofauna da área portuária de São Luís localizada no estreito dos Coqueiros através dos índices ecológicos, para identificar possíveis alterações na estrutura da assembleia de peixes. As conclusões podem fornecer uma base científica para o desenvolvimento sustentável dos recursos pesqueiros, bem como para a proteção e gestão dos ecossistemas aquáticos na região.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

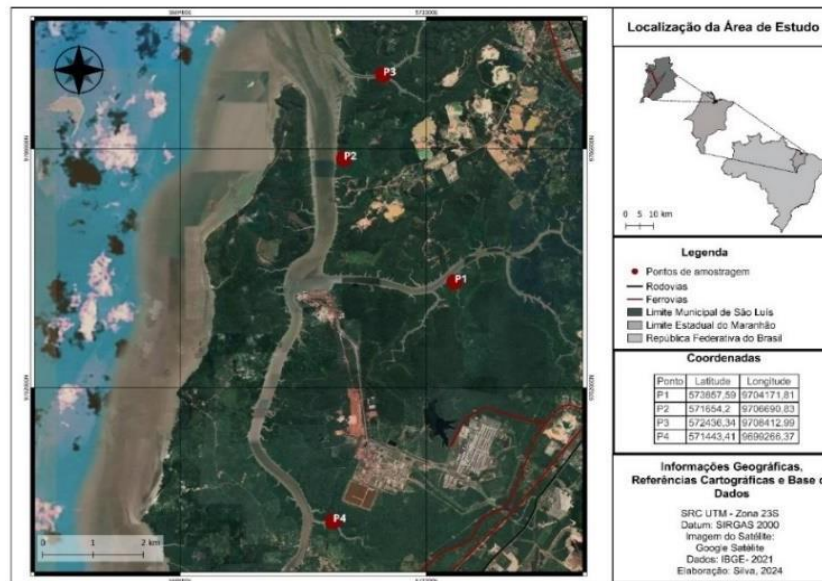
Área de estudo

A ilha de São Luís possui uma extensão aproximada de 1.453 km² (02°23'00'' - 02°47'00''S e 44°00'29'' - 44°24'29''W) a área está localizada na plataforma continental brasileira, no centro do Golfão Maranhense (Azevedo *et al.*, 2008). O Golfão Maranhense é largamente aberto ao norte onde através da abertura compreendida entre a baía de Cumã e a baía dos Tubarões, se comunica diretamente com o Oceano Atlântico Sul e é desenvolvido entre os setores Litoral Oriental e Litoral Ocidental (Bandeira, 2016).

Inserido nas regiões tropicais úmidas, as quais se estendem entre as latitudes de 15° N e 15°S. O Golfão Maranhense está localizado no extremo norte do Maranhão (Texeira e Souza, 2007). As águas do Golfão Maranhense circulam no estreito dos Coqueiros (largura de 200m) entre as baías de São Marcos e de São José (Azevedo, 2008). O estreito dos Coqueiros se constitui em um amplo canal natural que se limita norte com a baía de São Marcos (com a qual se comunica amplamente) e ao sul com o estreito dos Mosquitos, sofre influência das águas da baía de São José (Porto, 2014) e recebe ainda contribuições do rio dos Cachorros (Castro, 1986).

A região é fortemente influenciada por marés de grande amplitude (Ferreira, 1988). O porto da ALUMAR está localizado na confluência do estreito dos Coqueiros com o rio dos Cachorros (Jardim, 2013). Neste contexto, as amostragens foram realizadas em quatro pontos localizados no estreito dos Coqueiros: Ponto P1: localizado próximo ao igarapé Santa Rita; , Ponto P2: localizado no igarapé Tarará; Ponto P3: localizado no igarapé Arapopai; Ponto P4: localizado no igarapé Inhaúma (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo



Coleta e processamento de dados

Foram realizadas quatro campanhas para a captura dos peixes, sendo duas no período chuvoso (fevereiro e junho de 2022) e duas na estiagem (setembro e dezembro de 2022). Os peixes foram adquiridos diretamente dos pescadores locais. As capturas foram realizadas com auxílio de redes de tapagem, com malhas variando de 30 a 35 milímetros entre nós opostos, 40 metros de extensão e aproximadamente 6 metros de altura.

As amostragens foram realizadas durante a maré de quadratura, com um esforço de pesca padronizado em 6 horas para cada local, correspondendo a todo o ciclo de maré vazante. Logo após coletados, os espécimes foram colocados em caixa de isopor com gelo e em seguida trazidos para o Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros, da UFMA (LABIRPesq).

Em laboratório, o material biológico foi identificado até o nível de espécie, utilizando-se os trabalhos Figueiredo *et al.* (1980, 2000) e Fischer (1978). Para cada exemplar foi obtido o comprimento total (cm), peso (g) e, através de uma abertura longitudinal na região ventral, foi efetuada a identificação macroscópica do sexo e do estágio de maturidade gonadal, seguindo-se a escala de Vazzoler (1996). Foram estimados os índices bióticos de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), Equitabilidade de Pielou, e Riqueza de Magalef através das seguintes expressões:

Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H') :

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_b p_i$$

Onde S = nº total de espécies e pi = proporção do nº de indivíduos da espécie i (ni) em relação ao nº total de indivíduos (N), onde: [pi = ni/ N].

O resultado da diversidade foi apresentado em bits.ind-1, utilizando o seguinte critério de classificação, proposto por Valentin *et al.* (1991): $H' \geq 3,0$ (diversidade alta); $2,0 < H' < 3,0$ (diversidade média); $1,0 \leq H' < 2,0$ (diversidade baixa); $H' < 1,0$ (diversidade muito baixa).

Equitabilidade de Pielou:

$$E = H' / \ln(s)$$

Onde: E = Equitabilidade; H' = diversidade de Shannon-Wiener; S = riqueza de espécie.

Índice de riqueza de Magalef:

$$I = [(n-1) / \ln N],$$

Onde: S = riqueza (número de espécies); N = número total de indivíduos na amostra

A composição da ictiofauna também foi analisada através de agrupamento (Cluster), a partir dos valores de abundância. A partir de uma análise SIMPROF foi verificada quais espécies mais contribuíram com a dissimilaridade da área de estudo.

O método de comparação de curvas de abundancia e biomassa: Curvas ABC (*abundance, biomas comparison*) foi utilizado para avaliar possíveis distúrbios nas assembleias de peixes, decorrentes de perturbações ambientais (Warwick, Clark, 1994). Esse método compara a dominância em termos de abundância e biomassa em um plano cartesiano, onde as espécies são posicionadas em ordem decrescente de dominância no Eixo X (escala logarítmica) e a percentagem de dominância, em escala cumulativa, no Eixo Y. Neste caso, a abundância relaciona-se à biomassa e à energia no sistema, enquanto o número de espécies reflete a diversidade de habitat e o comportamento do da assembleia de peixes (Pinto *et al.*, 2006).

Também foram efetuadas medições dos parâmetros físico-químicas da água

paralelamente à atividade de pesca. As variáveis mensuradas nos locais de amostragem foram: pH (*potencial hidrogeniônico*), Eh (Potencial de redução e oxidação), Temperatura (°C), OD (Oxigênio Dissolvido) e salinidade. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas PAST, versão 3.14 e PRIMER, versão 6.0, ao nível de 0,05 de significância.

3.3 RESULTADOS

Foram capturados 5.986 indivíduos, sendo registradas 43 espécies, distribuídas em 14 ordens e 25 famílias (Quadro 1). As ordens mais abundantes foram Siluriformes, Peciformes, Cyprinodontiformes, Mugiliformes e Tetraodontiformes. Siluriformes e Peciformes foram as ordens dominante em número de indivíduos, com coletas mais expressivas no período de estiagem. Já a ordem Cyprinodontiformes, evidenciou maior abundância de indivíduos no período chuvoso (Figura 2).

Dentre o total de indivíduos capturados, 31,6% foram coletados na estação chuvosa e 64,4 % foram coletados durante a estiagem. Indicando a preferência das espécies pelo período seco.

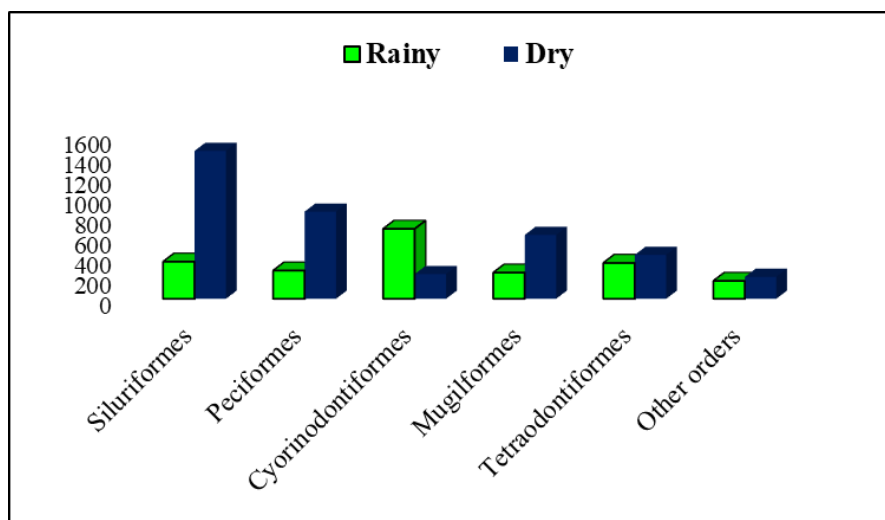
A avaliação por família, detectou que a família Sciaenidae foi a que apresentou a maior riqueza, com 9 táxons coletados, seguida pela família Arridae com 8. Em relação ao número de indivíduos por família: Ariidae novamente se destacou, pois foi constituída por 1.823 indivíduos. A espécie que mais contribuiu nesta família foi *Sciades herzbergii*. A segunda família que se destacou em número de indivíduos foi Anablepidae com 937 indivíduos, todos da mesma espécie (*Anableps anableps*)

Quadro 1. Composição dos táxons da ictiofauna capturados no ano de 2022 no estremo dos coqueiros, São Luís-MA.

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	N
Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax funebris</i>	Moreia	3
Acanthuriformes	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	Paru	11
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Batrachoides surinamensis</i>	Pacamão	56
Carangiformes	Carangidae	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	Favinha	1
		<i>Caranx latus</i>	Xaréu	17
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Pterengraulis atherinoides</i>	Sardinha de gato	121
		<i>Cetengraulis edentulus</i>	Sardinha verdadeira	11
	Clupeidae	<i>Sardinella janeiro</i>	Sardinha papel	53
Cyprinodontiformes	Anablepidae	<i>Anableps anableps</i>	Tralhoto	937
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i>	Urubarana	4
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil gaimardianus</i>	Tainha Pitua	472
		<i>Mugil curema</i>	Tainha Sajuba	419
	Carangidae	<i>Oligoplites palometa</i>	Timbiro	55
	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i>	Camurim preto	44
	Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i>	Peixe prata	23

PERCIFORMES	Haemulidae	<i>Genyatremus luteus</i>	Peixe pedra	294
	Sciaenidae	<i>Stellifer Stellifer</i>	Cabeçudo branco	32
		<i>Stellifer rastrifer</i>	Cabeçudo vermelho	1
		<i>Bairdiella ronchus</i>	Corcoroca	62
		<i>Cynoscion acoupa</i>	Pescada amarela	421
		<i>Cynoscion leiarchus</i>	Pescada branca	10
		<i>Macrodo ancylodon</i>	Pescadinha Gó	104
		<i>Micropogonias furnieri</i>	Cururuca	8
		<i>Cynoscion microlepidotus</i>	Corvina	62
		<i>Stellifer naso</i>	Cabeçudo preto	11
	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	Paru	11
	Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i>	Barbudo	50
Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i>	Crauçú	1	
Lutjanidade	<i>Lutjanus synagris</i>	Carapitanga	8	
Pleuronectiformes	Archiridae	<i>Achirus lineatus</i>	Solha	30
	Symphurinaea	<i>Symphurus plagusia</i>	Linguado	1
Scombriformes	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	Guaravira	38
Siluriformes	Ariidae	<i>Bagre bagre</i>	Bandeirado	15
		<i>Sciades herzbergii</i>	Guribu	1779
		<i>Amphiarus rugispinis</i>	Jurupiranga	8
		<i>Cathorops spixii</i>	Uriacica amarelo	9
		<i>Cathorops spixii</i>	Uriacica vermelho	7
		<i>Notarius bonillai</i>	Uriacica branco	3
		<i>Sciades proops</i>	Uritinga	2
	Aucheninpteridae	<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	Papista	9
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Colomesus psittacus</i>	Baiacu Açú	790
Rajiformes	Rajidae	<i>Dipturus oxyrinchus</i>	Raia Bicuda	1

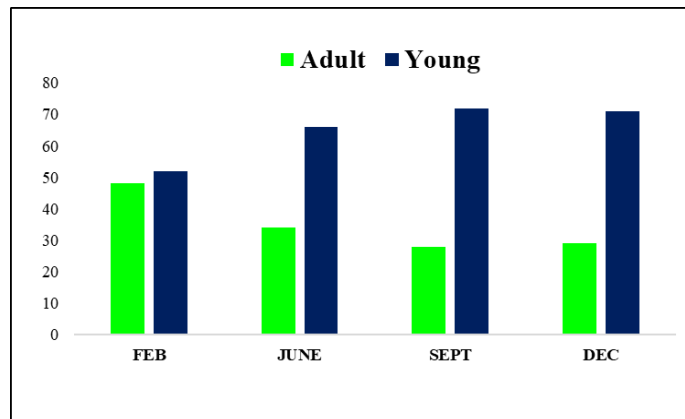
Figura 2. Composição do número de espécies por ordens, para a ictiofauna capturada no estremo dos Coqueiros.



Considerando os indivíduos mais frequentes, o comprimento total dos espécimes capturados variou entre 5,3-88,6 cm. O menor e o maior indivíduos capturados pertenciam respectivamente a *Anableps anableps* e *Centropomus undecimalis*. Analisando o grau de

maturação dos espécimes coletados, nota-se que na área de estudo a quantidade de indivíduos jovens é superior ao número de adultos (Figura 3).

Figura 3. Frequência de indivíduos jovens e adultos coletados durante as quatro campanhas de coleta no estremo dos Coqueiros.



Para o período de amostragem, as espécies que mais contribuíram para abundância foram: *Sciades herzbergii* (1779 ind.), *Anableps anableps* (937 ind.) e *Colomesus psittacus* (790 ind.), que juntas representaram 58% do total de indivíduos capturados.

A avaliação da biomassa das espécies, por mês de captura, seguiu padrão semelhante ao observado para abundância, ou seja, indicou maior incidência no período de estiagem. Os maiores valores de biomassa, foram registrados em dezembro de 2022 (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição temporal da biomassa (g) para as espécies capturadas no estremo dos Coqueiros.

