



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE**



**ICTIOFAUNA DO GOLFÃO MARANHENSE – AMAZÔNIA ORIENTAL:  
DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA E  
NOS PEIXES**

**JAMES WERLLEN DE JESUS AZEVEDO**

**São Luís - MA**

**Outubro/2019**

**JAMES WERLLEN DE JESUS AZEVEDO**

**ICTIOFAUNA DO GOLFÃO MARANHENSE – AMAZÔNIA ORIENTAL:  
DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA E  
NOS PEIXES**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação – Conhecimento da Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

**São Luís - MA**

**Outubro/2019**

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

Azevedo, James Werllen de Jesus.

Ictiofauna do Golfão Maranhense Amazônia Oriental:  
diversidade, distribuição e concentração de metais na água  
e nos peixes / James Werllen de Jesus Azevedo. - 2019.  
142 f.

Coorientador(a): Antonio Carlos Leal de Castro.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Rede -  
Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia  
Legal/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,  
2019.

1. Bioética. 2. Conservação. 3. Contaminação. 4.  
Estuários. 5. UNESCO. I. Castro, Antonio Carlos Leal de.  
II. Rebêlo, José Manuel Macário. III. Título.

**JAMES WERLLEN DE JESUS AZEVEDO**

**ICTIOFAUNA DO GOLFÃO MARANHENSE – AMAZÔNIA ORIENTAL:  
DIVERSIDADE, DISTRIBUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA E  
NOS PEIXES**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Conservação - Conhecimento da Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo  
Coorientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

**Banca examinadora**

---

Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo  
Orientador - Presidente da banca

---

Prof. Dr. Nivaldo Magalhães Piorski  
Examinador 1- interno

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosangela Paula Teixeira Lessa  
Examinador 2 – externo

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Raimunda Nonata Fortes Carvalho Neta  
Examinador 3 – interno

---

Prof. Dr Jorge Luiz Silva Nunes  
Examinador 4 – interno

**São Luís - MA  
Outubro/2019**

Dedico este trabalho ao meu pai, Juarez Azevedo, (em memória). Grande incentivador para obtenção desse título

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e Meishu Sama pela permissão de ter chegado até aqui, pela saúde, pela família que me deu e pela harmonia que reina no meu lar.

Ao meu pai Juarez Azevedo, em memória, grande incentivador dos meus estudos, valorizando sempre o aprendizado, o desejo pelo conhecimento. Sei que sempre estará ao meu lado me protegendo de todos os males.

A minha esposa por ser essa grande parceira, que tem segurado as pontas nesse período tão difícil e intenso que é o desenvolvimento de uma tese, onde a dedicação para a família não fica mais a mesma.

À minha filha, por ser a fonte de energia e motivação, com seus abraços carinhosos, e o lindo “eu te amo papai”.

À minha mãe e irmãos, que sempre me ajudam nas logísticas causadas pela correria da vida.

Ao meu orientador, pai, mestre e líder, professor Antonio Carlos Leal de Castro, que desde 2004, quando aceitou me orientar na iniciação científica, continuou na graduação, no mestrado, nos projetos de pesquisa, tem me passado todos os seus conhecimentos e suas experiências. Sou muito grato e me sinto privilegiado por essa convivência com o senhor.

Gostaria de agradecer à “melhor equipe de estudos ambientais do Maranhão”, a equipe “Cão”, em especial ao prof. Leonardo Soares (Leo Guerreiro), prof. Marcelo (MH10) e Helen (Ferreira, 2014), grandes amigos para todas as horas.

Agradecimento aos técnicos do Departamento de Oceanografia da UFMA, Denilson (Artilheiro - D11), Getúlio Junior, Moacir, Amaral, Guimarães e Davi.

Aos professores do Departamento de Oceanografia, em especial à Samara, Leonardo Gonçalves, Claudia, Larissa e Socorro, pelas boas discussões e pela grande ajuda ao longo desse e de outros processos.

À empresa Agregar Ambiental, em especial ao José de Ribamar Pinheiro Junior, pela amizade, parcerias e aprendizados.

Grande agradecimento ao meu orientador no doutorado, prof. Macário, que em pouco tempo de convivência já consegui perceber a pessoa formidável que és sempre preocupado com os alunos, tentando ajudar a todos, mas, sempre cobrando os artigos.

Aos meus colegas de turma no doutorado, em especial a Nayana e Katherine, grandes amigas que muito me ajudaram e me incentivaram nesse arduo processo.

A todos os familiares e amigos que me acompanharam e apoiaram nesta difícil missão.

## PREFÁCIO

Esta tese está dividida em três capítulos (artigos), seguindo o formato alternativo estabelecido nas normas do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – PPG–BIONORTE. O documento apresenta como tópico 1, a introdução geral com referencial teórico, seguido dos objetivos (tópico 2), questões do estudo e hipóteses de trabalho, tópicos 3 e 4, respectivamente. A abordagem geral da tese finaliza no tópico 5 com uma caracterização da área de estudo, seguido das referências bibliográficas. O tópico 7 aborda o 1º capítulo da tese, intitulado **“DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE BIOÉTICA E DIREITOS HUMANOS: REFERÊNCIA PARA PROTEÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE PEIXES NA REGIÃO AMAZÔNICA”** a ser submetido na revista *Biodiversity and Conservation* (ISSN 0960-3115). No tópico 8 pode ser observado o capítulo 2 da tese, intitulado **“COMUNIDADE DE PEIXES DE UMA REGIÃO CENTRAL DO GOLFÃO MARANHENSE: COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL”** que será submetido na revista *Biota Neotropica* (ISSN 1676-0603). No capítulo 3 da tese (tópico 9) é apresentando o artigo intitulado **“METAL LEVELS IN WATER AND THE MUSCLE TISSUE OF FISHES IN THE CACHORROS RIVER, SÃO LUÍS ISLAND, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL”**, publicado na revista *Applied ecology and environmental research* volume 17(4), páginas 8037-8047, em julho de 2019. O tópico 10 apresenta as considerações finais do trabalho, e, por fim, podem ser visualizados os anexos com as produções científicas desenvolvidas pelo autor da tese, durante o desenvolvimento do doutorado.



## RESUMO

O presente trabalho identifica e descreve as variações espacial e sazonal, bem como, níveis de contaminação na água e no tecido muscular de peixes do Golfão Maranhense, em áreas caracterizadas pela confluência das massas de água das baías de São José e São Marcos. Adicionalmente, efetua uma revisão sistemática dos artigos sobre biodiversidade de peixes na Amazônia (Brasil), com base em princípios da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos. A metodologia envolveu uma busca sistemática na base da Scientific Electronic Library Online (Scielo) com uso de descritores e operadores booleanos. A revisão envolveu o período de 2006 (ano imediatamente posterior à publicação da declaração) a 2018. O estudo de variação espaço-temporal da ictiofauna utilizou um delineamento espacial e sazonalmente estratificado com amostras bimestrais no período de novembro/2015 a julho/2018 ao longo de 4 pontos de coleta (P1, P2, P3 e P4) distribuídos no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, sendo os trechos P1 e P2 mais a montante e P3 e P4 a jusante. O material biológico foi obtido a partir da instalação de redes de emalhar fixa do tipo tapagem. A avaliação do nível de contaminação da água e nos peixes ocorreu ao longo do rio dos Cachorros, caracterizando-se, também, por delineamento estratificado com distribuição dos pontos seguindo um gradiente salino decrescente (P1, P2 e P3), envolvendo amostragens no período chuvoso (abril e junho/2014) e estiagem (setembro e novembro/2014). Os resultados indicaram baixo número de artigos relacionado à biodiversidade de peixes da região amazônica, com contribuições de apenas 7,3% quando comparado ao total de estudos com áreas temáticas em diversidade e conservação da Amazônia. A ictiofauna no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos foi representada por 52 espécies. As famílias Sciaenidae e Ariidae foram as que mais se destacaram, tanto em termos de riqueza como abundância. Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Simpson apresentaram valores mais elevados no período de estiagem e nos pontos localizados mais a montante do estuário. As análises multivariadas sinalizaram mudança na composição das espécies em função da intensidade das chuvas. A Análise de Correspondência Canônica indicou predominância dos Clupeiformes e Perciformes associado aos elevados valores de salinidade. A concentração de metais na água estuarina revelou elevados valores de Fe e Al, com níveis acima dos limites definidos pela legislação brasileira. Para a concentração de metais no tecido muscular dos peixes, detectou-se valores expressivos para Pb e Cd, principalmente em peixes carnívoros e detritívoros. Portanto, tem-se uma porção central do Golfão que ainda apresenta status de área conservada, contudo, com padrões de contaminação por metais pesados com potencial para comprometer a biodiversidade e, conseqüentemente, a pesca que representa uma importante fonte de recurso econômico e proteico para a população do Maranhão. Além disso, o cenário no contexto bioético das pesquisas em biodiversidade de peixes na Amazônia torna imperativa a ampla divulgação dos princípios da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos, além da implementação de políticas de financiamento de projetos com exigência, em seus editais, de estudos com abordagens vinculadas aos princípios da declaração da UNESCO.

**Palavras-Chave:** Estuários, Contaminação, Bioética, UNESCO, Conservação.

## ABSTRACT

The objective of this study was to identify and describe the spatial and seasonal variation, as well as the levels of contamination in the water and muscle tissue of fish in the Gulf of Maranhão, in areas characterized by the confluence of the water masses of São José and São Marcos Bays. Additionally, a systematic review of articles on fish biodiversity in the Amazon was conducted, based on the principles of the Universal Declaration of Bioethics and Human Rights. The methodology involved a systematic search on the basis of the Scientific Electronic Library Online (SciELO) using Boolean descriptors and operators. The review involved the period from 2006 (year immediately following the publication of the statement) to 2018. The spatio-temporal variation study used a sampling design spatial and seasonally stratified with bimonthly samples from November 2015 to July 2018 along 4 collection points (P1, P2, P3 and P4) distributed in the Perizes and Mosquitos estuary, with sections P1 and P2 upstream and P3 and P4 downstream. The biological material was obtained from the installation of multifilament block nets with a 20 - 30 mm mesh. The water and fish contamination levels were evaluated along the Cachorros River, also characterized by stratified design with point distribution following a decreasing saline gradient (P1, P2 and P3), involving sampling in the rainy season. (April and June / 2014) and drought (September and November / 2014). The results indicated a low number of articles related to fish biodiversity of the Amazon region, with contributions of only 7.3% when compared to the total of studies with thematic areas in diversity and conservation of the Amazon. The ichthyofauna in the Perizes and Mosquitos estuary was represented by 52 species. The families Sciaenidae and Ariidae were the most outstanding, both in terms of richness and abundance. Shannon-Wiener and Simpson diversity indices showed higher values during the drought period and at the most upstream points of the estuary. Multivariate analyzes indicated a change in species composition as a function of rainfall intensity. Canonical Correspondence Analysis indicated the predominance of Clupeiformes and Perciformes associated with high level of salinity. The concentration of metals in estuarine water revealed high Fe and Al values, with levels above the limits defined by Brazilian legislation. For the concentration of metals in fish muscle tissue, significant values were detected for Pb and Cd, mainly in carnivorous and detritivorous fish. Therefore, there is a central portion of the Gulf that still has conserved area status, however, with heavy metal contamination patterns with potential to compromise biodiversity and, consequently, fishing that represents an important source of economic and protein resources for the population of Maranhão. In addition, the scenario in the bioethical context of fish biodiversity research in the Amazon makes imperative the wide dissemination of the principles of the Universal Declaration of Bioethics and Human Rights, as well as the implementation of financing policies of projects with requirement, in their edicts, of studies with approaches linked to the principles of the UNESCO declaration.