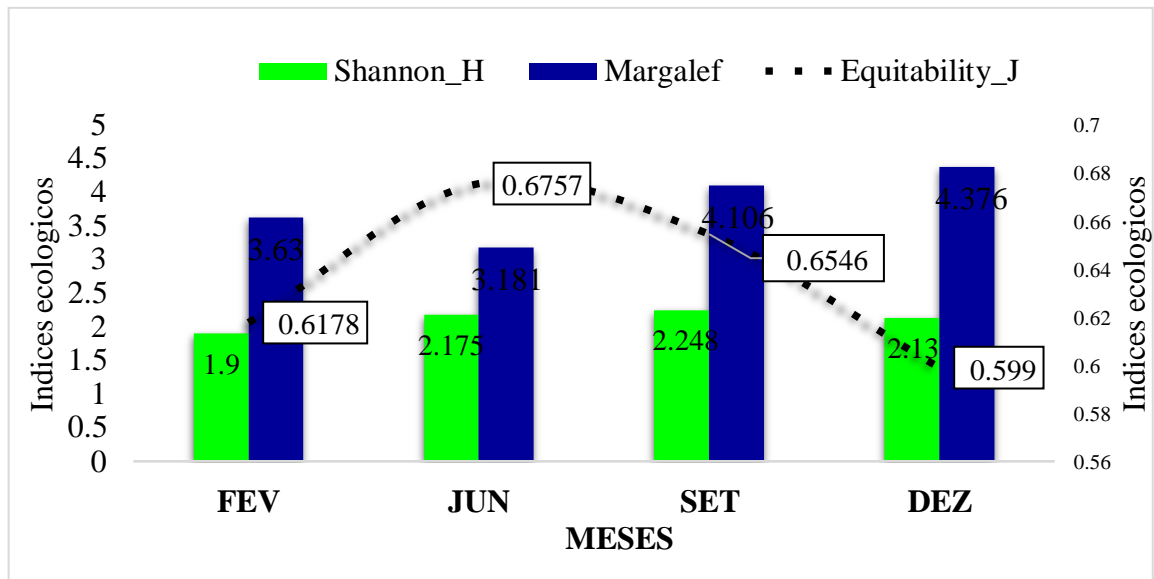
ESPÉCIES	FEV/22	JUN/22	SET/22	DEZ/22
<i>Colomesus psittacus</i>	33.654,5	20.827,4	30.229,5	16.723,6
<i>Bagre bagre</i>	240,2	403,0	-	276,1
<i>Polydactylus virginicus</i>	-	-	-	1469,0
<i>Stellifer stellifer</i>	-	532,9	-	-
<i>Stellifer naso</i>	-	-	134,7	134,4
<i>Stellifer rastrifer</i>	-	29,2	-	-
<i>Lutjanus synagris</i>	-	-	338,9	-
<i>Centropomus undecimalis</i>	2.974,8	235,7	2.603,7	2.297,8
<i>Lobotes surinamensis</i>	-	-	-	213,1
<i>Bairdiella ronchus</i>	106,6	58,5	-	1.377,3
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	-	-	-	4.001,0
<i>Micropogonias furnieri</i>	-	-	147,5	47,5
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	-	-	-	9,8
<i>Trichiurus lepturus</i>	-	826,1	215,4	1682,5
<i>Sciades herzbergii</i>	14.224,2	15.980,5	43.516,1	185.823,2
<i>Amphiarus rugispinis</i>	-	122,0	21,9	56,1
<i>Symphurus plagusia</i>	-	-	-	19,9
<i>Gymnothorax funebris</i>	2.018,8	-	122,3	0,0
<i>Batrachoides surinamensis</i>	723,9	7.228,2	2.892,6	4.731,3
<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	10,7	243,8	-	54,1
<i>Chaetodipterus faber</i>	214,8	-	19,6	1451,9

<i>Strongylura timucu</i>	-	-	-	562,2
<i>Selene setapinnis</i>	-	-	14,7	-
<i>Genyatremus luteus</i>	2.032,3	572,2	3.356,2	3.955,7
<i>Diapterus rhombeus</i>	173,2	214,3	94,5	44,8
<i>Cynoscion acoupa</i>	1.428,2	4.741,6	10.429,9	10.479,3
<i>Cynoscion leiarchus</i>	38,2	24,1	-	316,9
<i>Macrodon ancylodon</i>	1.161,0	2.106,0	904,9	5633,9
<i>Dipturus oxyrinchus</i>	-	-	6.000,0	-
<i>Pterengraulis atherinoides</i>	102,1	897,1	25,4	404,5
<i>Sardinella janeiro</i>	222,0	304,7	130,4	484,0
<i>Cetengraulis edentulus</i>	8,7	-	109,5	84,0
<i>Scomberomorus brasiliensis</i>	-	-	11,0	-
<i>Achirus lineatus</i>	198,7	1491,1	2220,3	1064,9
<i>Mugil gaimardianus</i>	86,0	5289,0	4017,8	6215,3
<i>Mugil curema</i>	2.845,2	4.383,7	7.067,3	7.026,1
<i>Oligoplites palometa</i>	165,2	209,8	1122,4	199,2
<i>Anableps anableps</i>	9.330,5	31.545,9	6.562,1	5.714,4
<i>Cathorops spixii</i>	47,2	148,4	53,1	375,7
<i>Cathorops agassizii</i>	63,0	-	105,2	-
<i>Sciades proops</i>	84,4	-	92,8	-
<i>Elops saurus</i>	-	77,8	430,2	96,6
<i>Caranx latus</i>	-	-	256,7	297,2
Total	72.154,0	98.493,2	123.246,2	263.323,3

Para avaliar as variações da ictiofauna, utilizou-se os índices de Shannon-Wiener, Riqueza de Magalef e Equitabilidade de Pielou. O índice Shannon (H') foi estimado para verificar como está a diversidade da ictiofauna na área de estudo, pois um baixo valor de diversidade de H' significa dominância de um determinado táxon, e um elevado valor significa distribuição uniforme de espécies (Melo, 2008). A avaliação temporal de Shannon-Wiener indicou pouca variação entre os meses de estudo. E indicou os meses de junho/2022 ($H'=2,17$), setembro/2022 ($H'=2,24$) e dezembro/2022 ($H'=2,13$) com diversidade média. Enquanto no mês de fevereiro/2022 ($H'=1,98$), a análise dos dados classificou o ambiente com diversidade baixa.

Quanto a riqueza, os maiores valores foram registrados em setembro e dezembro de 2022 e os menores em fevereiro e junho. Todos os valores encontrados para o índice de Magalef foram abaixo de cinco. Para a equitabilidade, foi possível observar maior expressividade no mês de junho/2022, seguido do mês de setembro/2022. Dezembro/2022 apresentou valores intermediários, enquanto na amostragem de fevereiro /2022 a distribuição apresentou os menores níveis de uniformidade entre as espécies (Figura 4).

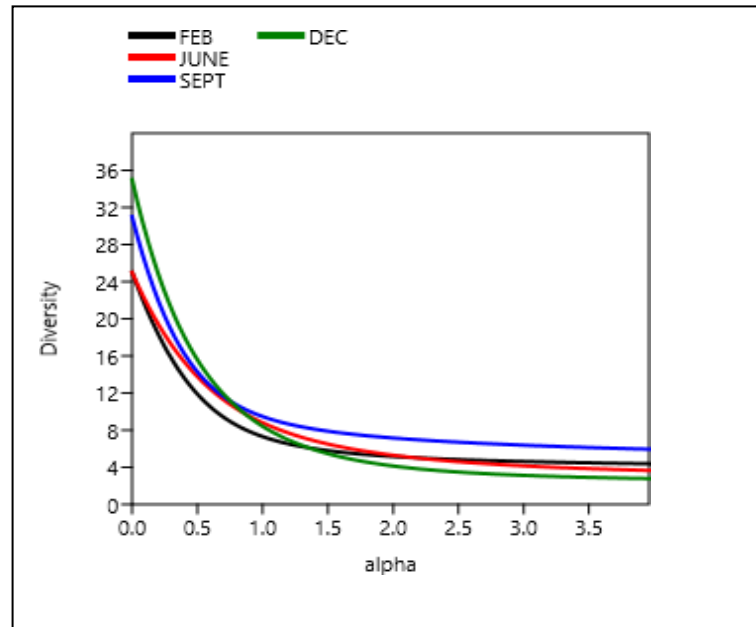
Figura 4. Índices ecológicos da ictiofauna coletada no estreito dos coqueiros, São Luis-Ma no ano de 2022.



Apesar dos índices de diversidade serem importantes para mostrar a situação de uma determinada comunidade, eles apresentam alguns problemas, uma vez que, a escolha de um determinado índice pode influenciar o padrão obtido. Outro índice poderia resultar em outro padrão, uma solução a esta indeterminação é o uso de perfis de diversidade, como as séries de Hill (Melo 2008). O perfil de Hill pode ser usado então para visualizar de forma unificada os índices, dando assim uma melhor resposta de como está o ambiente (Hill,1973).

Neste sentido, os resultados para o perfil de perfil de Hill indicou valores maiores durante a estiagem (setembro e dezembro de 2022) e menores na estação chuvosa (fevereiro e junho de 2022). O mês de setembro/2022 apresentou a maior diversidade, visto que a linha que representa o período de captura é a que menos se cruza com a dos outros meses de amostragem (Figura 5).

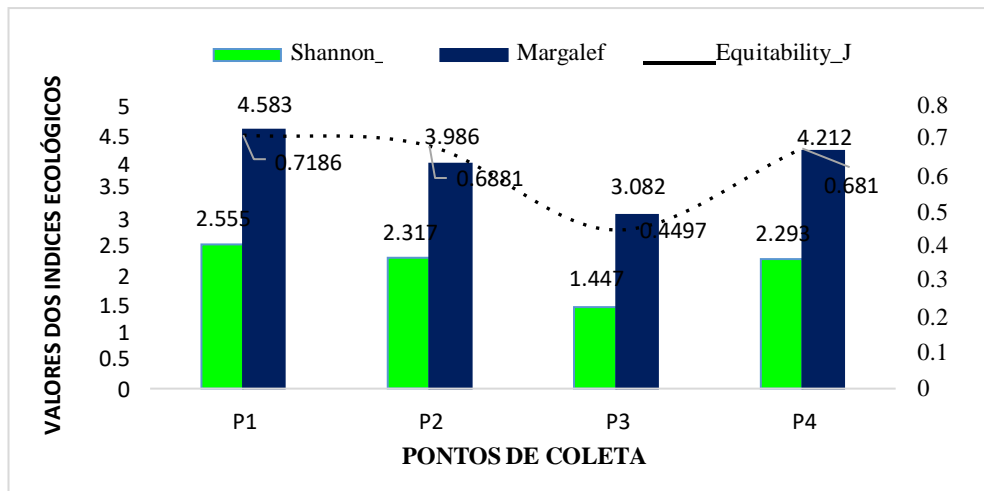
Figura 5. Perfil de diversidade de hill da assembleia de peixes do estreito dos Coqueiros, nos meses de fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2022.



Os valores de abundância, quando analisados por ponto de amostragem, indicaram resultados mais elevados no ponto P3 (igarapé Arapopaí), com um total de 2.407 indivíduos capturados, o ponto P1 (igarapé Santa Rita) com 1.684, o ponto P2 (igarapé tarará) apresentou 1.124 espécimes e, por fim, o ponto P4 (igarapé Inhaúma) que registrou a menor quantidade de exemplares capturados, sendo apenas 744 no total.

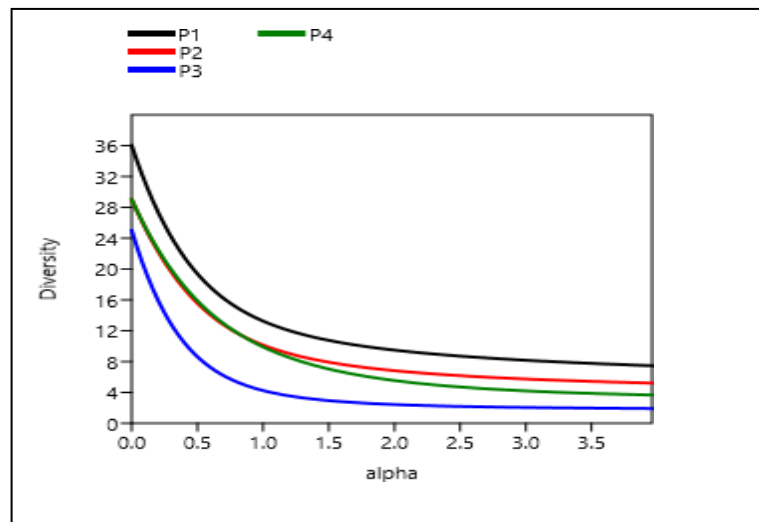
Quanto a avaliação dos índices de diversidade por ponto, o maior valor de riqueza ocorreu no ponto P1, enquanto o menor foi observado no ponto P3, todos os valores encontrados para Magalef foram abaixo de cinco. Para a equitabilidade de Pielou, foi possível observar que os pontos P1, P2 e P4 apresentaram valores maiores que o ponto P3, o que indica maior nível de distribuição das espécies neste local de amostragem. Por fim, a diversidade de Shannon indicou os pontos P1 ($H' = 2,55$), P2 ($H' = 2,33$) e P4 ($H = 2,29$) como locais de média diversidade, enquanto, o ponto P3 foi classificado com diversidade baixa (Figura 6). Análises estatísticas não indicaram diferenças significativas entre os pontos de coleta.

Figura 6. Índices ecológicos por pontos de amostragem no estreito dos Coqueiros P1 (igarapé Santa Rita), P2(igarapé tarará), P3 (igarapé Arapopai) P4 (igarapé Inhaúma).



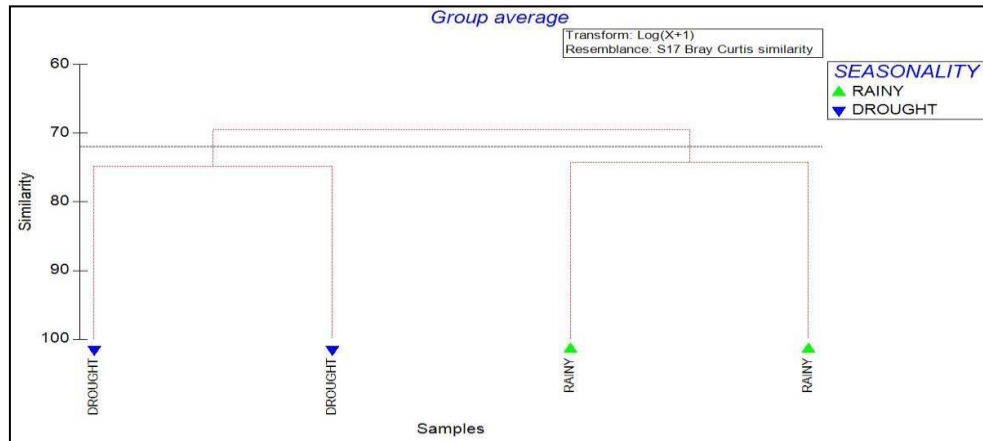
Avaliando a diversidade de Hill por local de captura, foi possível observar que o ponto P1 apresentou os valores mais elevados. As linhas dos pontos P2 e P4 se cruzam, o que indica que existem semelhanças entre os pontos (Figura 7).