**Keywords:** Estuaries, Contamination, Bioethics, UNESCO, Conservation

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1. Região central do litoral do Maranhão, correspondendo ao Golfão Maranhense com seus principais ambientes costeiros.....	28
Figura 5-2. Recorte do Golfão Maranhense com destaque para os rios que desaguam em sua área. ....	28
Figura 5-3. Mapa de localização dos pontos de coleta ao longo do rio dos Cachorros.....	31
Figura 5-4. Uso e ocupação do solo envolvendo o estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, comparando os anos de 2000 e 2010. ....	33
Figura 5-5. Distribuição dos pontos de coleta ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	34
Figura 7-1. Quantidade de publicações existentes na base Scielo, considerando os descritores e operadores booleanos Fish AND diversity AND Amazon.....	54
Figura 7-2. Quantidade de publicações existentes na base Scielo, considerando os descritores e operadores booleanos Diversity AND Amazon AND NOT Fish.....	56
Figura 8-1. Recorte da área de estudo, com destaque para pontos de amostragens da ictiofauna localizados no estreito dos Mosquitos e ao longo do estuário do rio Perizes.....	75
Figura 8-2. Rede de tapagem fixada no igarapé Estreito. ....	75
Figura 8-3. Acumulado mensal de chuvas (mm) para a cidade de São Luís no período de novembro/15 a julho/2018. ....	80
Figura 8-4. Média e desvio padrão para abundância dos peixes em cada mês de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	83
Figura 8-5. Média e desvio padrão para os valores de biomassa da assembleia de peixes em cada mês de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	83

Figura 8-6. Média e desvio padrão para a abundância de peixes em cada local de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	84
Figura 8-7. Média e desvio padrão para os valores de biomassa da assembleia de peixes em cada local de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	84
Figura 8-8. Curva de acumulação de espécies para a assembleia de peixes amostrada no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos no período de nov/15 a jul/18. Valor médio da riqueza de espécies (linha vermelha) $\pm$ intervalo de confiança de 95% (linha azul). ....	85
Figura 8-9. Comparação da riqueza observada com o estimador Chao2 para cada um dos pontos de coleta amostrados no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. ....	85
Figura 8-10. Análise de ordenação MDS para abundância dos peixes em função dos meses de amostragem. ....	88
Figura 8-11. Análise de agrupamento para abundância dos peixes em função dos locais de amostragens. A marcação na figura indica o resultado da análise SIMPROF para formação dos grupos hierárquicos ao nível de 5% de significância. ....	90
Figura 8-12. Resultados da análise PERMANOVA para a distribuição das espécies de peixes que apresentaram diferenças significativas quanto a ocorrência no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos em função das diferentes categorias relacionadas ao acumulado mensal de chuvas. ....	90
Figura 8-13. Análise de Correspondência Canônica (CCA) associando as variáveis abióticas aos valores de abundância das espécies de peixes amostradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. Sal – salinidade; OD – oxigênio dissolvido; Tem – temperatura; Secchi – transparência; PRP - precipitação E – grupo estiagem; T – grupo transição; C – grupo chuvoso; <i>B. bagre</i> (Bb), <i>A. anableps</i> (Aa), <i>A. lineatus</i> (Al), <i>A. quadriscutis</i> (aq), <i>A. rugispinis</i> (Ar), <i>A.</i>	

*tibicen*(At), *A. aspredo*(Aas), *B. ronchus*(Br), *B. surinamensis*(Bs), *C. acoupa*(Ca), *C. edentulus*(Ce), *C. faber*(Cf), *C. leiarchus*(Cla), *C. microlepidotus*(Cmc), *C. parallelus*(Cp), *C. psittacus*(Cps), *C. spixii*(Cs), *C. latus*(Clt), *C. undecimalis*(Cu), *D. rhombeus*(Dr), *G. luteus*(Gl), *G. micrura*(Gm), *H. plecostomus*(Hp), *L. piquitinga* (Lp), *L. surinamensis*(Ls), *M. ancylodon* (Mac), *M. atlanticus*(Mat), *M. curema*(Mc), *M. furnieri*(Mf), *M. gaimardianus*(Mg), *N. micros*(Nm), *N. bonillai*(Nb), *O. palometa*(Op), *O. niloticus*(On), *P. atherinoides*(Pa), *P. virginicus*(Pv), *P. nodosus*(Pnd), *S. brasiliensis*(Sb), *S. herzbergii*(Sh), *S. naso*(Sn), *S. plagusia*(Spl), *S. proops*(Sp), *S. rastrifer*(Sr), *S. testudineus*(St), *T. lepturus*(Ti) ..... 92

Figure 9-1. Map of watersheds on São Luís Island, Maranhão, Brazil ..... 108

Figure 9-2. Map of sampling points..... 109

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 7-1. Lista dos artigos apresentados pela base Scielo a partir do uso dos descritores e operadores booleanos Fish AND diversity AND Amazon, considerando o período de 2006 a 2018. .... 52
- Tabela 7-2. Ano e título dos artigos publicados no período 2006 a 2018 na base Scielo, com abordagem em biodiversidade de peixes na região amazônica e sua associação à alguns aspectos que fazem referência à Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos (DUBDH). .... 62
- Tabela 8-1. Variáveis abióticas mensuradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos em função dos meses de amostragem e locais de coleta. T- temperatura; Sal – salinidade; OD – oxigênio dissolvido; Secchi – transparência. Letras diferentes, por variável abiótica e para cada tipo de avaliação (temporal-espacial), sinalizam diferenças estatísticas ( $\alpha = 0,05$ ). .... 79
- Tabela 8-2. Ordem de classificação (Clas), abundância (Abn), frequência relativa (FR), frequência relativa acumulada (Fr.A), abundância no período chuvoso (Ab.ch) , estiagem (Ab.est) e frequência relativa por ponto de amostragem (P1, P2, P3 e P4) para as 10 espécies mais presentes no estuário do rio Perizes e no igarapé Estreito – Golfão Maranhense. .... 86
- Tabela 8-3. Resultados da diversidade de Shannon-Wiener (H), Simpson ( $\lambda$ ), Riqueza (S) e Equitabilidade (J) tanto em termos sazonais como espaciais. Letras diferentes, para cada tipo de avaliação, sinalizam diferenças estatísticas ( $\alpha = 0,05$ ). .... 87
- Tabela 8-4. Análise SIMPER para dissimilaridade entre os grupos de precipitação menores que 50 mm e maiores que 300 mm. Av. Ab – abundância média (ind/mês); Av. Diss – dissimilaridade média; Contrib% - porcentagem de contribuição; Cum% - porcentagem acumulada. .... 88

Table 9-1. Mean and standard deviation ( $\pm$ SD) values and coefficient of variation (CV) for physicochemical variables in Cachorros River according to sampling month .....	110
Table 9-2. Mean and standard deviation ( $\pm$ SD) values and coefficient of variation (CV) for physicochemical variables in Cachorros River according to sampling point .....	110
Table 9-3. Concentrations of heavy metals ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) in Cachorros River (limits established by CONAMA Resolution 357/05 in bold).....	111
Table 9-4. Most probable number (MPN) of total and thermotolerant coliforms and identification of E. coli throughout sampling months and points.....	112
Table 9-5. Concentrations of trace metals in different fish species caught in Cachorros River in rainy and wet seasons (limits established by Brazilian legislation in bold); Feeding habit: D – detritivorous; C – carnivorous; H – herbivorous.....	113
Table 9-6. Results of two-factor ANOVA for evaluation of concentration of Pb as function of season and feeding habit.....	113

## LISTA DE QUADROS

Quadro 8-1. Lista de espécies da ictiofauna amostradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, região do Golfão Maranhense, no período de nov/15 a jul/18. N – número de indivíduos; Pt – peso total.....	81
--	----



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Artigo da tese publicado na Applied Ecology and Environmental Research - 2019 .....	122
Anexo 2. Artigo publicado no Brazilian Journal of Biology – 2018 .....	123
Anexo 3. Artigo publicado na revista Iheringia Série Zoologia – 2018 .....	124
Anexo 4. Artigo publicado na revista Applied Ecology and Environmental Research – 2018 .....	125
Anexo 5. Carta de aceite para publicação de capítulo de livro pela editora ATENA a ser publicado em novembro/2019 .....	126
Anexo 6. Instruções aos autores para submissão na revista Biota Neotropica ISSN 1676-0603 .....	127
Anexo 7. Instruções aos autores para submissão na revista Biodiversity and Conservation ISSN 1572 - 9710 .....	132

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	15
2	OBJETIVOS .....	23
2.1	Objetivo Geral .....	23
2.2	Objetivos Específicos.....	23
3	PROBLEMA.....	24
4	HIPÓTESES .....	25
5	ÁREA DE ESTUDO .....	26
5.1	Descrição da área de estudo .....	26
5.1.1	<b>Estado do Maranhão</b> .....	26
5.1.2	<b>Golfão Maranhense</b> .....	27
5.1.3	<b>Locais de amostragem</b> .....	30
5.1.3.1	<b>Rio dos Cachorros</b> .....	30
5.1.3.2	<b>Estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos</b> .....	32
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36
7	CAPÍTULO 1: DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE BIOÉTICA E DIREITOS HUMANOS: REFERÊNCIA PARA PROTEÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE PEIXES NA REGIÃO AMAZÔNICA .....	47
	INTRODUÇÃO .....	48
	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
	CONCLUSÃO .....	66
	REFERÊNCIAS.....	66
8	CAPÍTULO 2: COMUNIDADE DE PEIXES DE UMA REGIÃO CENTRAL DO GOLFÃO MARANHENSE: COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL.....	71
	INTRODUÇÃO .....	72
	MATERIAL E MÉTODOS.....	73
	RESULTADOS .....	78
	DISCUSSÃO .....	92
	CONCLUSÃO.....	99
	REFERÊNCIAS.....	100
9	CAPÍTULO 3: METAL LEVELS IN WATER AND THE MUSCLE TISSUE OF FISHES IN THE CACHORROS RIVER, SÃO LUÍS ISLAND, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL .....	106
	Introduction .....	106
	Materials and methods .....	107
	Results and discussion.....	110
	Conclusion .....	114
	References .....	114
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	117
	ANEXOS.....	121

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os Ecossistemas estuarinos sustentam grande densidade e diversidade biológica, caracterizando-se dentre os mais valiosos do planeta, tanto na vertente biótica, como econômica e cultural (CONSTANZA, 1997).

Os estuários, em condições naturais, são biologicamente mais produtivos que os rios e oceanos adjacentes, devido concentrarem elevada quantidade de nutrientes que estimulam a produção primária (MIRANDA et al., 2002). Esses ambientes podem ser colonizados pelo mangue, que associado a fatores físico, químico, geológicos e biológicos culminam em condições propícias para reprodução, alimentação e desenvolvimento de diversas espécies (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989). Dentre as espécies inclui-se o grupo dos peixes, que usam este ecossistema como berçários, rotas de migração e áreas de refúgio (CATTRIJSSE E HAMPEL, 2006).

No litoral maranhense, as condições fisiográficas e geográficas contribuem, positivamente, para a existência de ambientes favoráveis ao desenvolvimento de uma grande diversidade de organismos, entre eles a fauna ictiológica. A costa do Maranhão possui características geoambientais bastante variadas, com amplitudes de maré bem acentuadas podendo chegar a 8 metros, nas marés de sizígia (RAMOS & CASTRO, 2004), influenciando na ocorrência de várias espécies. Também se ressaltam as condições de elevada turbidez gerada pela intensa atividade fluviomarina, contribuindo para o elevado aporte de matéria orgânica à zona estuarina (AZEVEDO et al., 2008). Essas características modelam a existência de uma heterogeneidade de elementos para a formação de uma cadeia alimentar, da qual se nutrem os peixes (SUDENE, 1983).

A produtividade primária, em estuários do Golfão Maranhense, é destacada por Azevedo et al. (2008), com teor de clorofila-*a* atingindo valores na ordem de  $72,0 \text{ mg.m}^{-3}$ . Esses resultados são superiores, por exemplo, aos registrados no estuário de Barra das Jangadas, com valores na ordem de  $60 \text{ mg.m}^{-3}$  (BRANCO et al., 2002). Também foram superiores aos registrados por Bastos et al. (2005), no estuário do rio Una ( $36,30 \text{ mg.m}^{-3}$ ) e por Eschrique (2011) com valores de no máximo  $36,8 \text{ mg.m}^{-3}$ , no estuário do rio Jaguaribe – CE. Estes dados refletem o grau de importância desse complexo estuarino para a manutenção da estrutura biótica da costa Amazônica, representando um ambiente que

necessariamente devem ser considerados nas políticas de desenvolvimento econômico do Estado do Maranhão.

Pesquisas executadas por Castro (2001) e Almeida (2008) nos sistemas estuarinos maranhenses, destacam as populações de peixes como os principais recursos potencialmente exploráveis. Estas observações são justificadas em função de uma alta densidade, notável biomassa disponível e pela expressiva fonte de suprimento alimentar de proteínas.

Na perspectiva ecológica, a comunidade ictiofaunística também desempenha importante função no balanço energético, dentro do sistema estuarino, através dos processos de transformação, condução, troca e armazenamento de energia nos vários níveis tróficos do ecossistema (YANES-ARANCIBIA et al., 1988). Por estes motivos, a assembleia de peixes tem sido frequentemente usada para avaliar ou monitorar mudanças em ambientes estuarinos (CASTRO et al., 2010; GAERTNER et al., 2010; LEFCHECK et al., 2014; MÉRIGOT et al., 2017; SILVA et al., 2018).

O monitoramento dos processos ecológicos torna-se essencial para a geração de informações acerca da atual condição ambiental e suas tendências em séries temporais (OLIVEIRA e FRÉDOU, 2011). Segundo estes autores, a diversidade biológica sofre perdas à medida que as condições ambientais são alteradas, sendo importante, buscar soluções que englobem o sistema como um todo, considerando os aspectos biológicos e seus processos ecológicos, em escalas apropriadas.

Um dos parâmetros que podem ser observados através do monitoramento da ictiofauna é a variabilidade, a qual pode ser definida como uma dinâmica espacial e temporal em populações e comunidades, (variáveis respostas), e a heterogeneidade nos processos que geram e mantêm os padrões, (variáveis preditoras) (BENEDETTI-CECCHI, 2003). Variabilidade produz padrões complexos e interativos (UNDERWOOD et al., 2000), consistindo em mudanças ao longo do tempo, que ocorrem em um determinado local, mas que podem ser ausentes em outros, mesmo naqueles próximos (GRAY et al., 2009; ROTHERHAM et al., 2011).

A interação espaço-temporal de processos bióticos e abióticos podem afetar tanto as abundâncias locais de uma única espécie, como a diversidade das assembleias e a interação entre espécies (UNDERWOOD et al., 2000). No entanto, o estado atual do conhecimento ecológico da ictiofauna estuarina é limitado, porque a variabilidade dessas assembleias e seus determinantes, embora exaustivamente estudada em larga escala

espacial, ou seja, entre diferentes setores estuarinos (ARAÚJO et al., 2002; JAUREGUIZAR et al., 2004; BARLETTA et al., 2005; BARLETTA et al., 2008; DANTAS et al., 2010; SILVA-JUNIOR et al., 2017) ainda é pouco conhecida em reduzida escala, isto é, dentro dos setores estuarinos (CHAGAS et al., 2006; Silva et al., 2018).

Azovsky (2000) destaca que o entendimento da dinâmica, persistência e estabilidade das assembleias de peixes estuarinos é dependente de amplas generalizações. Estas generalizações derivam de padrões ecológicos manifestados em múltiplas escalas (SHEAVES e JOHNSTON, 2009).

Matthews (1998) sinaliza que a presença e abundância ictiofaunística em assembleias locais podem ser influenciadas por numerosos fatores bióticos e abióticos que funcionam e interagem em escalas espaciais e temporais diversas

A ictiofauna dos estuários da região Amazônica, a qual inclui a Costa Ocidental e Golfão Maranhense (ARAÚJO et al., 2011), apresentam ciclos sazonais em seus índices de riqueza, diversidade e equitabilidade, estando esses, relacionados às variações anuais de salinidade, como característico em climas tropicais (BARLETTA-BERGAN et al., 2002). Outros fatores abióticos como turbidez, efeito do substrato e profundidade são muito importantes na distribuição de peixes jovens nos estuários (BLABER, 2000). No rio Tibiri (MA) Batista e Rêgo (2001) observaram que o aumento da turbidez ocorrida durante as maiores amplitudes de marés, período que coincide ao aumento da salinidade, constitui um fator adicional de atração para as espécies marinhas.

Andrade-Tubino et al. (2008) afirmam que os padrões de distribuição das ictiocenoses ao longo da costa brasileira estão mais associados à heterogeneidade espacial e tolerância à variação de salinidade do que às estratégias de vida das espécies.

Nos estudos de distribuição das espécies realizados na costa norte do Brasil por Martins-Juras et al. (1987), Castro (2001), Barletta et al. (2003) e Barletta et al. (2005), observa-se um predomínio de espécies pertencentes às famílias Sciaenidae, Ariidae, Gobiidae e Gerreidae, as quais procuram áreas estuarinas tropicais para reprodução e/ou crescimento (BLABER, 2002).

Nos sistemas estuarinos distribuídos em torno da ilha de São Luís - MA, Martins-Juras et al. (1987) registrou a presença de 132 espécies de peixes com a predominância de *Genyatremus luteus*, *Mugil curema*, *Sciades herzbergii*. Estes táxons, com inclusão do *Colomesus psittacus*, caracterizaram-se pela ocorrência durante todo o ano.

Carvalho-Neta e Castro (2008), avaliando a diversidade da assembleia de peixes nos sistemas estuarinos da ilha dos Caranguejos, Golfão Maranhense, efetuou a amostragem de 32 espécies, sendo *Anableps anableps*, *Sciades herzbergii*, *Bagre bagre*, *Cathrorops spixii*, *Genyatremus luteus* e *Colomesus psittacus*, caracterizadas como as mais abundantes. Assim, estudos voltados ao conhecimento das espécies que compõem a ictiofauna de um ambiente são fundamentais para a compreensão do ecossistema, e fornecimento de dados necessários para ações de conservação e preservação.

Abordagem igualmente importante, além do estudo na vertente ecológica, é a avaliação da concentração de metais no tecido muscular dos peixes. Neste aspecto, Atli e Canli (2010) explicam que em altas concentrações no meio aquático, os metais demonstram alto poder acumulativo na biota. Os peixes absorvem tanto os metais essenciais, como não essenciais, a partir da água e pela ingestão de alimentos, retendo-os em seu tecido muscular (JABEEN et al., 2012; MERT et al., 2014; LIMA et al., 2015; CASTRO et al., 2018; SANTOS et al., 2019).

Por serem um importante recurso proteico e fazerem parte da composição alimentar humana, os peixes, com ocorrência em áreas contaminadas, representam uma das principais fontes de ingestão de metais para o homem, via cadeia alimentar (FERRANTE et al., 2018).

Cerca de 90% da carga total de poluentes químicos em humanos está associado ao consumo de alimentos (ZHAO et al., 2011). Os ambientes aquáticos estão contaminados por eventos naturais, tais como erosão, intemperismo, etc., ou por insumos principalmente antrópicos, através de descargas industriais, agrícolas ou de águas residuais urbanas não tratadas que, em retorno, afetam a saúde humana (TRAN et al., 2018).

Os metais pesados são os agentes químicos antropogênicos, que ameaçam a saúde humana, mais frequentemente encontrados em ambientes aquáticos. Estes elementos diferem-se dos outros tipos de poluentes devido seus longos ciclos biogeoquímicos, sua lenta decomposição e seus crescentes níveis de acumulação ao longo da cadeia alimentar (ANANDKUMAR et al., 2018).

No ambiente marinho/estuarino, os peixes têm sido amplamente utilizados como bioindicadores da poluição por metais, pois acumulam concentrações elevadas desses elementos em seus tecidos, muitas vezes maiores quando comparadas às concentrações detectadas diretamente na água (BURGER, 2006; AUTHMAN et al., 2015).

Os metais transferem-se na cadeia alimentar, através de peixes predadores e organismos de nível trófico superior, incluindo aves marinhas que se alimentam da ictiofauna, mamíferos marinhos e consumidores humanos (SHEPPARD et al., 2010; NASER, 2013; FREIJE, 2015).

Os peixes bioindicadores bioacumulam contaminantes metálicos de seus ambientes, seja oriundo diretamente da água estuarina (bioconcentração) ou a partir da predação nas cadeias tróficas (biomagnificação), ao longo do tempo (ZAGATTO e BERTOLETI, 2006). Esse hábito permite que as concentrações de metais no tecido muscular dos peixes possam ser usadas para fornecer uma visão integrada dos metais disponíveis no ambiente, em vez de simples concentrações instantâneas dos contaminantes detectadas pela análise de amostras de água marinha/estuarina ou de sedimentos (GERHARDT, 2009).