Figura 7. Perfil de diversidade de hill da assembleia de peixes do estreito dos coqueiros, para os pontos de coleta.



A análise de agrupamento, efetuada por meses de coleta, evidenciou a formação de dois grupos, que foram confirmados pela análise SIMPROF ($\alpha = 0,05$), onde o grupo 1 foi constituído pelos meses de estiagem e o segundo grupo pelos meses do período chuvoso (Figura 8).

Figura 8. Análise de agrupamento para abundância dos peixes em função dos meses de captura



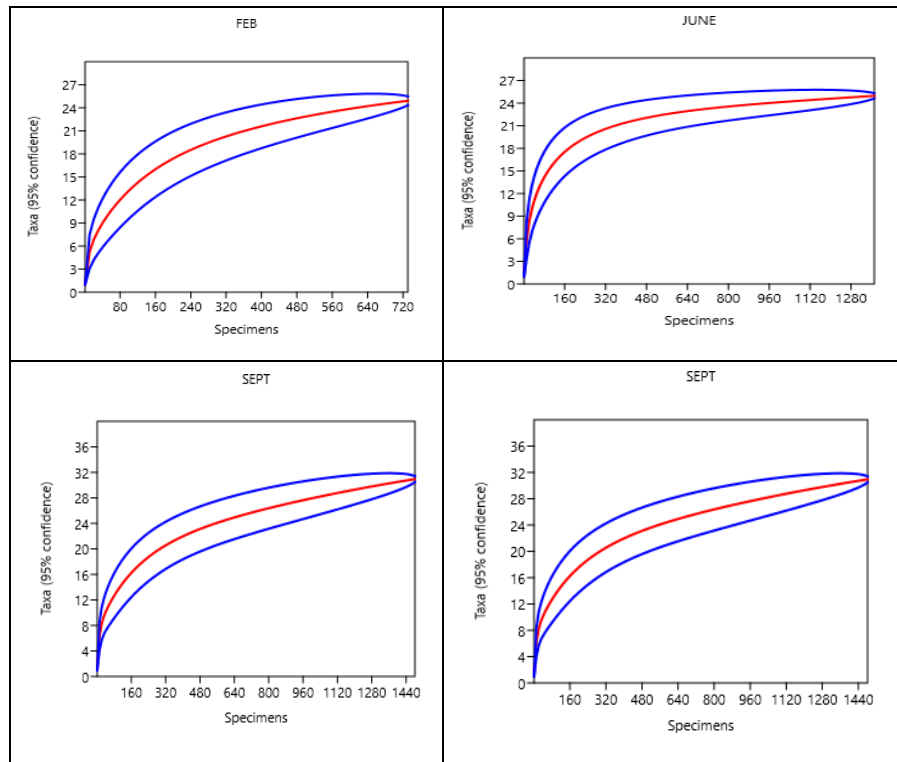
Com o objetivo de verificar quais as espécies que mais contribuíram para a distinção dos grupos relacionados, foi realizada uma análise SIMPER. Dessa forma, verificou-se que *Caranx latus* e *Mugil gaimardianus* foram as espécies que mais contribuíram com a dissimilaridade, sendo registrada a maior ocorrência no período de estiagem (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies que mais contribuíram com a dissimilaridade no período de estudo.

SPECIES	Av. abund	Av. abund	Av. diss	Diss/sd	Contrib%	Cum.%
<i>Caranx latus</i>	0	2,24	1,55	5,44	5,1	5,1
<i>Mugil gaimardianus</i>	3	5,11	1,54	0,94	5,06	10,16
<i>Bairdiella ronchus</i>	1,5	2,01	1,36	4,3	4,48	14,64
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	0	2,07	1,33	0,86	4,35	18,99
<i>Stellifer naso</i>	0	1,84	1,29	4,11	4,22	23,21
<i>Cynoscion leiarchus</i>	3,32	5,07	1,28	1,15	4,19	27,4
<i>Polydactylus virginicus</i>	0	1,97	1,26	0,86	4,13	31,54
<i>Sardinella janeiro</i>	2,94	2,26	1,24	1,29	4,08	35,62
<i>Stellier stellifer</i>	1,75	0	1,13	0,86	3,7	39,31
<i>Trichiurus lepturus</i>	1,28	2,16	1,12	1,46	3,66	42,98
<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	1,59	0	1,09	9,18	3,57	46,55
<i>Micropogonias furnieri</i>	0	1,52	1,07	2,46	3,52	50,07

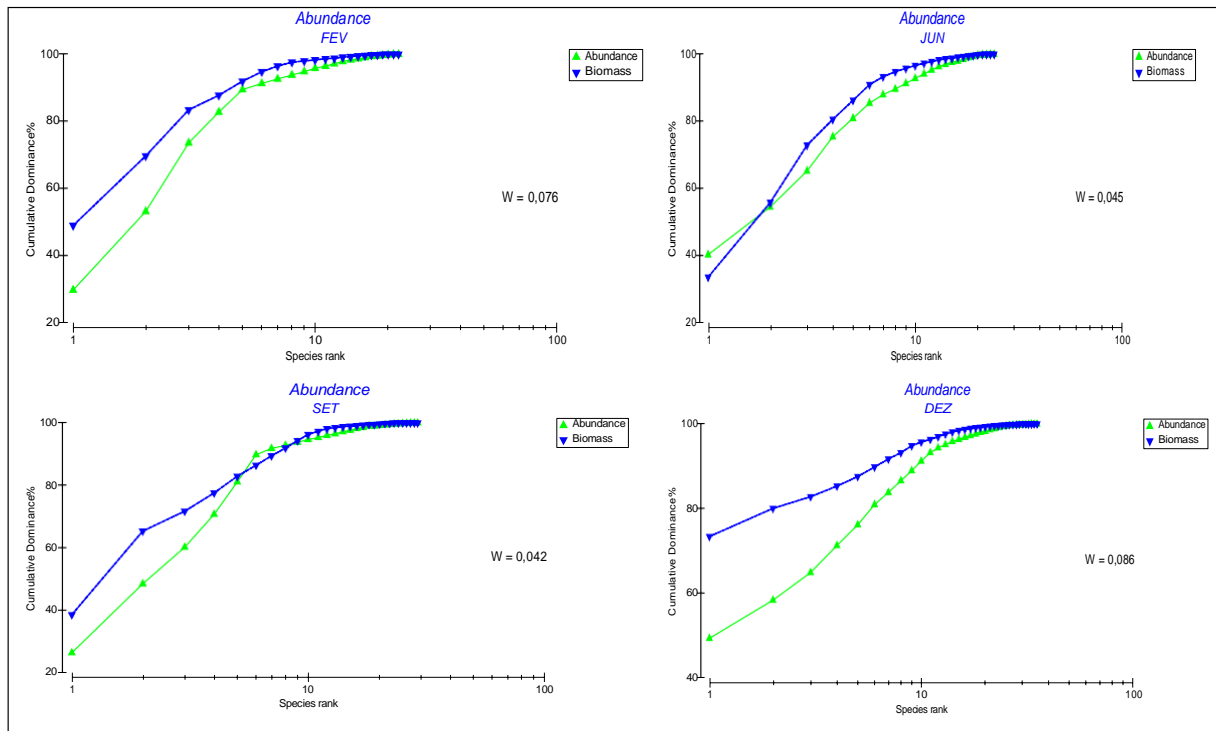
Avaliando os gráficos de rarefação para os meses estudados, nota-se que as curvas apresentaram uma estagnação (Figura 9).

Figura 9. Curvas de rarefação para a riqueza de espécies no estremo dos Coqueiros durante os meses de captura.



Para avaliar possíveis modificações na assembleia de peixes do estremo dos coqueiros, foi construída a Curva ABC. O método ABC (*abundance, biomass comparison*) foi proposto por WARWICK (1986) e é fundamentado na comparação da dominância cumulativa em termos de abundância e biomassa, foi desenvolvido para ser utilizado em comunidades bentônicas, porém pode ser utilizado para outras comunidades como a de peixes (Medeiros, 2013). Nota-se que nas curvas construídas, a curva da biomassa sempre foi superior à abundância, o que pode indicar um ambiente sem muitas perturbações (Figura 10).

Figura 10. Curvas de abundância das espécies do estreito dos Coqueiros, considerando os meses de captura.



Os resultados analíticos referentes às variáveis físico-químicas da água, analisadas nas quatro campanhas (fevereiro, junho, setembro e dezembro de 2022) no estreito dos Coqueiros, são apresentados na Tabela 3. Os resultados para temperatura são típicos da área de estudo, o que sugere que os valores não foram influenciados por intervenções no ambiente. Quanto ao Ph, os valores encontrados estão dentro do padrão estabelecidos pelo CONAMA (6,5 a 8,5) os resultados são esperados para a região da baía de São Marcos e estreito dos Coqueiros. Quanto a salinidade, com base na resolução CONAMA 357/2005, ressalta-se que todo o ambiente foi qualificado como de águas estuarinas.

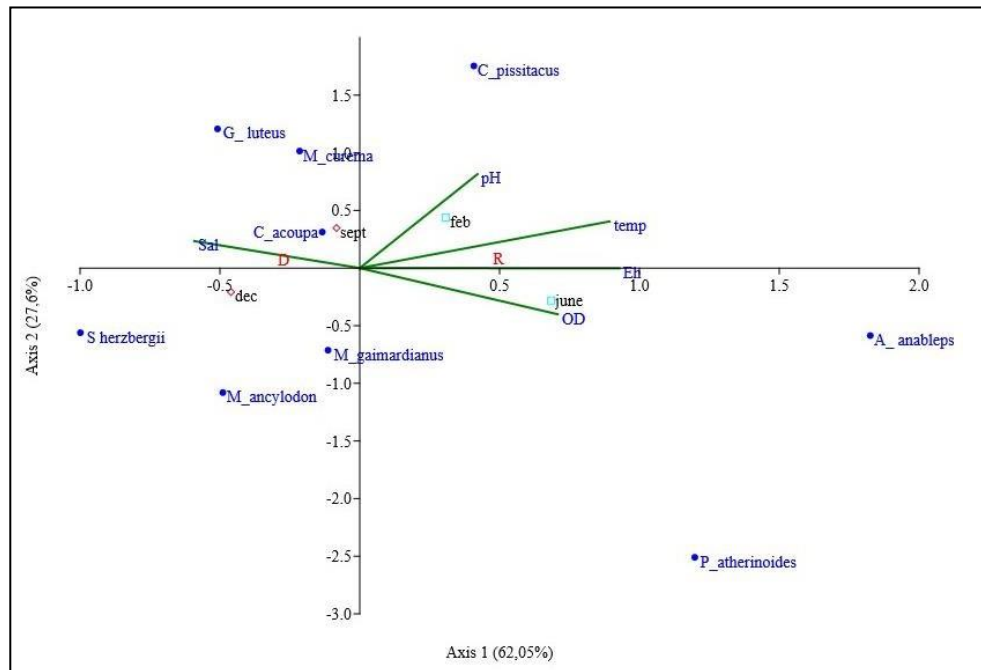
Para o oxigênio dissolvido, a resolução do CONAMA (2005), estabelece que todos os valores dessa variável não devem ser inferiores a 5 mg/L, sendo assim, todos os valores encontrados ocorreram dentro do padrão esperado. Quanto a salinidade, a resolução 357 do CONAMA (2005), determina que águas com salinidade compreendida entre 0,50‰ e 30‰ são definidas como águas salobras. Desta forma as análises de salinidade realizadas situaram se nesta faixa.

Tabela 3. Valores médios das variáveis abióticas amostradas no estreito dos Coqueiros, nos pontos de capturas dos peixes no período de fevereiro e dezembro de 2022. Temp.: temperatura; Cond.: condutividade; Sal.: salinidade; OD: oxigênio dissolvido.

Meses	Pontos	Temp.	pH	Cond.	Sal.	OD	Eh
Fevereiro	P1	28,06	7,98	22,74	13,66	4,62	-53,5
Fevereiro	P2	29,66	8,17	23,9	14,39	3,34	-65,4
Fevereiro	P3	29,33	8,12	39,26	24,89	2,19	-62
Fevereiro	P4	29,27	8,05	13,49	7,73	5,1	-57,7
Junho	P1	29,03	8,16	16,6	9,43	5,77	-45,1
Junho	P2	30,1	7,93	27,9	17,43	6,79	-59,5
Junho	P3	29,18	7,84	27,31	16,77	6,41	-45,3
Junho	P4	27,94	7,86	8,63	4,8	5,98	-50
Setembro	P1	30,51	7,84	20,97	12,55	2,24	-47,7
Setembro	P2	28,41	8,25	14,91	8,15	6,75	-63,4
Setembro	P3	27,94	7,97	34,56	21,63	4,9	-52,4
Setembro	P4	28,77	8,42	31,99	19,89	5,77	-71,2
Dezembro	P1	28,62	7,80	38,24	24,27	4,03	-72,1
Dezembro	P2	28,13	7,72	42,85	27,42	3,92	-67,4
Dezembro	P3	28,56	7,64	43,02	27,58	4,17	-65
Dezembro	P4	28,71	7,86	37,18	23,45	2,9	-71,7

A análise de correspondência canônica (CCA) indicou fortes correlações entre a distribuição das abundâncias das espécies mais relevantes na amostra e as variáveis ambientais utilizadas. Os dois primeiros eixos canônicos responderam por 62,05% e 27,6% (total acumulado: 89,65) da variância global dos dados. As variáveis ambientais mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo foram oxigênio dissolvido, pH, Eh e temperatura, com tendência de maior influência nas espécies *Anableps anableps*, *Pterengraulis atherinoides*, *Mugil gaimardianus* e *Colomesus psittacus* que, por sua vez, foram associadas ao período chuvoso. Para o eixo 2, a salinidade influenciou na distribuição de *Macrodon ancylodon*, *Sciades herzbergii*, *Cynoscion acoupa*, *Mugil curema* e *Genyatremus luteus* (Figura 11).

Figura 11. Análise de correspondência canônica para associação da distribuição das espécies e variáveis ambientais Tem: temperatura °C; cond: condutividade; Sal: salinidade; OD: oxigênio dissolvido.



3.4 DISCUSSÃO

Os estuários são locais essenciais para alimentação e abrigo, de diversas espécies destacando-se as regiões dos manguezais, devido à elevada produção e reciclagem de alimentos (Castro, 2010). No estuário investigado, foi registrado um total de 43 espécies, número inferior ao encontrado em outros estudos realizados na ilha de São Luís por Castro *et al.*, (2010), que registraram um total de 44 espécies, próximo a Alumar, e Silva Júnior *et al.*, (2013) que contabilizaram 55 taxons no estuário do rio Paciência.