Os representantes ictiofaunísticos são bioindicadores dos efeitos dos metais. Alguns elementos traços interrompem processos metabólicos vitais que podem afetar a reprodução, enfraquecer o sistema imunológico e causar alterações patológicas nos tecidos ou na estrutura celular (AUTHMAN et al., 2015). Altas concentrações de metais no tecido de peixes também podem causar degradação ecológica reduzindo a abundância e a biodiversidade da comunidade ictiofaunística. Ademais, podem causar, também, efeitos na saúde de outros organismos que se alimentam dos peixes, na qual se inclui o homem (BURGER, 2006; AUTHMAN et al., 2015).

Os peixes são fontes de proteínas e nutrientes na dieta humana, no entanto, o consumo dos indivíduos contaminados com metais pode causar efeitos adversos à saúde, especialmente para populações com maior suscetibilidade como, por exemplo, mulheres grávidas e lactantes, bebês e crianças pequenas, bem como para pescadores recreativos ou de subsistência, que normalmente consomem grandes quantidades desse produto (US EPA, 2000b).

Muitos fatores, incluindo diferenças intrínsecas de espécies e condições ambientais extrínsecas, afetam o acúmulo de metais em peixes. Fatores intrínsecos relacionados às espécies incluem o status trófico e a estratégia de alimentação, que estão ligados aos principais constituintes da dieta. São exemplos, as algas, fitoplâncton, invertebrados, peixes (AL-MAJED e PRESTON, 2000; SAEI-DEHKORDI et al., 2010; TREMAIN e ADAMS, 2012; SANTOS et al., 2019). Além disso, fatores intrínsecos incluem a idade do peixe (AL-HASHIMI e AL-ZORBA, 1991), gênero e a fase de

reprodução sexual, que é dependente da época em que estes organismos são coletados (SAEI-DEHKORDI et al., 2010; MORTAZAVI e SHARIFIAN, 2012; NEJATKHAH et al., 2014). Esses fatores também incluem o tipo de tecido analisado (RAHMANPOUR et al., 2014; AL-NAJARE et al., 2015; ZAMANI et al., 2015; RAHIMI e GHEYSARI, 2015;) e tamanho corporal que inclui as variáveis comprimento e/ou peso (MORTAZAVI e SHARIFIAN, 2012).

Fatores extrínsecos que afetam a bioacumulação do metal incluem a forma química do metal, a severidade da contaminação e a presença de outros contaminantes no ambiente marinho. Incluem-se também, variáveis associadas à qualidade da água, como salinidade, temperatura, concentrações de oxigênio dissolvido, pH, sólidos suspensos totais e a natureza dos sedimentos de fundo. Estes podem servir como reservatório para adsorção e ressuspensão de metais (BUTAYBAN e PRESTON, 2004; AL-DARWISH et al, 2005; SAEI-DEHKORDI et al., 2010).

Desta forma, para entender o potencial risco dos metais para a ictiofauna e seus consumidores, em uma região, torna-se necessário determinar a concentração desses elementos nos peixes e nos ambientes em que a fauna íctica se distribui (Burger et al. 2002; Yi e Zang 2012; LIMA et al., 2015). A poluição orgânica e inorgânica, especialmente metais, em ecossistemas aquáticos, são questões globais e merecem atenção, pois afetam direta e indiretamente os organismos, causando-lhes danos irreparáveis (WEN et al., 2017; SCHMELLER et al., 2018; VÄÄNÄNEN et al., 2018).

A bioética é outra abordagem raramente discutida, sobretudo, no contexto da diversidade de peixes. Trata-se de campo de aprendizado muito recente (THIELE, 2015), que passou a apresentar maior destaque a partir da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos (DUBDH), assinada por representantes de 191 estados, membros da Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO).

A DUBDH registra a importância de vários pactos internacionais de grande importância para o desenvolvimento humano e para proteção do meio ambiente, tais como Pacto Internacional das Nações Unidas sobre os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais; Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica; Tratado Internacional sobre Recursos Genéticos Vegetais para a Alimentação e a Agricultura; Recomendação da UNESCO sobre a Importância dos Pesquisadores Científicos; Declaração da UNESCO sobre as Responsabilidades das Gerações Presentes para com as Gerações Futuras; Acordo



sobre os Aspectos dos Direitos de Propriedade Intelectual Relacionados ao Comércio (TRIPS), que estabelece a Organização Mundial do Comércio; a Declaração de Doha sobre o Acordo de TRIPS e a Saúde Pública, além de outros instrumentos internacionais relevantes adotados pela Organização para a Alimentação e a Agricultura da Organização das Nações Unidas (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) (UNESCO, 2005).

A declaração da UNESCO apresenta-se como documento de grande importância, representando um divisor de posições entre países ricos e pobres, pois as nações desenvolvidas defendiam um documento que restringisse a bioética aos tópicos biomédicos e biotecnológicos. O Brasil teve papel decisivo na ampliação do texto para os campos sanitário, social e ambiental, com o apoio inestimável das delegações latino-americanas, países africanos e pela Índia, levando a um texto final vitorioso para as nações em desenvolvimento (UNESCO, 2005). Observando o documento percebe-se abordagens comprometidas com as populações tradicionais e vulneráveis, como é o caso das comunidades pesqueiras, cujo crescente desenvolvimento urbano tem comprometido as atividades de pesca devido, por exemplo, a contaminação por metais nos peixes.

A DUBDH é constituída por 17 princípios (UNESCO, 2005), e as abordagens comprometidas com populações mais vulneráveis, como no caso dos pescadores, e proteção da biodiversidade podem ser observadas em alguns desses princípios, tais como no artigo 6 que indica a necessidade de consentimento para o desenvolvimento de pesquisas, onde o consentimento coletivo, de um líder, ou autoridade comunitária jamais poderá substituir o individual. No artigo 15 que ressalta a necessidade de compartilhamento, com toda a sociedade, dos benefícios resultantes de qualquer pesquisa científica e suas aplicações. O artigo 17 destaca a atenção que deve ser dada à inter-relação entre os seres humanos com outras formas de vida, importância do acesso e do uso adequado dos recursos biológicos e genéticos, respeito pelo conhecimento tradicional e o papel dos seres humanos na proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade.

Além dos princípios, em seu artigo 2 a DUBDH apresenta como um dos seus principais objetivos, ressaltar a importância da biodiversidade e sua conservação como uma preocupação comum da humanidade (UNESCO, 2005). Desta forma, é papel crucial da humanidade conhecer sua biodiversidade e desenvolver estratégias para gerenciar todos os recursos bióticos, principalmente, em função do cenário atual de forte pressão antrópica, sobre os ambientes, com intenso declínio da biodiversidade, atrelado, inclusive, a episódios de extinção em massa na qual a ictiofauna também está vulnerável.

Destaca-se, nesta linha, que os estudos de ecologia e biodiversidade ictiofaunística, além da concentração do nível de metais pesados no tecido muscular dos peixes são muito escassos na região do Golfão Maranhense. Em especial, nas suas porções mais centrais, próximas à área do estreito dos Mosquitos, a qual está sujeita à dinâmica de duas Baías, São Marcos e São José. Essa área caracteriza-se como uma zona de intensa exploração pesqueira, além de várias outras interferências antrópicas, ao longo de sua bacia de drenagem, tais como construção de pontes, ferrovias, atividades de aterramento, compactação do solo, instalação de tubulações, linhas de transmissão e atividades portuárias.

Assim, um estudo visando o entendimento da estrutura e funcionamento da ictiofauna, bem como dos aspectos relacionados à contaminação no Golfão Maranhense poderá representar relevante contribuição para o conhecimento da biodiversidade e padrão de ocorrência e distribuição dos peixes, além de gerar subsídio para as políticas de proteção da biota aquática do litoral maranhense, contribuindo, assim, com os princípios estabelecidos na DUBDH. Ao mesmo tempo, um levantamento das publicações relacionadas à biodiversidade de peixes em regiões amazônicas atrelados a um contexto bioético poderá indicar a percepção do meio científico quanto aos princípios estabelecidos em uma declaração de caráter mundial.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição, estrutura e distribuição da comunidade de peixes e sua exposição a níveis de metais pesado no Golfão Maranhense. O intuito é enquadrar diferentes áreas caracterizadas pela confluência das massas de água das baías de São José e São Marcos e gerar subsídios para implementação de políticas de ordenamento pesqueiro e conservação da biodiversidade, para este trecho da Amazônia Oriental.

Adicionalmente, efetuou-se uma revisão sistemática dos trabalhos que abordaram temas que pudessem contribuir para conhecimento e conservação da biodiversidade de peixes na região amazônica, baseado no princípio de proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade, conforme declaração da UNESCO. A revisão constou de pesquisas realizadas nos últimos 12 anos porque envolve o momento inicial de publicação do documento da UNESCO até os dias atuais. O propósito da pesquisa foi de verificar se o princípio preconizado na Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos que estabelece a necessidade de proteção do meio ambiente, da biosfera e da

biodiversidade está sendo respeitado nas pesquisas que abordam os peixes como importante grupo da biodiversidade amazônica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- Avaliar a ictiofauna com ocorrência no Golfão Maranhense, quanto às características ecológicas e contaminação por metais na água e nos peixes, com abordagens em princípios da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Efetuar uma revisão sistemática dos artigos sobre biodiversidade de peixes na Amazônia (Brasil), com base em princípios da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos (Capítulo 1);
- Verificar como o princípio 17 da Declaração da UNESCO tem sido abordado nos diferentes estudos da fauna ictica (Capítulo 1);
- Descrever a comunidade de peixes, em regiões específicas do Golfão, sob influência das massas de água das baías de São Marco e São José, quanto aos aspectos da composição, diversidade, equitabilidade e riqueza (Capítulo 2);
- Verificar a distribuição espaço-temporal da ictiofauna em regiões estuarinas localizadas na zona central Golfão Maranhense e o possível efeito de fatores sazonais (Capítulo 2);
- Avaliar o nível de metais pesados na água e no tecido muscular dos peixes com ocorrência em uma área central do Golfão, sob influência de atividade portuária (Capítulo 3).

### 3 PROBLEMA

O uso dos recursos pesqueiros ainda é uma preocupação, pois o crescimento populacional tem provocado grande intensidade da pesca artesanal no litoral maranhense, e, no caso específico do Golfão, as atividades industriais, e de urbanização, em efeito sinérgico, apresentam potencial comprometimento para a diversidade da biota aquática. A área do Golfão tem sido pouco investigada em termos de biodiversidade de peixes. No contexto mais amplo, a Amazônia, com funções ecossistemas que transcendem o território nacional, e, ao mesmo tempo, sendo uma área altamente vulnerável, com ocupações desordenadas, queimadas, construção de hidrelétricas, entre outros, precisa ser bem conhecida, em seus aspectos ambientais, para o desenvolvimento de uma gestão territorial efetiva e manutenção dos seus processos naturais. Em função desses aspectos, surgem os seguintes questionamentos para o desenvolvimento da tese em cada um dos três capítulos:

#### *Capítulo 1*

Quantos artigos foram publicados nos últimos 12 anos, em indexador nacional, abordando o tema diversidade e/ou conservação de peixes na Amazônia? Os trabalhos publicados, sobre diversidade de peixes, têm apresentado elementos pertencentes ao artigo 17 da Declaração Universidade de Bioética e Direitos Humanos? Os trabalhos publicados fazem referência à Declaração da UNESCO?