Em estudos mais recentes, Silva *et al.* (2018) verificaram a ocorrência de 56 espécies na região portuária de São Luís. No entanto, o valor encontrado foi superior aos resultados apresentados em outros estuários, por exemplo, na Lagoa da Jansen, Castro *et al.* (2002) registrou um total de 24 espécies, enquanto na ilha dos Caranguejos, Carvalho Neta *et al.* (2008) identificaram 32 táxons. A diferença entre os estudos pode ser explicada em razão da variação do esforço amostral aplicado nas capturas.

As ordens Siluriformes e Pecifomes foram as ordens predominantes na área de estudo, o que é um padrão esperado para a costa do Brasil (Silva, 2018). Essa abundância pode ocorrer pelo fato de que normalmente os peixes pertencentes a essas ordens se distribuem amplamente pela costa norte brasileira, uma vez que suportam amplas variações em seu ambiente. As

famílias Ariidae e Scianidae foram as mais abundantes, o que também já era um resultado esperado, uma vez que são grupos que toleram grandes variações de salinidade (Camargo & Isaac, 2003). A grande captura dessa família também pode ocorrer em virtude da formação frequentemente de grandes agregações, por parte dos indivíduos representantes deste grupo, durante a migração reprodutiva, o que os tornam mais suscetíveis à captura em grande quantidade (Chao *et al.*, 2015).

As três espécies mais frequentes durante as campanhas de coleta foram: *Colomesus psittacus*, *Sciades herzbergii* e *Anableps anableps*. Essas espécies vivem nos fundos lamosos, onde há grande disponibilidade de alimento derivado da matéria orgânica, que se origina da decomposição das folhas de mangue, demonstrando, assim, os maiores fluxos de energia (Carvalho-neta, 2008). A relação entre o número de espécies e o número de famílias, fornece uma ideia do grau de diversidade dentro das famílias. No estuário investigado, o valor encontrado foi de 1,72. Este valor é inferior aos registrados em outros estuários, como na área de influência portuária que foi 1,76 (Castro, 2010) e 2,94 nos estuários de São Luís e São José de Ribamar (Silva 2018), o que indica que a região estudada possa ter menor diversidade específica.

Na área de estudo, os valores mais elevados de biomassa e diversidade foram registrados na estiagem. Maiores capturas em termos de biomassa, bem como em número de indivíduos no período seco, podem indicar a preferência das espécies analisadas por esse período.

Silva Júnior *et al.*, (2013), sugerem que nesse período as temperaturas são mais elevadas no estuário, proporcionando aumento da produção primária e disponibilidade de alimentos, favorecendo a aproximação de grandes cardumes. Estudos na costa brasileira mostram que a ictiofauna dos estuarinos sofrem flutuações sazonais claras na abundância, biomassa e na diversidade, que podem estar relacionadas a padrões reprodutivos, aumento do recrutamento e, mesmo indiretamente, à precipitação (Azevedo, 2019).

Os valores de Shannon (H') sinalizam poucas variações, o que é um sinal de um ambiente equilibrado, uma média diversidade pode ser característica da presença de espécies pouco constantes na região. Todos os valores para riqueza de Magalef se encontraram abaixo de cinco, o que sinaliza que não há grande riqueza biológica na área, pois, valores acima de 5,0 são indicativos de elevada riqueza (Magalef, 2006).

A curva ABC construída para área de estudo, mostra um ambiente sem muitas perturbações, uma vez que, em ambientes sob condições estáveis, a curva de biomassa se estende acima da curva de abundância, pois, ambientes sem muitos distúrbios, a comunidade é dominada por espécies que apresentam um lento crescimento, um grande tamanho e uma maturação mais tardia (k-estrategistas), essas espécies possuem uma grande massa corpórea, mas raramente grandes numericamente. Já em ambientes que apresentam uma leve perturbação, as espécies que dominam são as de rápido crescimento, dominante em biomassa e abundância (r-estrategistas), nesse caso as curvas tendem a ser bem próximas, podendo se cruzar ao longo do seu comprimento, indicando um ambiente moderadamente poluído e por fim, em ambiente altamente perturbado, curva de abundância está acima da curva de biomassa (Yemane *et al.*, 2005). A estagnação da curva de rarefação indica que a quantidade de espécies capturadas está próxima do número real encontrado na região do estreito dos Coqueiros.

3.5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que a região do estreito dos Coqueiros apresenta notável importância para o desenvolvimento da ictiofauna do Golfão Maranhense, uma vez que registra a presença constante de vários representantes das famílias Sciaenidae, Ariidae Anablepidae, Mugilidae, Haemulidae e Tetraodontidae. No trecho estudado foi possível observar dominância de poucas espécies com grande número de indivíduos, fortalecendo, assim, a responsabilidade quanto aos procedimentos operacionais nas atividades portuárias da região, exigindo um constante acompanhamento desses processos.

3.6 AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Maranhão, ao laboratório de ictiologia e recursos pesqueiros(LABIRPesq) , a CAPES, e a FAPEMA

CONFLITOS DE INTERESSE

Nada a declarar

FINANCIAMENTO

Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA.

3.7 REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A.C.G.; FEITOSA, F.N.; KOENING, M.L. 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, 22(3):870-877. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000300022>
- BANDEIRA, A.M., 2016. Um novo horizonte cerâmico no Golfão Maranhense—Ilha de São Luís—MA. *Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG*, 25, (1-2):
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em <https://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf> Acesso em: 25/03 2024.
- CAMARGO, M.; ISAAC, V.; 2004. Food categories reconstruction and feeding consumption estimates for the Sciaenid *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider), and the congeneric fishes *Stellifer rastrifer* (Jordan) and *Stellifer naso* (Jordan) (Pisces, Perciformes) in the Caeté Estuary, Northern Coast of Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1): 85-89, <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000100015>
- CARVALHO NETA, F.N.R.; CASTRO, A.C.L.; 2008. Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da ilha dos caranguejos, Maranhão. *Arquivos de Ciências do Mar*, 41(1): 48 – 57;
- CASTRO, A.C.L., 1986. Aspectos bioecológico do caranguejo-ucá, no estuário do Rio dos Cachorros e Estreitos dos Coqueiros, São-Luís-Ma. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 7(1):7-26. <https://doi.org/10.18764/>
- CASTRO, A.C.L.; CASTRO, K.D.D.; PORTO, H.L.R. 2010. Distribuição da assembleia de peixes na área de influência de uma indústria de alumínio na Ilha de São Luís—MA. *Boletim do laboratório de Hidrobiologia*, 24(2):71-78.
- CASTRO, A.C.L.; PIORSKI, M.N.; Júnior, P.R.J 2014. Avaliação qualitativa da ictiofauna da Lagoa da Jansen, São Luís, Ma. *Boletim do laboratório de Hidrobiologia*, 14(1):39-50. <https://doi.org/10.18764/>
- CHAO. A; JOST. L.; 2015. Estimating diversity and entropy profiles via discovery rates of new species. *Methods in ecology and evolution*, 6(8):873-882 <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12349>
- CLARKE, K.R.; WARWICK. R.M.; 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine biology*, v. 118(1): 167-176.
- FALCÃO, V.A.; CORREIA, A.R.; 2012. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v. 6(4): 133-146;
- FEITOSA, A.C.; 2006. Relevo do Estado do Maranhão: uma nova proposta de classificação topomorfológica. In: *Simpósio Nacional de Geomorfologia; Regional Conference on Geomorphology*: 1-11

FERREIRA, H.O.; 1988. Contribuição aos estudos das correntes de maré dos estreitos dos coqueiros e mosquitos, Maranhão. Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 8(1):45-52. <https://doi.org/10.18764/>

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 116 pp. 2000.

HILL, M.O.;1973. Reciprocal Averaging: An Eigenvector Method of Ordination: An Eigenvector Method of Ordination. The Journal of Ecology. 61(1):237-249

JARDIM, E.L. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: PARA QUEM ELA SERVE AFINAL? Uma discussão sobre a RESEX de Tauá-Mirim e projetos de desenvolvimento no povoado de Porto Grande. In: Jornada internacional de políticas públicas: 1-9

MARGALEF G.L ; ARENAS. M.A.; 2006 ¿ Qué entendemos por innovación educativa? A propósito del desarrollo curricular. Perspectiva educacional, formación de profesores, 47(1): 13-31

MELO, A.S.; 2008. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? Biota Neotropical 8(3): 1-7. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000300001>

PESSOA, Rubem Manoel Coelho et al. 2019. Federal conservation units in the Brazilian amazon coastal zone: An adequate approach to control recreational activities? Ocean & Coastal Management, 178(6), p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104856>

PINTO, B.C.T.; PEIXOTO, M.G.; ARAÚJO, F.G.; 2006. Effects of the proximity from an industrial plant on fish assemblages in the rio Paraíba do Sul, southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology 4(2): 269-278. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252006000200013>

PIORSKI, G.M.R, et al.; 2009. SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DA VISITAÇÃO NA PRAIA DE CARIMÃ, RAPOSA-MA1. Caminhos de Geografia, v. 10, n. 32;

PORTO, H.L.R.; 2014, Estudo da diversidade e biomassa de pós-larvas e juvenis de camarão do gênero penaeus no estrito dos Coqueiros. Boletim do laboratório de Hidrobiologia, v.5, n.1.P. 47-70;

SEMENSATTO JR, D.L.; 2003. Aplicação de índices de diversidade em estudos envolvendo associações entre foraminíferos e tecamebas recentes: uma breve discussão. In: congresso da associação brasileira de estudos do quaternário: 1-5

SILVA, C.L.; ROSA, S.F.; LUNKES, J.R.; 2018. Estudo sobre desempenho ambiental de portos brasileiros. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. 7(1): 4-33. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e120184-33>

SILVA, L.R et al.; 2023, Characterization and spatiotemporal dynamics of the ichthyofauna of two tidal containment zones on the Brazilian Amazon coast. Boletim do Instituto de Pesca, v. 49. <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2023.49.e798>

SILVA, M.G.S.; 2013. Caracterização da ictiofauna em três canais de maré do estuário do rio Paciência, ilha de São Luís, estado do Maranhão. Arquivos de Ciências do Mar,46(1):5-21

SILVA, M.H.L, et al. 2018. Fish assemblage structure in a port region of the Amazonic coast. *Iheringia. Série Zoologia*, 108(1):1-11. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018018>

TEIXEIRA, S.G.; SOUZA F.P.W. 2007. Análise de coeficientes de retroespalhamento de imagens multitemporais RADARSAT-1 na discriminação de ambientes costeiros tropicais da região da Baixada Maranhense. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil: 5019-5026

VALENTIM, J.L. 2012. *Ecologia numérica: uma introdução a análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: interciência, 168p.

VAZZOLER, A. Emília Amato. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem.

WAN, Chengpeng et al. 2021. Identifying important ports in maritime container shipping networks along the Maritime Silk Road. *Ocean & Coastal Management*,v. 211: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105738>

WARWICK, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine biology*,92 (4): 557-562, [10.1007/BF00392515](https://doi.org/10.1007/BF00392515)

YEMANE, D.C, John G.L, Rob W. 2005 Explorando os efeitos da pesca nas assembleias de peixes usando curvas de comparação de abundância de biomassa (ABC). *Revista ICES de Ciências Marinhas* 3(1): 374-379

NORMAS DA REVISTA A QUAL O ARTIGO FOI SUBMETIDO.

Nome da Revista: Boletim do Instituto de Pesca

QualisA4

O manuscrito deve ter a seguinte estrutura

TÍTULO: Deve ser claro e conciso (não deve se estender por mais do que duas linhas ou 20 palavras) e grafado em letras maiúsculas. Recomenda-se que não sejam inseridos o nome científico da espécie nem a referência ao seu descritor, a não ser que seja imprescindível (no caso de espécies pouco conhecidas).

NOME(S) DO(S) AUTOR(ES): Deve(m) ser apresentado(s) completo(s) e na ordem direta (prenome e sobrenome). A filiação do(s) autor(es) (com até três instancias organizacionais), o *e-mail* e o registro no ORCID deverão ser colocados na primeira página, logo após o nome dos autores, sendo identificado(s) por números arábicos, separados por vírgula quando necessário. Os dados da afiliação dos autores e sua localização geográfica devem ser apresentados no idioma de origem da instituição. O autor correspondente deve ser destacado.

ABSTRACT: O Resumo deve conter concisamente os objetivos, a metodologia, os resultados obtidos e as conclusões, utilizando no máximo 200 palavras. Deve ser redigido de forma que o leitor se interesse pela leitura do trabalho na íntegra.

KEYWORDS: no mínimo três e no máximo seis, redigidas em letras minúsculas e separadas por ponto e vírgula. Não devem repetir palavras que constem do Título e devem identificar o assunto tratado, permitindo que o artigo seja encontrado no sistema eletrônico de busca.

INTRODUÇÃO: Deve ocupar, preferencialmente, no máximo duas páginas, apresentando o problema científico a ser solucionado e sua importância (justificativa para a realização do trabalho), bem como a evolução/situação atual do assunto pesquisado. O último parágrafo deve expressar o objetivo, sendo coerente com o que consta do Resumo.

MATERIAL E MÉTODOS: Deve descrever sucintamente toda a metodologia utilizada, organizada de preferência na ordem de aplicação e de modo que o experimento possa ser reproduzido. Este item pode variar de acordo com a natureza temática do documento, mas em geral deve conter a descrição do procedimento amostral local, frequência, período, instrumento

e métodos, outras variáveis relevantes ou o delineamento do experimento, a descrição dos tratamentos e das variáveis, o número de repetições e as características da unidade experimental. Deve informar sobre procedimentos estatísticos e transformações de dados. Evitar detalhes supérfluos, extensas descrições de técnicas de uso corrente e a utilização de abreviaturas não usuais.

RESULTADOS: Devem ser apresentados separadamente da Discussão. Podem ser apresentados textualmente ou sob a forma de tabelas e/ou figuras. Dados apresentados em tabelas ou figuras não devem ser repetidos sistematicamente no texto.

TABELAS: Devem ser apresentadas ao longo do texto, numeradas com algarismos arábicos e encabeçadas pelo Título (autoexplicativo). Recomenda-se que os dados apresentados em tabelas não sejam repetidos em gráficos, a não ser quando absolutamente necessário. As tabelas devem ter, no máximo, 16 cm de largura. As tabelas devem ser em formato retrato e não ultrapassar uma página. Abreviaturas também devem ser evitadas, a não ser para unidades de medida. Se necessárias, porém, devem ter seu significado indicado em legenda sob a tabela.

FIGURAS: Todo elemento visual (gráficos, desenhos, mapas ou fotos) é denominado de figura e deve ser apresentado ao longo do texto, ter no máximo 16 cm de largura e 21 cm de altura, ser numerado com algarismos arábicos, com título autoexplicativo logo abaixo. Palavras em gráficos e mapas devem estar em fonte legível. Não inserir gráficos, mapas ou fotos em tabelas ou quadros.