#### *Capítulo 2*

Quais as espécies da ictiofauna, sua estrutura e abundância na região central do Golfo do Maranhão? Os fatores sazonais modelam a distribuição da fauna de peixes ao longo do tempo? Fatores sazonais locais são capazes de promover mudanças na diversidade de peixes mesmo em escalas espaciais reduzidas? A ictiofauna, em termos de abundância e biomassa, apresenta mudanças numa escala espaço-temporal? Quais são as espécies que dominam nesta região central do Golfão?

#### *Capítulo 3*

Há evidências de contaminação por metais pesados na água e nos peixes que ocorrem no rio dos Cachorros? As concentrações de metais pesados variam em função de fatores

sazonais e espaciais? Existem espécies de peixes mais vulneráveis à contaminação em função do hábito alimentar?

#### **4 HIPÓTESES**

Baseado nos problemas apresentados, as seguintes hipóteses foram formuladas:

##### *Hipóteses trabalhadas no capítulo 1*

- Em função da importância dos peixes para alimentação humana, deve existir elevado número de artigos publicados, nos últimos 12 anos, abordando o tema diversidade de peixes na Amazônia;
- Os artigos publicados desde o lançamento da Declaração de Bioética e Direitos Humanos tem abordado a maior parte dos elementos associados à proteção do meio ambiente, descritos neste documento da UNESCO;
- Grande parte dos trabalhos publicados, dentro do tema em análise, faz citação à Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos;

##### *Hipóteses trabalhadas no capítulo 2*

- A composição das espécies de peixes ao longo do estuário do rio Perizes não sofre influência espaço-temporal, pois as comunidades são distribuídas aleatoriamente sem interferência de período chuvoso ou de estiagem;
- Como as amostragens ocorreram dentro de um mesmo sistema estuarino (escala espacial reduzida) os valores de diversidade, abundância, biomassa, além da própria composição das espécies não apresentam variação;
- O estuário do rio Perizes, semelhante a outros ambientes estuarinos da ilha de São Luís, apresenta-se dominado por poucas espécies;

##### *Hipóteses trabalhadas no capítulo 3*

- Durante o período de estiagem há maior concentração de metais pesados nos peixes e na água;
- Os níveis de metais na água apresentam valores mais elevados em trechos mais próximos do terminal da ALUMAR;
- Os peixes de hábito alimentar carnívoro possuem maiores concentrações de metais pesados.

## **5 ÁREA DE ESTUDO**

### **5.1 Descrição da área de estudo**

#### **5.1.1 Estado do Maranhão**

O estado do Maranhão, situado na região nordeste do Brasil, contém área de 333.365,6 km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte com o Oceano Atlântico, numa extensão litorânea de 640 km, estendendo-se no sentido oeste-leste da foz do rio Gurupi, na divisa com o estado do Pará, até o delta do rio Parnaíba, no limite com o estado do Piauí, sendo o segundo litoral mais extenso do Brasil (MARANHÃO, 2002). A proximidade do equador e a configuração do relevo favorecem elevadas amplitudes de marés, alcançando 7,2 m (FEITOSA e TROVÃO, 2006).

O litoral maranhense é relativamente extenso e se destaca pela diversidade de feições geológicas, contendo, de oeste para leste, as Reentrâncias, o Golfão Maranhense, os Lençóis e o Delta do Parnaíba. Além disso, possui uma ampla área de manguezais que segundo Souza Filho (2005), representa mais de 40% das florestas de mangue do Brasil, o que aumenta consideravelmente a biodiversidade e a produtividade da zona costeira.

Segundo Feitosa (1983) cerca de 60% do território maranhense corresponde às planícies, identificando-se quatro ambientes diferenciados em função dos processos geomorfológicos:

- Planície fluvial que corresponde às morfoesculturas modeladas pelos rios, nos seus baixos cursos. Apresenta largura variável de oeste para leste e maior penetração para o interior, acompanhando os vales dos rios, notadamente os que desembocam no Golfão Maranhense.
- Planície sublitorânea que corresponde ao prolongamento da faixa costeira em direção ao oceano, abrangendo a plataforma continental mais larga a oeste, onde atinge cerca de 250 km, e mais estreita a leste, com profundidade limite de 200 m.
- Planície costeira cuja proximidade do mar influi indiretamente sobre grande parte dos processos de modelagem do ambiente, originando os campos de dunas móveis, dunas fixas, paleodunas, restingas e falésias.
- Planície litorânea que é modelada pelo fluxo das marés. A área de fluxo direto é dominada por processos marinhos e fluviomarinhas que dão origem às praias, manguezais, vasas, pântanos, apicuns, lagunas e falésias, enquanto que na área de

fluxo indireto ocorrem pântanos e campos inundáveis. Neste ambiente destacam-se o Litoral Ocidental Maranhense, o Litoral Oriental e o Golfão Maranhense.

A localização geográfica, integrando a Amazônia e seu contato direto com o Oceano Atlântico favorecem ao Maranhão condições hidrológicas diferentes daquelas dos demais estados nordestinos, por apresentarem diversos rios perenes, por possuírem caudal razoável durante todo o ano e sentido geral sul-norte com ligeira inclinação para leste (LOPES, 1970). De acordo com Maranhão (2002), as bacias hidrográficas podem ser discriminadas como bacias limítrofes e as genuinamente maranhenses, divididas segundo o local onde desembocam seus rios.

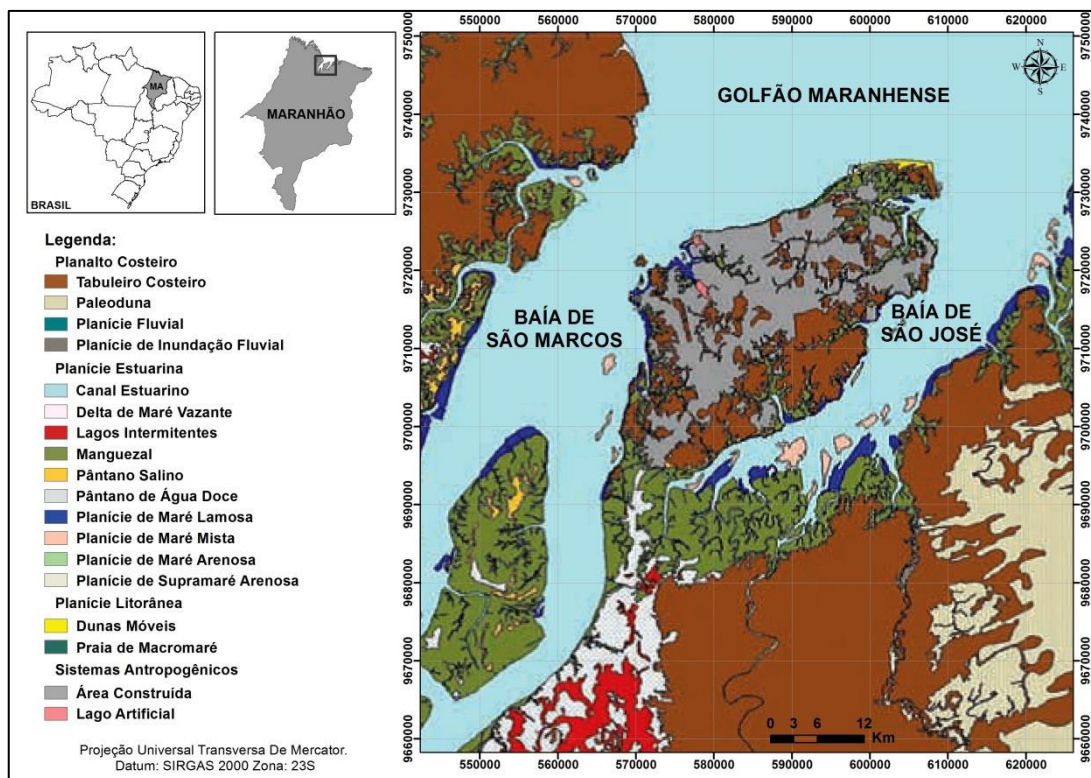
A plataforma continental maranhense é apenas ligeiramente inclinada e bastante extensa, com aproximadamente 72 km (40 milhas náuticas) a sudeste, alargando-se em direção a noroeste até atingir 220 km (120 milhas náuticas) ao longo da foz do rio Gurupi. A profundidade média é de 100m; mais de dois terços da área, encontra-se entre a costa e a isóbata de 100 m (STRIDE, 1992).

### **5.1.2 Golfão Maranhense**

Na porção central do litoral maranhense encontra-se o Golfão, cujas características são comuns ao Litoral Ocidental e Oriental, sendo reconhecidas as seguintes feições, segundo Teixeira e Souza Filho (2009): formação de tabuleiros costeiros, paleodunas, lagos perenes, planície de inundação fluvial, canal estuarino, delta de maré vazante, lagos intermitentes, manguezal, pântano salino, pântano de água doce, planície de maré lamosa, mista e arenosa, dunas móveis, praias de macro maré (Figura 5-1).

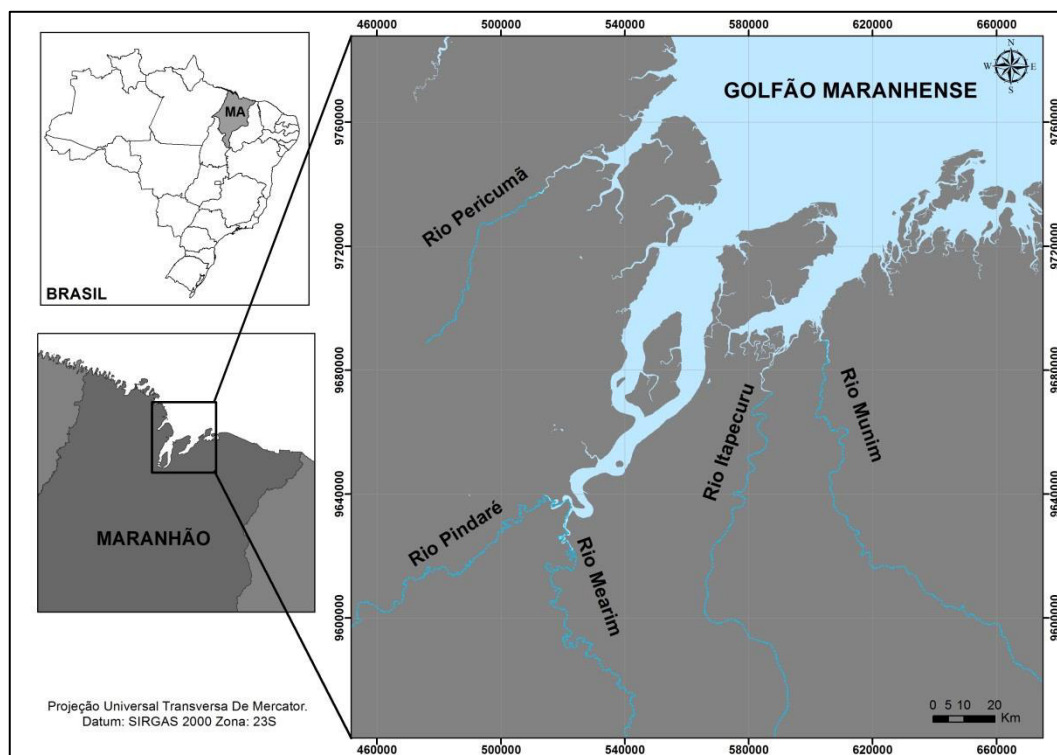
As bacias hidrográficas que desembocam no Golfão Maranhense são totalmente pertencentes ao território do Estado, representadas pelas bacias dos rios Pericumã, Pindaré, Mearim, Itapecuru e Munim (Figura 5-2).