DISCUSSÃO: Evitar a repetição de valores já apresentados nos resultados, bem como a citação de tabelas e figuras. A discussão deve explorar a importância dos resultados do trabalho, e não apresentar apenas uma comparação dos dados obtidos com os disponíveis na literatura. Deve salientar e demonstrar as principais ideias e contribuições produzidas pelo trabalho, bem como comentar se há necessidade de novas pesquisas ou eventuais limitações encontradas. A Discussão deve conter hipóteses e/ou comentários objetivos sobre os resultados, discutidos à luz de observações constantes da literatura especializada.

CONCLUSÃO: Deve ser clara, concisa e responder ao(s) objetivo(s) do estudo. Deve ser capaz de propor uma solução (ou caminho de solução) para a demanda/o problema, com base nos resultados obtidos.

CONFLITO DE INTERESSE: Os autores devem indicar quaisquer conflitos de interesse.

FINANCIAMENTO: O apoio financeiro recebido de instituições de fomento para a realização da pesquisa e/ou a elaboração do manuscrito deverão ser informados, se houver. O nome da agência financiadora deve ser escrito por extenso, seguida do número do subsídio (grant). Caso a pesquisa não tenha sido financiada por uma bolsa de projeto específico, as seguintes informações deverão ser incluídas: “Esta pesquisa não recebeu bolsa específica de qualquer agência de financiamento nos setores público, comercial ou sem fins lucrativos”.

AGRADECIMENTOS: Deverão incluir a colaboração de pessoas, grupos ou instituições que mereçam reconhecimento, mas não tenham justificadas suas inclusões como autores.

APÊNDICES E ANEXOS: Devem ser incluídos somente quando essencial para o entendimento do artigo. Ficará aos Revisores e Editores a decisão final de incluí-los na publicação ou não.

CITAÇÕES NO TEXTO

Usar o sistema autor/data, ou seja, o sobrenome do autor e o ano em que a obra foi publicada.

LISTA DE REFERÊNCIAS

As referências devem ser ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor. Se houver mais de um trabalho com o mesmo sobrenome, serão consideradas a ordem cronológica e, continuando a coincidência, a ordem alfabética do segundo ou terceiro elemento de referência. Após os nomes dos autores, insira o ano da publicação, o título do artigo, o título da revista (não deve ser abreviado), o volume, a edição, o intervalo de páginas e DOI. teses, trabalhos apresentados a fim de obter o diploma de bacharel (TCC), livros, capítulos de livros só podem ser incluídos quando absolutamente

4. CAPÍTULO II: INVESTIGAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EM ESPÉCIES DE PEIXES COMERCIALMENTE IMPORTANTES DA COSTA AMAZÔNICA MARANHENSE, BRASIL²

Athina da Silva Carvalho ^{1,2*} athinasilvacarvalho@gmail.com  Marcelo Henrique Lopes Silva^{1,2} marcelo.silva@ufma.br 

¹ Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Maranhão

² Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros, Departamento de Oceanografia e Limnologia

* Autor correspondente Athina da Silva Carvalho

RESUMO

A poluição por microplásticos está se tornando cada vez mais notória em ambientes costeiros e a sua ingestão por organismos aquáticos suscita grandes preocupações. Desse modo, este trabalho teve por objetivo quantificar e caracterizar a presença de microplásticos em peixes de interesse comercial. Para isso, foram selecionadas três espécies de peixes do estreito dos Coqueiros, em laboratório realizou-se a verificação do sexo e do estágio gonadal das espécies e em seguida, retirou-se os estômagos dos exemplares. Os estômagos foram pesados e em seguida colocados em frascos de vidro, dentro dos frascos, os estômagos foram cobertos com uma solução de KOH para a dissolução dos tecidos moles, esses estômagos ficaram no frasco por 2 semanas. Após os estômagos serem digeridos, filtrou-se a solução contendo o conteúdo em bomba a vácuo em filtros de fibra de vidro, os filtros foram levados a estufa para serem secos por 24 horas e em seguida foram armazenados em placas de petri. 100% das amostras estavam contaminadas com microplásticos as formas de microplásticos encontradas foram as fibras e os fragmentos sendo as fibras a forma plástica mais abundante. Organismos pelágicos apresentaram mais partículas plásticas do que organismos demersais.

Palavras-chave: Fibras, Fragmentos, Ingestão, Poluição, Saúde

4.1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e o aumento populacional desenfreado, culminaram em grandes prejuízos ao meio ambiente, como alterações climáticas, diminuição da biodiversidade e a poluição (NOBRE *et al.*, 2020). A introdução de poluentes dos mais diversos tipos no meio ambiente tem se intensificado nos últimos anos e entre as substâncias mais descritas, o plástico é o resíduo sólido mais descartado de forma inadequada (JAMBECK *et al.*, 2015).

² Manuscrito a ser submetido ao periódico Marine Pollution, classificado com Qualis A1 na área de Ciências Ambientais para o quadriênio 2017-2020.

O impacto da introdução de contaminantes é sentido por toda a natureza, mas o ambiente aquático é um dos que mais sentem essa pressão antropogênica, já que os organismos presentes têm uma exposição corpórea mais intensa aos compostos potencialmente prejudiciais (NOBRE *et al.*, 2020).

Resíduos plásticos descartados de forma inadequada se acumulam em ecossistemas aquáticos e sua deterioração resulta em efeitos ambientais adversos (TOFA *et al.* 2019). Estima-se que milhões de toneladas desse material sejam depositadas no oceano todos os anos (JAMBECK *et al.*, 2015). E as regiões costeiras apresentam um adensamento populacional maior, gerando mais impacto ao meio e à biota (YOUNG *et al.*, 2016).

A presença do plástico já foi descrita por toda a linha costeira, no gelo do Ártico, na superfície e no fundo do mar, acredita-se que cerca de 268.940 toneladas de partículas plásticas está à deriva nos oceanos, sendo que 92,4 % são compostas por microplásticos, logo sua poluição é distribuída de forma global, sendo sua onipresença no oceano um fato (NOBRE *et al.*, 2020).

Os microplásticos são partículas menores do que 5 mm e ocorrem em duas formas diferentes: os microplásticos primários e microplásticos secundários (JAMBECK *et al.*, 2015). Os primários são aqueles que já são fabricados em tamanho micro para uma variedade de uso, como as microesferas usadas em cosméticos (BAYO *et al.*, 2017). Já os microplásticos secundários são formados quando intempéries físicas e químicas, deterioram plásticos em pedaços menores (MONTAGNER *et al.*, 2021).

A contaminação global dos ecossistemas aquáticos por microplásticos é um problema crescente de saúde pública e sustentabilidade (AKTER *et al.*, 2024). Escoamento de esgotos e descargas industriais são algumas rotas influentes que levam à transferência de lixo plástico para corpos aquáticos (GOIUN *et al.*, 2011).

Devido à sua coloração atraente e permanência no ambiente, essas partículas estão facilmente disponíveis para os peixes (MUKHOPADHYAY E VALSALAN, 2024) e, devido ao seu tamanho micro, esse material pode ser ingerido, podendo causar sérios danos aos organismos aquáticos (OLIVATTO, 2018).

Os microplásticos têm o potencial de se translocar das barreiras intestinais dos peixes para os músculos, assim podem ser ingeridos por humanos, e os efeitos desta partícula são pouco conhecidos (ADIKA *et al.*, 2023). Desse modo, este trabalho teve por objetivo investigar

a abundância de microplásticos (MP's) no estômago de três espécies peixes comercialmente importantes, além de caracterizar e quantificar as partículas encontradas nos organismos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A Ilha do São Luís apresenta uma extensão de aproximadamente 700 Km², seu relevo é marcado por ondulações suaves, que favorece a intrusão marinha para os rios, originando extensas áreas estuarinas (CASTRO *et al.*, 2010). Limita-se a oeste com a baía de São Marcos e a Leste com a baía de São José (SOUZA, 2021).

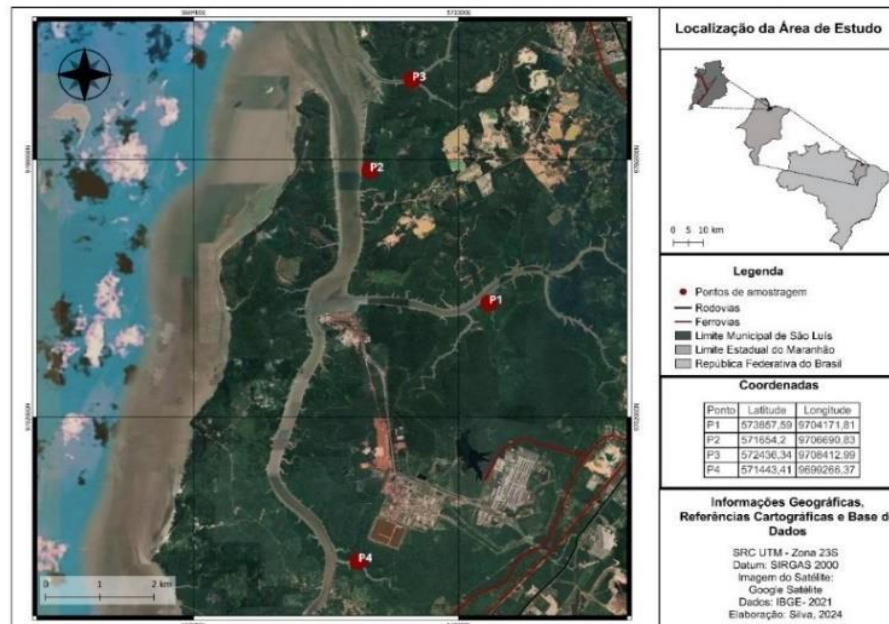
As duas baías são interligadas pelos canais dos estreitos dos Coqueiros e dos Mosquitos (FERREIRA, 2021). O estreito dos Coqueiros é um canal natural que recebe influência das águas da baía de São José e do rio dos Cachorros (CASTRO *et al.*, 2010). O padrão de circulação e mistura das águas confere a esse ambiente um comportamento cíclico do gradiente de salinidade, enquadrando-o como um sistema dinâmico, com característica típica dos estuários (CASTRO *et al.*, 2018).

A região apresenta grande destaque econômico, uma vez que, na área de confluência do estreito dos Coqueiros com o rio dos Cachorros, está instalado o terminal privado da Alumar, que é um dos principais meios de escoamento de produtos industriais e matérias primas do estado do Maranhão (FUSHIMI E OLIVEIRA, 2020).

Amostragem de peixes

A amostragem de peixes foi realizada no estreito dos Coqueiros. As espécies foram coletadas em quatro pontos; Ponto P1: no igarapé Santa Rita; Ponto P2: localizado no igarapé tarará; Ponto P3: localizado no igarapé Arapopaiá; Ponto P4: localizado no igarapé Inhaúma (Figura 12).

Figura 12: Mapa de localização da área de estudo



Os espécimes obtidos para investigação da ocorrência de microplásticos foram coletados nos meses de setembro e dezembro e eram compostos por 10 exemplares de *Mugil curema*, *Sciades herzbergii* e *Cynoscion acoupa*, que totalizou 30 amostras. Os peixes foram obtidos diretamente com pescadores artesanais e em seguida colocados em caixa de isopor com gelo e levados para o Laboratório de Ictiologia e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Maranhão (LABIRPesq, UFMA).

Caracterização das espécies.

Sciades herzbergii (Bloch, 1794)

Também conhecido como bagre guribu (Figura 13A), é uma espécie estuarina residente abundante no litoral maranhense, a qual apresenta relativa importância comercial na pesca artesanal do estado (RIBEIRO *et al.*, 2012). Pertencente à família Ariidae, *Sciades herzbergii* é um peixe detritívoro demersal, abundante em águas costeiras rasas e fundos lamosos (ARAUJO, 1988).

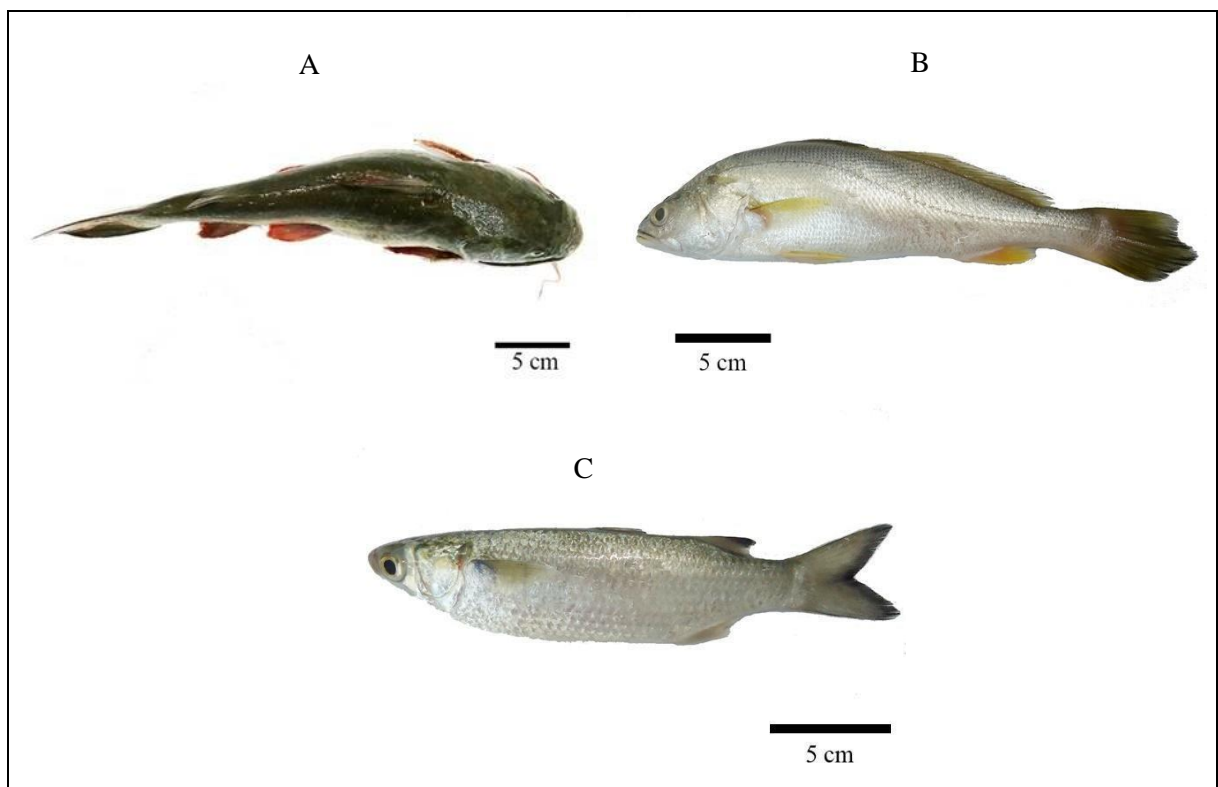
Cynoscion acoupa (Lacepède, 1801)

É uma espécie demersal, conhecida comumente como pescada amarela (Figura 13B), é um peixe piscívoro da família *Sciaenidae*, que ocorre em águas tropicais e subtropicais da costa atlântica da América do Sul (MATOS E LUCENA, 2006) *Cynoscion acoupa* possui valor comercial na região norte do país, sendo a principal espécie consumida nas regiões costeiras maranhenses (ALMEIDA *et al.*, 2009).

Mugil curema (Valenciennes, 1836)

Mugil curema, popularmente conhecido como tainha (Figura 13C), pertence à família *Mugilidae*, é um peixe pelágico costeiro que apresenta grande distribuição (DINIZ *et al.*, 2020). Graças à diversidade de ambientes que compreendem as zonas costeiras, esses indivíduos são considerados diádromos catádromos. Dependendo do seu ciclo de vida, podem habitar ambientes estuarinos e marinhos (SILVA *et al.*, 2021).

Figura 13. Representação das espécies investigadas quanto a presença de microplástico: A) *Sciades herzbergii*, B) *Cynoscion acoupa* C) *Mugil Curema*



Preparação da amostra

Em laboratório, foi realizada a medição dos parâmetros biométricos das espécies: comprimento total, comprimento padrão e peso. O comprimento total é medido desde a porção anterior do focinho até a extremidade da nadadeira caudal; já o comprimento padrão, é medido desde a parte do focinho até o pedúnculo caudal (FONSECA E SOUZA, 2013).

Após a medição dos parâmetros biométricos, foi realizada uma abertura longitudinal desde o ânus até próximo às brânquias para a verificação do sexo e do estágio gonadal, baseado na escala de Vazzoler (1996).

O estômago de cada exemplar foi cuidadosamente retirado com auxílio de um bisturi e pesado e posteriormente armazenado em frascos de vidro. Os estômagos dissecados foram submetidos a técnicas de digestão alcalina usando hidróxido de potássio (KOH 10%).

Os frascos foram fechados e colocados em temperatura ambiente por 3 semanas para a dissolução dos tecidos moles do estômago. A solução com o estômago digerido foi filtrada com bomba a vácuo, em filtros de fibra de vidro. Uma média de três filtros foi utilizada para cada amostra. Os filtros foram levados para a secagem e ficaram na estufa por 24 horas a 60^o C.

Após secagem, os filtros foram armazenados em placas de Petri e cobertas com papel alumínio para evitar contaminação. Os microplásticos capturados pelos filtros foram observados utilizando um microscópio e foram classificados (forma e cor), quantificados e fotografados. A metodologia utilizada para verificação de microplásticos foi uma adaptação da metodologia de Dhimmer (2017) e Foekema *et al.* (2013).

Para verificar a porcentagem de frequência de ocorrência de microplásticos no trato digestivo dos peixes, utilizou-se a fórmula: $FO\% = (Ni / N) \times 100$, onde FO% = frequência de ocorrência de partículas microplásticas; Ni = número de tratos gastrointestinais que continham partículas microplásticas; N = número total de tratos gastrointestinais examinados.

Através do software *Statistica*, a correlação de Kendall (representado pela letra grega τ – tau), foi realizada, para avaliar a associação entre o número de partículas microplásticas ingeridas e o tamanho do corpo ou o peso do peixe.

Não existe consenso claro sobre a interpretação do poder da correlação, mas existem algumas recomendações, Cohen (1992)

sugere os seguintes tamanhos de efeito: $\tau = 0,10$ -> correlação fraca; $\tau = 0,30$ -> correlação moderada e $\tau = 0,50$ -> correlação forte (OLEGARIO., 2022).

Medidas de segurança

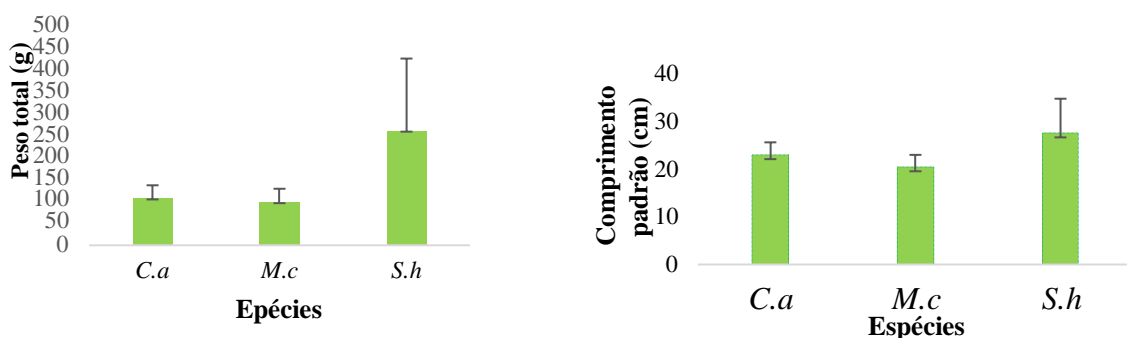
Todos os materiais utilizados durante as análises foram esterilizados antes do uso. Os jalecos utilizados durante os procedimentos no laboratório eram compostos por 100% de algodão. Os filtros de fibra de vidro foram lavados com água destilada antes de serem utilizados e o fluxo no laboratório durante os procedimentos foi controlado ao número máximo de três pessoas.

4.3 RESULTADOS

Um total de 30 indivíduos das espécies *Cynoscion acoupa*, *Mugil curema* e *Sciades herzbergii* foram coletados e analisados ao longo do estudo. Todos os exemplares analisados estavam contaminados, totalizando 100% de frequência de ocorrência. O comprimento de *Cynoscion acoupa* variou de 19,3 a 27,4 cm, com média de 23,06 cm, e o peso registrado foi de 56,82 até 161,07 g, com média de 102,6 g.

Com relação ao comprimento total de *Mugil curema*, foi possível observar variação de 17,9 a 24 cm, apresentando a média de 20,51 cm, enquanto o peso variou de 56,77 a 136,15 g, com média de 90,75 g. Por fim, o comprimento de *Sciades herzbergii* variou de 12,9 a 36,4 cm, com média de 27,7 cm, e o peso apresentou variação de 64,88 a 517 g, com média de 237,7g (Figura 14).

Figura 14. Parâmetros biométricos de *Cynoscion acoupa* (C.a), *Mugil curema* (M.c) e *Sciades herzbergii* (S.h) coletados no estreito dos coqueiros

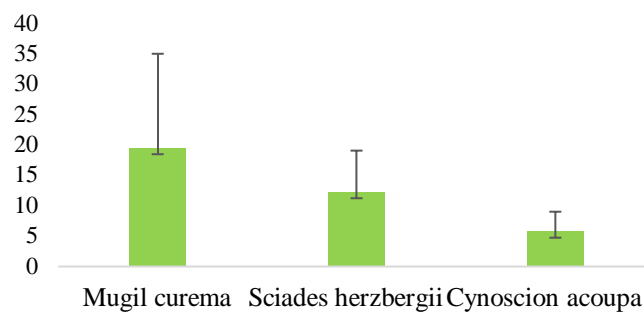


Os microplásticos são acessíveis a uma ampla gama de organismos aquáticos que ocupam diferentes habitats e níveis tróficos da cadeia alimentar devido à elevada tendência de flutuação na coluna de água (PAPPOE *et al.*, 2022).

No total, foram identificados 150 microplásticos, sendo que em *Mugil curema* (78 itens) foi registrando a maior ocorrência de MPs, seguido por *Sciades herzbergii* (49 itens) e em menor quantidade, em *Cynoscion acoupa* (23 itens) (Figura 15).

A concentração de MPs apresentou uma média de 5 MPs/indivíduo. Esses resultados são indício da proliferação da poluição plástica do estreito dos coqueiros e dos rios e demais corpos de água ao redor da área de estudo.

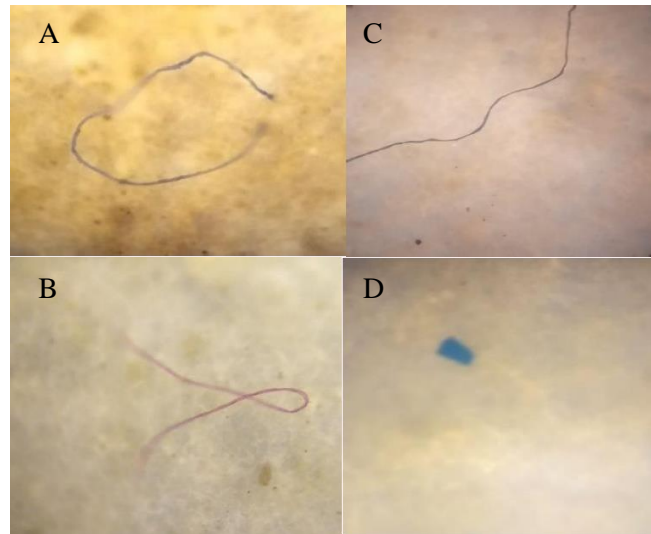
Figura 15. Abundância de microplásticos no estômago de peixes do Estreito dos Coqueiros



Foram observadas duas formas de microplástico no estômago dos espécimes analisadas: fibras (90,7%) e fragmentos (9,3%). As formas dos microplásticos são importantes evidências sobre a origem das partículas, ou seja, se são primárias ou secundárias, as fibras e fragmentos são indício de microplásticos secundários (PARK *et al.*, 2020).

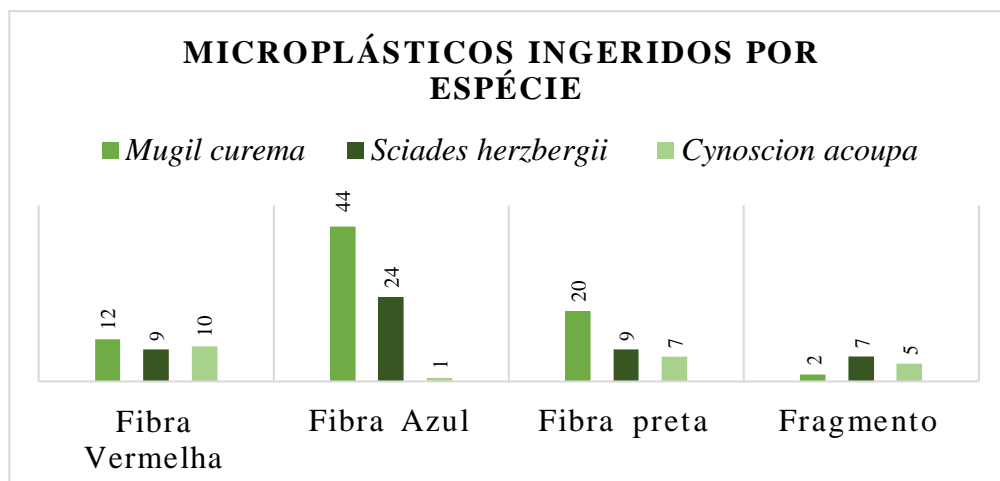
A coloração de microplásticos é um sinal comum do aumento da procura e da utilização de uma grande variedade de produtos plásticos na nossa vida cotidiana, resultando em grandes quantidades de resíduos plásticos (PARVIN *et al.*, 2021). Três cores diferentes de MPs foram encontradas nas amostras examinadas: azul (57,3%) preta (26, 5%) e vermelha (16,2%) (Figura 16).

Figura 16. Microplásticos encontrados no estômago das espécies coletadas no estreito dos coqueiros. A) fibra azul; B) fibra na cor vermelha; C) Fibra na cor preta; D) Fragmento na cor azul.



Analisando a quantidade de microplástico por espécie nota-se que a espécie *Mugil curema* ingeriu um total de 78 partículas sendo 12 fibras vermelhas, 44 azuis, 20 pretas e 2 fragmentos na cor azul, já a espécie *sciades herzbergii* ingeriu um total de 48 partículas, sendo 9 fibras vermelhas, 24 azuis e 9 pretas e 7 fragmentos na cor azul. Por fim, *Cynoscion acoupa* ingeriu um total de 23 partículas sendo 9 fibras vermelhas 2 azul e 7 pretas e 5 fragmentos na coloração azul. A espécie que mais ingeriu fibra foi *Mugil curema* e a espécie que mais ingeriu fragmento foi *Sciades herzbergii* (Figura 17)

Figura 17. Total de microplásticos por espécies



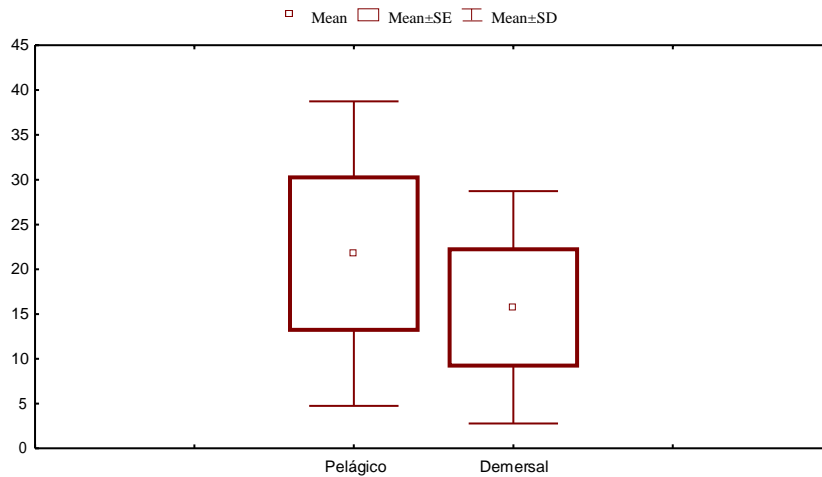
Estudos anteriores mostram que existiam correlações positivas entre o tamanho e o peso com a quantidade de microplásticos ingeridos pelos peixes (PARVIN *et al.*, 2021, HOSSAIN *et al.*, 2019). Peixes maiores precisam de uma demanda energética mais elevada, e conseqüentemente, uma maior necessidade de se alimentar, o que pode ocasionar grande chance de ingestão de MPs (HORTON *et al.*, 2018).