De acordo com Maranhão (2002) os maiores contribuintes de águas fluviais para o Golfão são os rios Itapecuru, Pindaré, Mearim e Munim, os quais juntos totalizam área de 166.700 km<sup>2</sup> e 2.889 km de extensão.



**Figura 5-1. Região central do litoral do Maranhão, correspondendo ao Golfão Maranhense com seus principais ambientes costeiros.**

Fonte: adaptado de Teixeira e Souza Filho, 2009.



**Figura 5-2. Recorte do Golfão Maranhense com destaque para os rios que desaguam em sua área.**



A proximidade do Equador e a configuração do relevo favorecem o grande alcance das marés, podendo atingir até 7,2 m, penetrando nos leitos dos rios causando influências até cerca de 150 km do litoral (FEITOSA, 1989).

A estrutura geológica sedimentar da porção meio norte do Estado, a qual envolve o Golfão Maranhense, constituiu vasta bacia cuja gênese está ligada às transgressões e regressões marinhas, combinadas com movimentos subsidentes e arqueamentos ocorridos do início do paleozoico ao final do mesozoico. As camadas sedimentares, de um modo geral, se apresentam quase horizontais com pequenos declives para o norte, originando topografia tabular e subtabular (IMESC, 2007).

Para o Golfão Maranhense a classificação geológica é do tipo Aluvião Fúlvio-Marinho, onde os depósitos aluvionares recentes são constituídos por cascalho, areia e argilas inconsolidadas, aparecendo ao longo do litoral, como faixas estreitas e descontínuas ao longo de seus mais importantes rios (MARANHÃO, 1991).

Como em grande parte do referido golfo, a região do estreito dos Coqueiros e Mosquitos situado a S/SW da ilha de São Luís, é fortemente influenciada pelas correntes de maré de grande intensidade, com valores extremos entre 3 a 4 m/s (DHN, 2003).

De acordo com Ferreira (1988) o Golfão, destaca-se ainda, por possuir dupla penetração da onda de maré através das baías de São Marcos e São José, conseqüentemente, processos hidrodinâmicos e de mistura (advecção e difusão) estão diretamente relacionados com as correntes de maré provenientes dessas baías. Estes processos imprimem movimentos de intensa turbulência na coluna d' água, ocasionando grandes concentrações de material em suspensão e quase total homogeneidade das estruturas térmica e salina.

No centro do Golfão está a ilha de São Luís, que possui 1.453 km<sup>2</sup> e está localizada entre as coordenadas geográficas de 02°23'00" e 02°47'00" de Latitude Sul e 44°00'29" e 44°24'29" de Longitude Oeste (RIOS, 2001).

Com população superior a um milhão de habitantes (IBGE, 2019), São Luís polariza elevado desenvolvimento urbano e regional. Em consequência das altas taxas de crescimento populacional e das atividades de indústrias instaladas na área do Golfão Maranhense, a intensidade e magnitude das ações antrópicas, notadamente na faixa

costeira da ilha de São Luís, impõem grande vulnerabilidade à paisagem e aos ecossistemas aquáticos (FEITOSA e TROVÃO, 2006).

### **5.1.3 Locais de amostragem**

#### **5.1.3.1 Rio dos Cachorros**

Localizado na porção central do Golfão tem-se o rio dos Cachorros, sendo o principal contribuinte de água doce do estreito dos Coqueiros, posicionado à sudoeste de São Luís e desembocando em frente da Ilha de Tauá Mirim (MARANHÃO, 2010).

A bacia hidrográfica do rio dos Cachorros constitui uma zona estuarina de importância reconhecida, por tratar-se da maior rede hidrográfica da região sul-sudoeste da ilha de São Luís, com uma área de 63,7 km<sup>2</sup> (IMESC, 2011).

No seu curso estuarino margeia os povoados de Parnauçu, Cajueiro, Porto Grande, Limoeiro e Taim, sendo considerado como de extrema importância para as populações que vivem da pesca e de outros usos múltiplos como navegação, recreação e lazer (CARVALHO, 2011).

Em termos geomorfológicos a área apresenta-se caracterizada por relevos dissecados em colinas a partir dos tabuleiros e planícies flúvio-marinha. Já as unidades geológico-geotécnicas existentes são as fácies arenosas, areno-argilosas, argilo-arenosa com lateritas e mangue (CASTRO e PEREIRA, 2012).

A área da bacia do rio dos Cachorros também se caracteriza por apresentar as maiores reservas de minerais de emprego imediato na construção civil para o Estado, como areia e lateritas para suprir o mercado interno, porém as extrações minerais, na área, necessitam de uma maior observância por parte do poder público, pois as extrações dessas matérias-primas ocorrem sem planejamento e sem autorizações ambientais (CASTRO e PEREIRA, 2012).

É na bacia do rio dos Cachorros que se encontra o Consórcio de Alumínio do Maranhão (ALUMAR), formado pelas empresas, ALCOA, ALCAN e SOUTH 32, sendo um dos maiores complexos de produção de alumina do mundo. Desta forma, em função das mais diversas intervenções antrópicas, em diferentes escalas de ocupação e complexidade das atividades, associada a notável importância para as populações tradicionais, fortaleceram a indicação do rio dos Cachorros para a realização dos estudos de metais pesados na água e nos peixes.

As amostragens, na área de estudo, ocorreram ao longo de três pontos de coleta seguindo as coordenadas: 0571470/9704228 (Ponto 1), 0574746/9704786 (Ponto 2) e 0576841/9704838 (Ponto 3). Os locais de amostragens obedeceram a um gradiente salino onde o ponto 1 ficou distribuído na foz, portanto, próximo do Terminal da ALUMAR. O ponto 2 ficou na porção intermediária do rio, próximo ao trecho onde ocorre a bifurcação do curso d'água, sendo que o canal à esquerda direciona-se no sentido da localidade Vila Colie, enquanto o da direita direciona ao bairro de Pedrinhas. O ponto 3 foi o trecho mais a montante, seguindo o sentido da margem esquerda, após a bifurcação (Figura 5-3).

Segundo Santos et al. (2019), no rio dos Cachorros a salinidade média é de 26,7 g.kg<sup>-1</sup>. Nos trechos mais a montante os valores de salinidade atingem concentrações inferiores 17,0 g.kg<sup>-1</sup>. O oxigênio dissolvido tende a ser menor nas áreas mais a montante e mais elevado nos trechos a jusante, variando entre 4,0 e 6,0 mg.l<sup>-1</sup>, já a temperatura apresenta-se bem homogênea ao longo do curso do rio (SANTOS op. cit.).



Figura 5-3. Mapa de localização dos pontos de coleta ao longo do rio dos Cachorros.

### **5.1.3.2 Estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos**

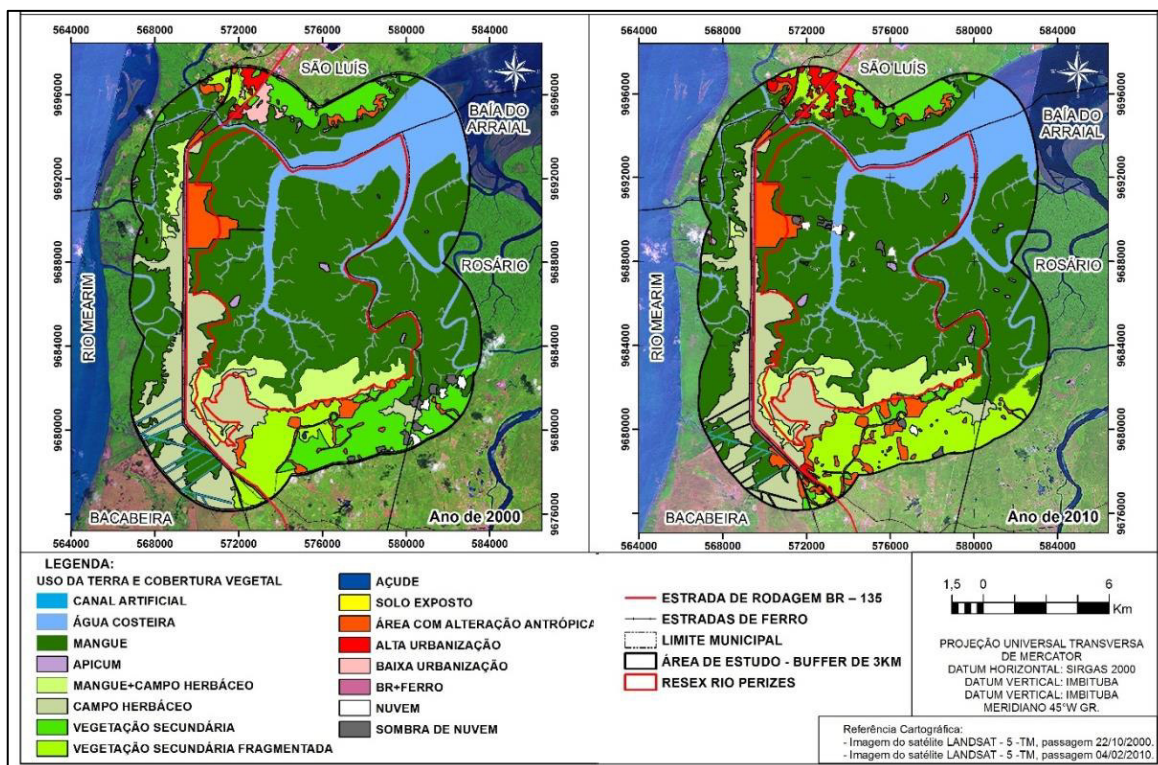
O estuário do rio Perizes, utilizado para efetuar os estudos de diversidade e distribuição espaço-temporal da assembleia de peixes, está inserido em uma unidade de conservação de uso sustentável, a Reserva Extrativista do rio Perizes, localizada na face sul-sudeste da ilha de São Luís, apresentando uma área de 10,48 ha, com 65,13 Km de perímetro (SOUSA et al., 2016).