Desse modo, buscou-se correlacionar o peso/comprimento dos peixes com a quantidade de microplásticos ingeridos, através da correlação de Kendall, porém não foram observadas fortes correlações entre os parâmetros biométricos e a quantidade de MPs nos peixes. ($\tau < 0,10$)

O habitat pode desempenhar um papel significativo na ingestão de MPs pelos peixes (JABEEN *et al.*, 2017 ; PARK *et al.*, 2020, PARVIN, 2020). Na maioria dos estudos realizados sobre a ocorrência de microplásticos, o habitat da espécie fornece informações sobre as estratégias alimentares, níveis tróficos e proximidade da contaminação ambiental dos organismos expostos. (KUHN *et al.*, 2020; PAPPOE *et al.*, 2020)

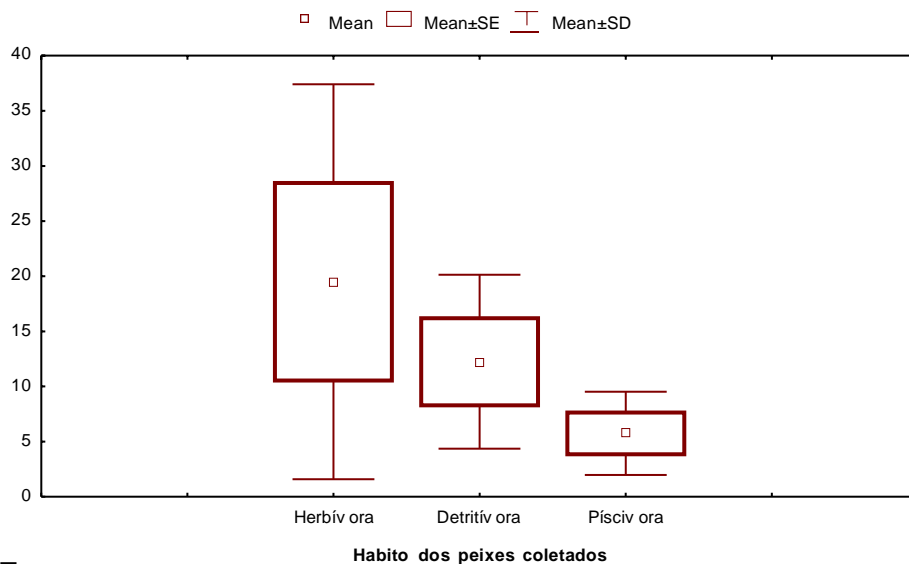
O habitat das espécies foi analisado a fim de saber se haveria alguma relação com a quantidade de fibras encontradas. Analisando o ambiente no qual estão inseridos, nota-se que as espécies pelágicas tendem a ingerir mais microplástico do que os peixes demersais (Figura 18).

Figura 18. Comparação entre a quantidade de microplásticos encontrados em espécies pelágicas e demersais



Além do Habitat das espécies, o Hábito das espécies foi analisado para verificar alguma possível relação com a quantidade de microplásticos ingeridos e constatou-se que organismos herbívoros ingeriam mais microplásticos, seguido pelos detritívoros, e por fim, os organismos piscívoros foram os que menos ingeriram microplásticos (Figura 19)

Figura 19. Comparação entre a quantidade de microplásticos encontrados por hábito alimentar



□

Habito dos peixes coletados

4.4 DISCUSSÃO

No presente trabalho observou-se predominância de fibras no estômago dos peixes. Este resultado é semelhante à outras pesquisas que indicam maior quantidade de fibras nas formas de microplásticos ingeridas pelos peixes (PAPPOE *et al.*, 2022; CLERE *et al.*, 2022; COSTA *et al.*, 2023; LI *et al.*, 2023). A heterogeneidade dos microplásticos na coluna de água depende de uma série de fatores, como localização geográfica, habitat e nível trófico (PARVIN, 2020).

As fibras tenham sido as formas mais abundantes identificadas. Pois são reconhecidas como um componente importante na forma de microplástico, com alto potencial para serem absorvidas por organismos marinhos na maioria das investigações em todo o mundo (PAPPOE *et al.*, 2022).

A grande presença de fibras pode estar relacionada com o despejo de efluentes domésticos, como lavagem de roupas. Já os fragmentos, podem ter relação com espumas e grandes itens de plástico jogados na água que se deterioram (PARVIN *et al.*, 2022).

A grande presença de fibras suscita sérias preocupações porque, de acordo com numerosos estudos, os microplásticos esféricos são menos tóxicos do que os microplásticos não esféricos (NAIDU *et al.* 2022; JUNG *et al.*, 2021). A grande presença de fibras, também pode estar relacionada com petrechos de pesca descartados de forma inadequada.

As fibras são partículas que despertam elevada preocupação para os organismos aquáticos, uma vez que, grande parte das fibras são constituídos por materiais sintéticos que são frequentemente tratados com produtos químicos e aditivos que podem facilmente infiltrar-se nos organismos aquáticos (BARROS e SEENA, 2018). As fibras sintéticas não se degradam facilmente nem na biota nem nos meios circundantes, o que tem impacto na ecotoxicologia dos organismos vivos (PAPPOE., *et al.* 2022)

As fibras predominantes foram na coloração azul e preta. O mesmo predomínio foi encontrado por Farias (2022), que, ao buscar a presença de microplásticos no Lago Jaitêua, no Amazonas, destacou a maior proporção do material nessa coloração em suas pesquisas; e por Compa *et al.*, 2018, em espécies de peixes capturados em águas costeiras portuguesas.

Boerger *et al.*, 2010 sugere que a coloração azul dos MPs pode mimetizar a coloração do alimento natural dos peixes que os ingerem por engano. Essas longas estruturas fibrosas de

MP parecem semelhantes a vermes e larvas, que são consideradas 'pseudopresas' e ingeridas por peixes (PETERS E BRATTON, 2016).

A preferência por cores específicas dos microplásticos tem sido atribuída aos hábitos alimentares dos grupos de peixes. Descobriu-se que as cores brancas ou transparentes não são atraentes para os peixes. A maioria das pesquisas de campo relatou que os peixes engolem itens de cor semelhante (idealmente preto ou escuro) aos alimentos consumidos (PAPPOE *et al.*, 2022).

A análise da correlação de Kendall não permitiu a observação de nenhuma correlação entre o peso corporal e a quantidade de microplásticos ingeridos, nem entre o tamanho corporal e o total de partículas ingeridas. Dessa forma, a presença de microplásticos pode estar relacionada com o nível de poluição do ambiente

Os resultados do presente estudo indicaram que o habitat (demersal, e pelágico) pode desempenhar um papel importante na ingestão de MP por diferentes espécies de peixes, pois a abundância de MPs foi significativamente maior nos peixes pelágicos do que nos peixes demersais. Isso pode ocorrer devido à baixa densidade da maioria das partículas plásticas, (BESSA, 2019).

Os plásticos estão distribuídos de forma heterogênea entre os peixes que habitam diferentes zonas oceânicas. (PAPPOE *et al.*, 2020) Peixes pelágicos vivem mais próximos a superfície, por isso eles são mais propensos a consumir microplásticos (GURJAR *et al.*, 2021; KHALID *et al.*, 2021)

Levando em consideração que todas as amostras analisadas estavam contaminadas com partículas plásticas, foram levantados os possíveis problemas que estes materiais podem causar nos peixes aos seres humanos: Barboza *et al.*, (2018) afirmam que os microplásticos podem causar danos oxidativos lipídicos nas guelras e músculos dos peixes.

Já Sales-Ribeiro *et al.* (2020) observaram que peixes que ingeriam microplástico apresentavam anorexia e letargia. Akter *et al* (2024) afirmam que organismos aquáticos que ingeriram microplásticos tiveram sua saúde afetada, incluindo na alimentação, imunidade inata, defesa antioxidante e reprodução biológica.

Quanto aos efeitos nos seres humanos, estudos mostram que os microplásticos podem translocar-se da cavidade intestinal para a corrente sanguínea, acumulando-se nos tecidos e

células, sendo assim, a ingestão dessas partículas por peixes é um fator preocupante para o ser humano (SILVA, 2020).

Os plásticos trazem outro problema consigo por conseguirem bioacumular químicos perigosos, que podem bioacumular-se nos peixes durante a ingestão dos MPs e podem causar perigo para a saúde pública (PARVIN, *et al.*, 2020). Partículas plásticas associadas a esses químicos podem resultar em potenciais efeitos para a saúde humana, como toxicidade, problemas endócrinos, como a carcinogênese e a mutagênese (AKTER *et al.*, 2024). Além disso, Panel e Chain, 2016 afirmam que microplásticos podem ser transcolados da cavidade intestinal para a linfa e sistema circulatório, causando exposição sistêmica.

4.5 CONCLUSÃO

As fibras foram as partículas plásticas mais ingeridas pelas espécies, o habitat das espécies pode explicar as diferenças na abundância de microplásticos entre as três espécies de peixes analisadas. No geral, estes resultados mostram que o tamanho e o peso dos peixes não têm relação com a quantidade de microplásticos ingeridos. O descarte inadequado de plásticos, além de causarem a poluição podem causar efeitos deletérios nos peixes e até mesmos nos seres humanos. Os polímeros necessitam de atenção mais urgente no que diz respeito à descarte e gestão.

4.6 REFERÊNCIAS

- ADIKI, Stella Aseye *et al.* 2020. Microplastic ingestion by pelagic and demersal fish species from the Eastern Central Atlantic Ocean, off the Coast of Ghana. *Marine pollution bulletin*, v. 153, p. 110998;
- ALMEIDA, Z. DA S. DE; CAVALCANTE, A. DO N.; SANTOS, N. B.; ISAAC NAHUM, V. J. 2014. Contribuição para gestão do sistema de produção pesqueira pescada-amarela, *Cynoscion acoupa* (PISCES: SCIAENIDAE) (LACEPÉDE, 1802) na costa do Maranhão, BRASIL. *Boletim do Laboratorio de Hidrobiologia* <https://doi.org/10.18764/>;
- AKTER, Mst Shamima *et al.* 2024. Microplastics and heavy metals in freshwater fish species in the southwestern region of Bangladesh: An emerging concern for public health. *Emerging Contaminants*, 10 (3): 100325 <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100325>;
- BARBOZA, Luís Gabriel Antão *et al.* 2018 Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine pollution bulletin*, v. 133, p. 336-348, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>;
- BARROS, Juliana; 2021. SEENA, Sahadevan. Plastisphere in freshwaters: An emerging concern. *Environmental Pollution*, v. 290, p. 118123. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118123><https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?publisherName=ELS&contentID=S026974912101705X&orderBeanReset=true> ;

- BAYO, Javier et al. 2017. Microbeads in commercial facial cleansers: threatening the environment. *CLEAN–Soil, Air, Water*. 45(7): 1600683 <https://doi.org/10.1002/clen.201600683> ;
- BESSA, Filipa et al. Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region. *Scientific reports*, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2019.
- BOERGER, C.M., LATTIN, G.L., MOORE, S.L. and MOORE, C.J. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60(12), 2275-2278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>. PMID:21067782.
- CASTRO, Antonio Carlos Leal de; CASTRO, Keilly Danielle Duarte; PORTO, Heliene Leite Ribeiro. Distribuição da assembleia de peixes na área de influência de uma indústria de alumínio na ilha de SÃO LUIS – MA. *Labomar: Arquivos de Ciências do Mar*, São Luís, 43(2) p. 71 -78, 2010;
- COMPA, Montserrat et al. 2018. Ingestion of microplastics and natural fibres in *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) along the Spanish Mediterranean coast. *Marine pollution bulletin*, v. 128, p. 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.009>
- CLERE, Isabella K. et al. 2022 Quantification and characterization of microplastics in commercial fish from southern New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, v. 184, p. 11412. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114121>
- COSTA, Leonardo Lopes et al. 2023. Multiple species ingest microplastic but few reflect sediment and water pollution on sandy beaches: A baseline for biomonitoring. *Marine Pollution Bulletin*, v. 193, p. 115235. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114121>
- DHIMMER, Viren Rasical. Microplastics in gastrointestinal tracts of *Trachurus trachurus* and *Scomber colias* from the Portuguese Coastal waters. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Nova de Lisboa.
- DINIZ , A.L.V., et al. 2020. Parâmetros da reprodução de *Mugil curema* (Mugilidae, Telesostei) capturados em uma área da costa amazônica maranhense, Brasil. *Brazilian Journal of Development*. 6 (3) p 11277-11289
- FERREIRA, Érika Pereira et al. Efeitos de empreendimentos de grande porte na dinâmica territorial e socioambiental da região do distrito industrial de São Luís, Maranhão. 2021.
- FOEKEMA, Edwin M. et al. Plastic in north sea fish. *Environmental science & technology*, v. 47, n. 15, p. 8818-8824, 2013.
- FONSECA, Adriana Figueiredo; SOUZA, R. A. L. Relações morfométricas de algumas espécies de peixes da fauna acompanhante capturada nas pescarias artesanais do camarão em região estuarina do rio Taperaçu (Bragança, PA-Brasil). *Bol Tec-Cient CEPNOR*, v. 6, n. 1, p. 79-87, 2013.
- FUSHIMI, Melina; DE OLIVEIRA, Regina Célia. Dinâmicas ambientais na planície de maré da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, Ilha do Maranhão (MA). *Revista Ciência Geográfica*, 2020.
- GOUIN, et al. 2011. A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. *Environmental Science & Technology*, v. 45 (4,): 466-1472, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110998>

- GURJAR, Udai Ram et al. 2021. Incidence of microplastics in gastrointestinal tract of golden anchovy (*Coilia dussumieri*) from north east coast of Arabian Sea: The ecological perspective. *Marine Pollution Bulletin*, v. 169, p. 112518, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112518>
- HORTON, Alice A. et al. 2018. Acute toxicity of organic pesticides to *Daphnia magna* is unchanged by co-exposure to polystyrene microplastics. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 166: 26-34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.052>
- HOSSAIN, M. Shahadat et al. 2019. Microplastics in fishes from the Northern Bay of Bengal. *Science of the Total Environment*, v. 690: 821-830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.065>
- JABEEN, Khalida et al. 2017. Microplásticos e mesoplásticos em peixes de águas costeiras e doces da China. *Poluição ambiental*, v. 221, pág. 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>
- JAMBECK, Jenna R. et al. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347 (6223): 768-771 [10.1126/science.1260352](https://doi.org/10.1126/science.1260352)
- JUNG, Jae-Woong et al. 2021. Ecological risk assessment of microplastics in coastal, shelf, and deep sea waters with a consideration of environmentally relevant size and shape. *Environmental Pollution*, v. 270, p. 11621 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116217>
- KHALID, Noreen et al. 2021. Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. *Chemosphere*, v. 264, p. 128541. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128541>
- KÜHN, Susanne et al. 2020. Transfer of additive chemicals from marine plastic debris to the stomach oil of northern fulmars. *Frontiers in Environmental Science*, v. 8, p. 138. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00138>
- LI, SIQIONG et al. , 2023 How microplastic loads relate to natural conditions and anthropogenic activities in the Yangtze river basin. *Chemosphere*, v. 342, p. 140146. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140146>
- MATOS, I.P., LUCENA, F, 2006. descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do Pará. *Arquivo ciência do mar*, 39(1): 66 - 73
- MONTAGNER, C.C., DIAS., M.A., PAIVA E.M., CRISTIANE., 2021. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química nova*. 44 (10): 1328-1352. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170791>
- MUKHOPADHYAY, P; VALSALAN S.A. 2024. Incidence of microplastic translocation in freshwater fish eggs. *Environmental Pollution*, p. 123529. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123529>
- NAIDU, Bejawada Chanikya et al. Microplastics in the foreshore coastal waters, sediment, and coastal fauna of a highly populated megacity-A study on the effect of anthropogenic discharge on clams. *Marine Pollution Bulletin*, v. 185, p. 114- 262, 2022.
- NOBRE, R.C., SILVA, L.F., MORENO, B.B. Microplásticos em ecossistemas costeiros e marinhos: comportamentos e impactos a biota. In: Ponpeo.M., Borges, R.B, Paiva, T.C.B

(Org.). Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Biociências. 2022.p. 28-42

OLEGÁRIO, Raphael Lopes. Ansiedade e fatores associados em acadêmicos de Educação Física em resposta ao ensino remoto emergencial durante a pandemia de Covid-19: uma investigação teórico-empírica. 2022.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. 2018. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. Revista online de química;

PETERS, Colleen A.; BRATTON, Susan P. 2016 Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environmental pollution*, v. 210, p. 380-387, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.018>

PANEL, E., & CHAIN, F. (2016). Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, 14(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>

PARVIN, Fahmida; JANNAT, Shumya; TAREQ, Shafi M. 2021. Abundance, characteristics and variation of microplastics in different freshwater fish species from Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 784: 147137. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147137>

PARK, Tae-Jin et al. 2020. Occurrence of microplastics in the Han River and riverine fish in South Korea. *Science of the Total Environment*, v. 708: 134535, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134535>

PAPPOE, Christopher et al. 2022. Occurrence of microplastics in gastrointestinal tract of fish from the Gulf of Guinea, Ghana. *Marine Pollution Bulletin*, v. 182, p. 113955. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113955>

RIBEIRO, E. B.; ALMEIDA, Z. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F. 2012. Hábito alimentar do bagre *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) da Ilha dos Caranguejos, Maranhão, Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 64 (6): 1761-1765. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600048>

SALES-RIBEIRO, Carolina et al. An end to the controversy over the microscopic detection and effects of pristine microplastics in fish organs. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 12434, 2020.

SANTANA, T. C. et al. An illustrated guide to commercial teleost fishes from Upaon-Açu Island, Brazil. Editora UEMA, São Luís, 2019.

SILVA, Ana Catarina Ambrosino. Microplásticos em vários tecidos de espécies de peixes pelágicos com interesse comercial. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

SILVA *et al.*, 2021. *Biologia Reprodutiva de Recursos como Instrumento de Gestão Compartilhada em Áreas Protegidas no estado do Maranhão*. São Luís: EDUEMA, 2021

SOUSA, Claudio Baltazar de. Qualidade microbiológica de ostras (*Crassostrea* sp.) e de águas coletadas em cultivos e em bancos naturais da ilha de São Luís, MA. 2021.

TOFA, Tajkia Syeed et al. 2019. Visible light photocatalytic degradation of microplastic residues with zinc oxide nanorods. *Environmental Chemistry Letters* 17(1): 1341-1346

VAZZOLER, A. Emília Amato. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem.

YOUNG, H. S. et al. 2016. Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 47: 333-358
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054142>

NORMAS DA REVISTA QUE O SEGUNDO CAPÍTULO SERÁ SUBMETIDO
À MARINE POLLUTION

Requisitos de formatação

Não há requisitos rígidos de formatação, mas todos os manuscritos devem conter os elementos essenciais necessários para transmitir o seu manuscrito, por exemplo Resumo, Palavras-chave, Introdução, Materiais e Métodos, Resultados, Conclusões, Arte e Tabelas com Legendas.

Resumo

Os resumos não devem exceder 150 palavras.

Palavras-chave

Imediatamente após o resumo, fornecer no máximo 6 palavras-chave

Informações essenciais da página de título

- **Título.** Conciso e informativo. Os títulos são frequentemente usados em sistemas de recuperação de informações. Evite abreviações e fórmulas sempre que possível.

- **Nomes e afiliações dos autores.** Por favor, indique claramente o(s) nome(s) e sobrenome(s) de cada autor e verifique se todos os nomes estão escritos corretamente. Você pode adicionar seu nome entre parênteses em sua própria escrita, atrás da transliteração em inglês. Apresentar os endereços de afiliação dos autores (onde o trabalho real foi realizado) abaixo dos nomes.

- **Autor correspondente.** Indique claramente quem tratará da correspondência em todas as fases de arbitragem e publicação, inclusive pós-publicação. Esta responsabilidade inclui responder a quaisquer dúvidas futuras sobre Metodologia e Materiais.

Formatação das fontes de financiamento

Liste as fontes de financiamento

Referências**Citação no texto**

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estejam presentes na lista de referências (e vice-versa). Quaisquer referências citadas no resumo deverão ser fornecidas na íntegra. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A zona costeira é indispensável para a manutenção da vida terrestre, sendo assim, estudos voltados para este ecossistema são fundamentais para auxiliar na discussão de medidas mitigadoras que visem a continuidade deste ambiente. Sabe-se que ambientes costeiros estão sujeitos a grandes pressões antrópicas, por exemplo, as atividades portuárias. Essas atividades podem ser danosas ao ambiente, bem como as espécies que ele abriga. Neste trabalho, nota-se que as atividades portuárias não têm afetado de maneira exacerbada a área de estudo, entretanto, é necessário estudos mais aprofundados que confirmem ou não estes resultados.

Outro problema enfrentado pela zona costeira é a poluição, e conforme observado, a área de estudo, bem como os ambientes aquáticos ao seu redor, aparenta estar contaminados por polímeros plásticos, uma vez que todos os espécimes analisados apresentavam partículas plásticas e em apenas 30 amostras foram detectados um total de 150 partículas.

Vale lembrar que as três espécies selecionadas para investigação de microplásticos são espécies de interesse comercial, o que causa um alerta, visto que os estudos que apontem os efeitos do microplástico na saúde humana ainda são escassos. Dada a presença de MPs em peixes comercial, sugere-se e incentiva-se realização de investigações futuras mais aprofundadas. Só assim, será possível a determinação dos riscos que os MPs representam para os seres humanos e a adoção de medidas que possam reduzir estes riscos.

6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Z.S. **Os recursos pesqueiros marinhos e estuarinos do Maranhão: biologia, tecnologia, socioeconômica, estado da arte e manejo**. Tese (Doutorado). Museu paraense, Emilio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.283p. 2015.
- AMARAL, Rogério Fernando; ALFREDINI, Paolo. Modelação hidrossedimentológica no canal de acesso do complexo portuário do Maranhão. **Diretoria da ABRH**, p. 5-15 2010.
- ANDRÉS, María et al. Mapping services for an ecosystem-based management along the Andalusian coastal zone (Spain). **Ocean & Coastal Management**, v. 231, p. 106402, 2023.
- ARAUJO, André; BARROS, Sérgio. Conflitos Ambientais Na Zona Costeira: A pesca e a atividade portuária no sul do Espírito Santo. In: **Congresso Nacional de excelência em Gestão 2016**;
- BARROS, José Mauro Felipe Mendes. **Avaliação dos principais métodos analíticos de cálculo de capacidade de tráfego utilizados em ferrovia nacional e internacional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. 2013.
- BERTOLDI, Crislaine et al. First evidence of microplastic contamination in the freshwater of Lake Guaíba, Porto Alegre, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 759, p. 143503, 2021.
- BRASIL. Congresso Nacional. **LEI nº LEI Nº 7.661, de 16 de maio de 1988**. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.
- CASTRO, Antonio Carlos Leal de; CASTRO, Keilly Danielle Duarte; PORTO, Heliene Leite Ribeiro. Distribuição da assembleia de peixes na área de influência de uma indústria de alumínio na ilha de SÃO LUIS – MA. **Labomar: Arquivos de Ciências do Mar**, São Luís, 43(2) p. 71 -78, 2010.
- CHEN, Yuling et al. Factors affecting microplastic accumulation by wild fish: A case study in the Nandu River, South China. **Science of The Total Environment**, v. 847, p. 157486, 2022;
- CLERE, Isabella K. et al. Quantification and characterization of microplastics in commercial fish from southern New Zealand. **Marine Pollution Bulletin**, v. 184, p. 114121, 2022.
- COSTA, Leonardo Lopes et al. Quantifying microplastics in fishes: The first case study contrasting the perspective of untrained and experienced researchers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 189, p. 114736, 2023.
- DHIMMER, Viren Rasiclal. **Microplastics in gastrointestinal tracts of Trachurus trachurus and Scomber colias from the Portuguese Coastal waters**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Nova de Lisboa.
- FALCÃO, Marcelo Grumach et al. A ictiofauna como indicador de qualidade ambiental em planícies de maré do complexo estuarino de Paranaguá, Brasil. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 1, n. 1, 2008.
- FALCÃO, Viviane Adriano; CORREIA, Anderson R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 6, p. 133-146, 2012.
- FERREIRA, Antônio José de Araújo, O complexo portuário de são luís do maranhão na economia contemporânea: indicações para debate. **Interespaço**, V.07, p 1-25, 2021.

GATTO, Deividson Brito. Áreas protegidas na zona costeira do Brasil: uma revisão a partir das categorias de manejo. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**, p. 78-108, 2020.

GONÇALVES, Paulo Rogério. Diagnóstico, desafios e caminhos da conservação e uso sustentável das zonas costeiras e marinhas do Brasil: agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, ODS-14. 2021.

GUTTERRES VILELA, Claudia; CARDOSO MACEDO, Mariana; BAPTISTA NETO, José Antonio. Foraminiferal Assemblage and Bioindicators for Evaluation of the Anthropogenic Impact in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, SE Brazil. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 40, n. 3, 2017.

HENDERSON, P. A. Practical Methods in Ecology. Blackwell Science, 176 p, 2003.

HUANG, Danlian et al. Research progress of microplastics in soil-plant system: ecological effects and potential risks. **Science of The Total Environment**, v. 812, p. 151487, 2022.

KARTHIKEYAN, P. et al. Ecological risk from heavy metals in Ennore estuary, South East coast of India. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, v. 2, p. 182-193, 2020.

LAM, Theresa Wing Ling et al. Microplastic contamination in edible clams from popular recreational clam-digging sites in Hong Kong and implications for human health. **Science of The Total Environment**, p. 162576, 2023.

LIZAMA et al. Uso de peixes como indicadores biológicos? O estudo destes animais para o monitoramento dos recursos hídricos dentro da área das ciências ambientais. **Open Science Research I**, v. 1, n. 1, p. 413-426, 2022.

LUCIO, Fabiola Terra et al. Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão. **Conexão**. Formiga, Minas Gerais, v. 14, n. 1, p. 47-55, 2019.

MAGALHÃES FILHO, Luiz et al. Ecosystem services values and changes across the Atlantic coastal zone: Considerations and implications. **Marine Policy**, v. 145, p. 105265, 2022.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltda Blackwell Publishing Company, 2004.

MELO ALBUQUERQUE, Keila Fernanda et al. Assessment of water quality and concentration of heavy metals in fishes in the estuary of the Perizes River, Gulf of Maranhão, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 186, p. 114420, 2023.

MELO, A.S.; 2008. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? *Biota Neotropical* 8(3): 1-7.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão Territorial: Gerenciamento Costeiro no Brasil. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha.html>. Último acesso 13 de março de 2024.

MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. **Química nova**, v. 44, p. 1328-1352, 2021.

NAIDU, Bejawada Chanikya et al. Microplastics in the foreshore coastal waters, sediment, and coastal fauna of a highly populated megacity-A study on the effect of anthropogenic discharge on clams. **Marine Pollution Bulletin**, v. 185, p. 114- 262, 2022.

NICOLODI, João Luiz; PETERMANN, Rafael Mueller. Mudanças Climáticas e a Vulnerabilidade da Zona Costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 2, p. 151-177, 2010.

PAPPOE, Christopher et al. Occurrence of microplastics in gastrointestinal tract of fish from the Gulf of Guinea, Ghana. **Marine Pollution Bulletin**, v. 182, p. 113955, 2022.

PARIZOTTI, TUAN Duarte. **Utilização da ictiofauna como ferramenta para avaliar impacto causado por dragagem no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, BR.** 2014. 87 Dissertação (mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) - Universidade Federal do Paraná 2014.

PEDRO, Gleicilene Regina. **Avaliação do acúmulo de microplásticos em peixes (*Centropomus undecimalis*) expostos em laboratório por meio de digestão alcalina e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada Fourier em Reflectância Total Atenuada – ATR – FTIR.** 2021 Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos) - Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Universidade Santa Cecília, Santos 2021.

PEREIRA *et al.*, Importância do porto do Itaqui para região de Matopiba: análise histórica e prospeção de cenário. **Encontro de Gestão e Tecnologia**. p. 17, São Paulo, 2021.

PINHEIRO JÚNIOR, J. R.; CASTRO, A. C. L.; GOMES, L. N. Estrutura da comunidade de peixes do estuário do Rio Anil, Ilha de São Luís-MA. *Arq Cienc Mar*, v. 38, p. 29-38, 2005.

RÊGO, Joherbeth Carlos Lima; SOARES-GOMES, Abílio; DA SILVA, Fabrício Sousa. Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhão Island, Brazil). **Land Use Policy**, v. 71, p. 593-601, 2018.

REIS, Mauricio Rodrigues dos. **Diversidade e estrutura das assembleias de peixes em lagos da área de proteção ambiental da baixada maranhense, Brasil.** 2016. Tese de Doutorado. UEMA.

SANTOS, Indira de Avila. Aspectos E Impactos Ambientais Da Atividade Portuária Estudo De Caso no porto do Rio Grande. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2016-11, 2016.

Santos, T., Beirão, A. P., Araújo Filho, M. C., & Carvalho, A. B. (2022). **Economia Azul: vetor para o desenvolvimento do Brasil.** São Paulo, SP: Essential Idea Editora, 2022.

SCOTON, Samira; DE CASTRO CORRÊA, Gabriela; PÉREZ, Daniel Vidal. A Poluição oceânica por plástico e as políticas públicas brasileiras relacionadas ao objetivo de desenvolvimento sustentável 14. **Revista da EGN**, v. 3, pág. 537-574, 2021.

SILVA *et al.* ESTUDO SOBRE DESEMPENHO AMBIENTAL DE PORTOS BRASILEIROS. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 4-33 2018.

SILVA, Ana Catarina Ambrosino. **Microplásticos em vários tecidos de espécies de peixes pelágicos com interesse comercial.** 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

SILVA, Fábio Coelho Netto., BARRO Sergio Ricardo da Silveira. Sinergias entre a Economia Azul e o ODS 14: caminhos para um futuro sustentável. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 8, p. 13145-13157, 2023.

SILVA, Jessyca Ferreira da; LIMA, Cristiane dos Santos. Expansão urbana na zona costeira de São Luís-MA: a gestão ambiental inserida no gerenciamento costeiro. In: **Anais do IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador-BA**. 2013.

SILVA, Marcelo Henrique Lopes. **Variabilidade de índices ecológicos da ictiofauna do complexo portuário da baía de São Marcos, Maranhão**. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca) -Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís 2016.

SINHORA *et al.*, Levantamento de aspectos e impactos ambientais em um terminal industrial portuário. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, v. 7, n. 3, p.397-434, 2018.

URAMOTO, Keiko; WALDER, Julio MM; ZUCCHI, Roberto A. Análise quantitativa e distribuição de populações de espécies de Anastrepha (Diptera: Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 33-39, 2005.

WAN, Chengpeng et al. Identifying important ports in maritime container shipping networks along the Maritime Silk Road. **Ocean & Coastal Management**, v. 211, p. 105738, 2021.