A área de estudo também envolveu o estreito dos Mosquitos, que separa a ilha de São Luís do continente. Este estreito apresenta uma extensão de 5 km e desenvolve-se na direção S/NW. Esta faixa de corpo d'água interliga as baías de São José/Arraial ao estreito do Coqueiro, o qual se comunica com a baía de São Marcos através de duas aberturas, separando a ilha de São Luís da Tauá Mirim (NOGUEIRA e FERREIRA-CORREIA, 2001).

As águas da região são tipicamente estuarinas e resultantes das misturas de água doce proveniente do rio Mearim, que deságua na baía de São Marcos e Itapecuru/Munim que deságuam na baía de São José/Arraial (FERREIRA, 1988).

A classe de solo predominante na área do Perizes e estreito dos Mosquitos é o indiscriminado de mangue e também, em proporções menores, os gleissolos tiomórficos. As feições geológicas presentes na área são Depósito de Mangue, Depósito de Argila e Suíte Subvulcânica Rosário. Quanto à geomorfologia a área de estudo está inserida nas unidades Baixada Litorânea e Superfícies Suaves Onduladas (SOUSA et al., 2016).

O estuário do rio Perizes e região do estreito dos Mosquitos têm sofrido baixa perda de vegetação de mangue, apenas 1,41% entres os anos de 2000 e 2010, sinalizando o bom estado de conservação da área (SOUSA et al., 2016), porém, com certo grau de vulnerabilidade devida ser interceptada pelo modal rodoferroviário que inclui a BR 135 e as ferrovias Carajás-Norte-Sul e Transnordestina (Figura 5-4), que permitem o acesso ao Complexo Portuário de São Luís. Também passam as grandes redes transmissoras de energia que abastecem a cidade de São Luís e todas as indústrias instaladas na ilha, assim como a adutora (Sistema ITALUÍS - CAEMA), que abastece a população na capital.



**Figura 5-4. Uso e ocupação do solo envolvendo o estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, comparando os anos de 2000 e 2010.**

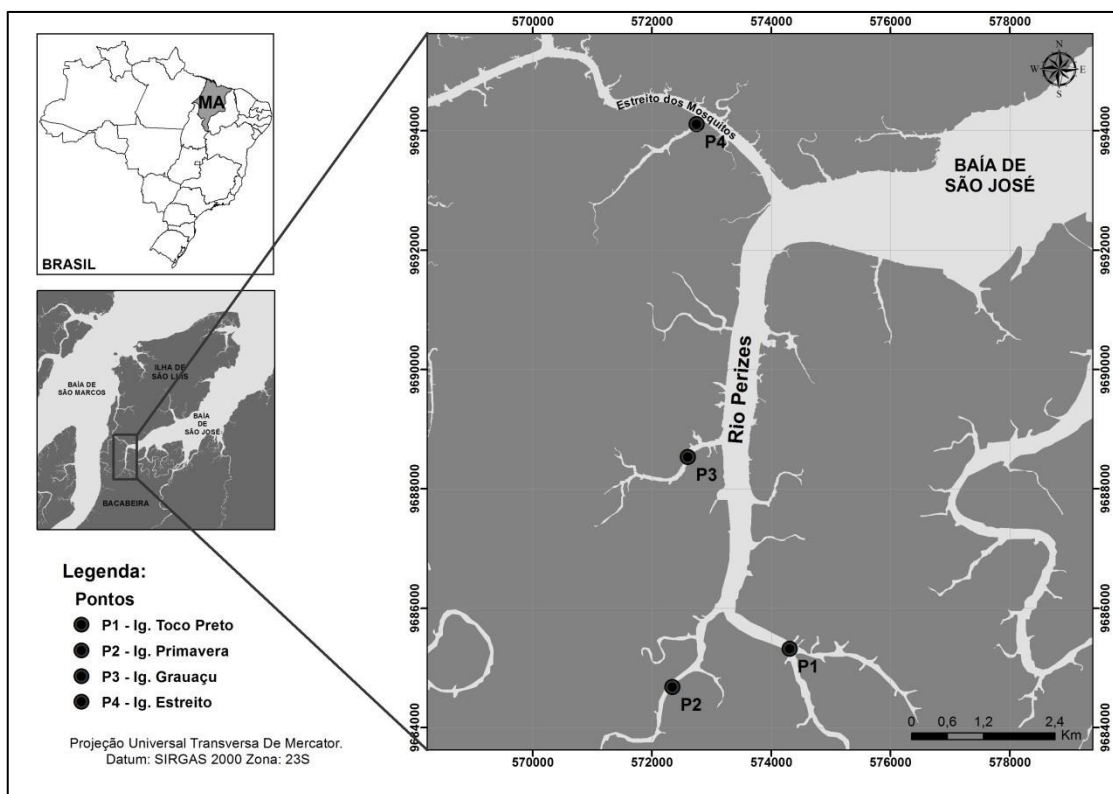
Fonte: SOUSA et al. (2016)

No aspecto climático, conforme a classificação de Koppen, toda a área de estudo é do tipo Aw, caracterizando-se por um clima tropical chuvoso, com precipitações concentradas no período de verão e estação seca no inverno (DUBREUIL et al., 2017). Devido a localização da área, próximo a linha do equador, a amplitude térmica anual acaba sendo pouco significativa (TORRES e MACHADO, 2008), ficando caracterizada por dois períodos estacionais bem distintos marcados pelas precipitações pluviométricas: um chuvoso (janeiro a junho) e outro de estiagem (julho a dezembro) (AZEVEDO e CUTRIM, 2007), com média anual de 1.896 mm (INMET, 2019).

Conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), englobando o período de amostragem dos peixes (2014 a 2018) a menores precipitações anuais ocorreram em 2015 e 2016 com 1.507,2 mm e 1.543,3 mm, respectivamente. A maior foi registrada em 2018 com 2.330,8 mm. A menor temperatura foi observada em julho/17, sendo de 23,1°C, enquanto a maior foi em dezembro/2015 com 33,9°C. Em média a temperatura em toda a área foi de 28,4°C. As taxas médias de umidade relativa do ar são de 85%, com mínimas de 68% e máximas de 90%.

As baías de São Marcos e de São José são consideradas as mais importantes da zona costeira do Maranhão devido aos aspectos fisiográficos, por serem desaguadouros dos maiores rios do estado, por apresentarem intensa dinâmica da paisagem, além da densidade das atividades humanas e da circulação de produtos variados (FEITOSA e TROVÃO, 2006). Essas duas baías se comunicam através do estreito dos Mosquitos, a qual junto ao estuário do rio Perizes ainda apresentam status de ambiente conservado, e, por isso, essas áreas foram utilizadas para avaliar padrões de diversidade, composição e distribuição da assembleia de peixes.

As amostragens no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos foram efetuados ao longo de 4 pontos de coleta, sendo 3 no Perizes e 1 no estreito. As atividades de campo ocorreram tanto nas porções mais internas do estuário, pontos P1 - igarapé Toco preto e P2 – igarapé Primavera, como mais a jusante denominado de igarapé Grauaçu (P3) e igarapé Estreito (P4), sendo este último localizado no estreito dos Mosquitos (Figura 5-5).



**Figura 5-5. Distribuição dos pontos de coleta ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**

Na área de estudo, segundo Melo et al. (2017) a temperatura da água tem uma amplitude de variação de 24 a 29°C refletindo as variações da temperatura do ar durante o

dia. Em geral a temperatura da água apresenta-se em torno dos 24 a 25°C no período da manhã e entre 28 a 29°C durante o período vespertino.

Ainda segundo Melo et al. (2017), a salinidade no estuário do rio Perizes varia de 13 a 34g/kg e acompanha a variação de pH, cujos valores estão entre 7,7 e 8,0. Os valores máximos são registrados durante o período seco, no mês de outubro e menores durante o período chuvoso no mês de abril.

O igarapé Primavera é o trecho onde as atividades pesqueiras ocorrem com maior intensidade, tal afirmativa se baseia nas observações de campo (maior número de embarcações e apetrechos de pesca) e relato dos pescadores. No ponto P3, devido a sua localização, tende a ser muito influenciado pelo aporte continental oriundo do campo de Perizes. Além disso, adjacente ao igarapé Grauaçu existe as instalações de um empreendimento de carcinicultura, que atualmente encontra-se desativado. O igarapé Estreito (P4), devido a sua posição na região do estreito dos Mosquitos, apresenta-se como o mais suscetível aos processos hidrodinâmicos das baías de São Marcos e São José.

As condições hidrográficas e as características funcionais dos diferentes compartimentos do Golfão Maranhense fortalecem a necessidade de estudos que busquem ampliar o conhecimento de sua dinâmica e interações ambientais, como componentes essenciais para o aproveitamento, conservação e gestão de seus recursos naturais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, K. G. S. **Trophic Structure and the Importance of Terrestrial Wetland Producers for Aquatic Food Web in Tropical Australian Estuaries**. PhD thesis. School of Marine and tropical Biology. James Cook University. 2008. <https://researchonline.jcu.edu.au/1989/>
- AL-DARWISH, H. A.; ABD EL-GAWAND, E. A.; MOHAMMED, F. H.; LOFTY, M. M. Assessment of contaminants in Dubai coastal region, United Arab Emirates. **Environmental Geology**, 49 (2), pp. 240-250. 2005.
- AL-HASHIMI, A. H.; AL-ZORBA, M. A. Mercury in some commercial fish from Kuwait: a pilot study. **Science of the Total Environment**, 106 (1-2), pp. 71-82, 1991.
- AL-MAJED, N. B.; PRESTON, M.R. An assessment of the total and methyl mercury content of zooplankton and fish tissue collected from Kuwait territorial waters. **Marine Pollution Bulletin**, 40 (4), pp. 298-307. 2000.
- ALMEIDA, Z. S. **Os recursos pesqueiros marinhos e estuarinos do Maranhão: biologia, tecnologia, socioeconômica, estado de arte e manejo**. Tese (Doutorado). Museu Paraense Emilio Goeldi, Universidade Federal do Para, Belém. 283 p, 2008.
- AL-NAJARE, G. A.; JABER, A. A.; TALAL, A.H.; HANTOUSH, A. A. The concentrations of heavy metals (copper, nickel, lead, cadmium, iron, manganese) in *Tenualosa ilisha* (Hamilton, 1822) hunted from Iraqi marine water. **Mesopotamia Environment Journal**, 1 (3), pp. 31-43, 2015.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, Washington, DC, 18 ed. 1992.
- ANANDKUMAR, A.; NAGARAJAN, R.; PRABAKARAN, K.; BING, C. H.; RAJARAM, R. Human health risk assessment and bioaccumulation of trace metals in fish species collected from the Miri coast, Sarawak. Borneo. **Marine Pollution Bulletin**, 133, pp. 655-663, 2018.
- ANDRADE-TUBINO, M. F.; RIBEIRO, A. L.; VIANNA, M. Organização Espaço-Temporal Das Ictiocenoses Demersais Nos Ecossistemas Estuarinos Brasileiros: Uma Síntese. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, p. 640-661. 2008.
- ARAÚJO, E. P.; LOPES, J. R.; CARVALHO FILHO, R. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia Maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.) **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Belém – PA. Museu Paraense Emílio Goeldi. 34-43. 2011.
- ARAÚJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C.; SILVA, M. A.; PESSANHA, A. L. M.; GOMES, I. D.; CRUZ-FILHO, A. G. Environmental influences on the demersal fish assemblages in the Sepetiba Bay, Brazil. **Estuaries**, v. 25, n. 3, p. 441-450. 2002.



AUTHMAN, M.; ZAKI, M. S.; KHALLAF, E.A.; ABBAS, H. H. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. **Journal of Aquaculture Research and Development.**, 6 (4), pp. 328-340. 2015.

AZEVEDO, A. C. G. D.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuicao espacial e temporal da biomassa fitoplanctonica e variaveis ambientais no Golfo Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877, 2008.

AZEVEDO, A. C. G.; CUTRIM, M. V. J. **Fitoplâncton costeiro das porções nortenordeste da ilha de São Luís, MA, Brasil**. In: SILVA, A. C.; FORTES, J. L. O. (Org.). Diversidade biológica, uso e conservação de recursos naturais no Maranhão: Projetos e Ações em Biologia e Química. São Luís: UEMA, v. 2, p. 67 – 92. 2007.

AZOVSKY, A. I. Concept of scale in marine ecology: linking the words or the worlds? **Web Ecology**, v. 1, p. 28–34. 2000.

BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; STIER, A. C.; SILLIMAN, B. R. The value of estuarine and coastal ecosystem services. **Ecological Monographs**, v. 81, n. 2, pp. 169–193. 2011.

BARLETTA, M.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F. M.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L.; SAINT-PAUL, U. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p.1314-1336. 2008.

BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caete estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series**, v. 256, p. 217-228, 2003.

BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 66, p. 45-72. 2005.

BARLETTA, M.; JAUREGUIZAR, A. J.; BAIGUN, C.; FONTOURA, N. F.; AGOSTINHO, A. A.; ALMEIDA-VAL, V. M. F.; VAL, A. L.; TORRES, R. A.; JIMENES-SEGURA, L. F.; GIARRIZZO, T.; FABRÉ, N. N.; BATISTA, V. S.; LASSO, C.; TAPHORN, D. C.; COSTA, M. F.; CHAVES, P. T.; VIEIRA, J. P.; CORRÊA, M. F. M. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 9, p. 2118-2176. 2010.

BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caete River Estuary in North Brazil. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, Oxford, v.54, p.193-206, 2002.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaco-temporal da biomassa fitoplanctonica e hidrológica no estuário do rio Una (Pernambuco-Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, p. 1-18, 2005.

BATISTA, V. da S.; RÊGO, F. N. A influência da mare no sistema de amostragem de peixes no estuário do rio Tibiri, São Luis - MA, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, 34:131-136. 2001.

BECKER, A. G., B. S. MORAES, C. C. MENEZES, V. L. LORO, D. R. SANTOS, J. M. REICHERT & B. BALDISSEROTTO. Pesticide contamination of water alters the metabolism of juvenile silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 72(6): 1734-1739. 2009.

BENEDETTI-CECCHI, L. The importance of the variance around the mean effect size of ecological processes. **Ecology**, v. 84, p. 2335-2346. 2003.

BLABER, S. J. M. Fish in 'hot water': the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p.1-20. 2002.

BLABER, S. J. M. **Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation**, Blackwell Science Ltd: Oxford, UK, 384p. 2008.

BLABER, S.J.M. **Tropical estuarine fishes: ecology, exploitation and conservation**. Queensland, Blackwell Science. 372p, 2000.

BRANCO, E. S.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES-MONTES, M. J. Variacao sazonal e espacial da biomassa fitoplanctonica relacionada com parametros hidrologicos no estuario de Barra das Jangadas (Jaboatao dos Guararapes - Pernambuco - Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 30, p. 79-96, 2002.

BURGER, J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. **Environ. Bioindic.**, 1, pp. 22-39. 2006.

BUTAYBAN, N. A.; PRESTON, M. The distribution and inventory of total and methylmercury in Kuwait Bay. **Mar. Pollut. Bull.**, 49 (11-12), pp. 930-937. 2004.

CARVALHO, F. C. **Gestão do território, lugar e conflitos socioambientais: o caso da usina termelétrica Porto do Itaqui em São Luís, MA**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, Brasília, 134p. 2011.

CARVALHO-NETA, R. N. F; CASTRO, A. C. L. Diversidade das assembleias de peixes estuarinos da ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arq. Ciên. Mar**, 41(1): 48 – 57. 2008.

CASATTI, L., F. LANGEANI & C. P. FERREIRA. Effects of Physical Habitat Degradation on the Stream Fish Assemblage Structure in a Pasture Region. **Environ Manage**, 38: 974-982. 2006.

CASTRO, A. C. L. Diversidade da assembleia de peixes em igarapés do estuário do rio Paciência (MA – Brasil). **Atlântica**, v. 23, p. 39-46, 2001.

CASTRO, A. C. L.; CASTRO, K. D. D.; PORTO, H. L. R. Distribuição da assembleia de peixes na área de influencia de uma indústria de alumínio na Ilha de São Luís – MA. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 43, n. 2, p. 71 – 78. 2010.

CASTRO, H. F. R.; PEREIRA, E. D. Cartografia geológico-geotécnica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. **Revista Geonorte**. v. 3. n.4. 2012.

CATTRIJSSE, A.; HAMPEL, H. European intertidal marshes: a review of their habitat functioning and value for aquatic organisms. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 324, pp. 293-307. 2006. DOI: 10.3354/meps324293.

CHAGAS, L. P.; JOYEUX, J. C.; FONSECA, F. R. Small-scale spatial changes in estuarine fish: subtidal assemblages in tropical Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 86, p. 861-875. 2006.

CLARKE, K.R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. **Aust. J. Ecol.** 18(1):117-143. 1993.

COPAT, C.; ARENA, G.; FIORE, M.; LEDDA, C.; FALLICO, R.; SCIACCA, S.; FERRANTE, M. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. **Food Chem. Toxicol**, 53, pp. 33 – 37, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.038>

COSTANZA, R; ARGE, R; DE GROOT, R; FARBER, S; GRASSO, M; HANNON, B; LIMBURG, K; NAEEM, S; O'NEILL, R. V; PARUELO, J; RASKIN, R. G; SUTTON, P; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature** 387, 253-260. 1997.

CUTRIM, A. C. G. A. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no Golfo Maranhense – Brasil**. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE. Tese de Doutorado. 149 p. 2008.

DAJOZ, R.. **Ecologia Geral**. 4 edição. Editora Vozes Ltda. Rio de Janeiro. 1983. 472p.

DANTAS, D.V.; BARLETTA, M.; COSTA, M. F.; BARBOSA-CINTRA, S. C. T.; POSSATTO, F. E.; RAMOS, J. A. A.; LIMA, A. R. A.; SAINT-PAUL, U. Movement patterns of catfishes (Ariidae) in a tropical semi-arid estuary. **Journal Fish Biology**. 76:2540-2557. 2010.

DE'ATH, G.; FABRICIUS, K. E. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. **Ecology** 81(11):3178-3192. 2000.

DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha. **Comissão Hidrográfica: Porto de Itaqui/Proximidade da ilha Tauá - Mirim**. Cartas Nº 413/414. Rio de Janeiro, Np. (Relatório técnico), 2003.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo**. . 41. 2017. DOI: 10.4000/echogeo.15017

ESCHRIQUE, S. A. **Estudo do balanço biogeoquímico dos nutrientes dissolvidos principais como indicador da influência antrópica em sistemas estuarinos do nordeste e sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia Química e Geológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 231 p. 2011.

FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. Rio Claro: IGCE/UNESP, Dissertação de Mestrado. 1989.

FEITOSA, A. C. **O Maranhão Primitivo: uma tentativa de reconstituição**. Ed. Augusta, São Luís. 1983. 142p.

FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e Cultural**. Ed. Grafset, João Pessoa, 2006. 207p.

FERRANTE, M.; ZANGHI, G.; CRISTALDI, A.; COPAT, C.; GRASSO, A.; FIORE, M.; SIGNORELLI, S. S.; ZUCCARELLO, P.; OLIVERI CONTI, G. PAHs in seafood from the Mediterranean Sea: an exposure risk assessment **Food Chem. Toxicol.**, 115, pp. 385-390. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.03.024>.

FERREIRA, H. O. Contribuição ao estudo das correntes de marés dos estreitos dos Coqueiros e Mosquitos, MA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**. São Luís, v. 8, p. 45-52. 1988.

FREIJE, A. M. Heavy metal, trace element and petroleum hydrocarbon pollution in the Arabian Gulf: review. **Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences.**, 17, pp. 90-100, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2014.02.001>.

FUENTES-GANDARA, F.; HERRERA-HERRERA, C.; PINEDO-HERNÁNDEZ, J.; MARRUGO-NEGRETE, J.; DÍEZ, S. Assessment of human health risk associated with methylmercury in the imported fish marketed in the Caribbean. **Environmental Research.**, 165, pp. 324-329. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.001>

GAERTNER, J. C.; MÉRIGOT, B.; RELINI, G.; BERTRAND, J. A.; POLITOU, C.Y.; MAZOUNI, N.; GIL DE SOLA, L.; KALLIANIOTIS, A.; CARPENTIERI, P.; MURENU, M.; DURBEC, J. P.; VRGOC, N.; UNGARO, N. Reproducibility of the multi-component aspect of species diversity across different areas and scales: towards the constitution of a shortlist of complementary indices for monitoring fish diversity? **Ecography**. Vol 33 (6). pp. 1123-1135. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06259.x>

GERHARDT, A. **Bioindicator species and their use in biomonitoring**. pp. 77–123. H.I. Inyang, J.L. Daniels (Eds.), Environmental Monitoring. Volume 1. Encyclopedia of Life Support Systems, UNESCO Eolss Publisher, Oxford, United Kingdom. 2009.

GRANZIERA, M. L. M; GONÇALVES, A. **Os problemas da zona costeira no Brasil e no mundo**. Universitária Leopoldianum, Santos – SP. 316p. 2012.

GRAY, C. A.; ROTHERHAM, D.; CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD A. J.; JOHNSON, D. D. Spatial scales of variation of assemblages of fish in coastal lakes sampled with multi-mesh gillnets: implications for designing research surveys. **Fisheries Research**, v. 96, p. 58–63. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE cidades – **Estimativa da população de São Luís para 2019**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>. Acesso em setembro/2019.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Maranhão em Dados 2005** – São Luís: IMESC, 2007.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Situação Ambiental da Ilha do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2011.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – plataforma BDMEP**. Disponível em: [www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep). Acesso em ago/2019.

JAUREGUIZAR, A. J.; MENNI, R.; GUERRERO, R.; LASTA, C. Environmental factors structuring fish communities of the Río de La Plata estuary. **Fisheries Research**, v. 66, p. 195-211. 2004.

KORKMAZ, C.; AY, Ö.; ÇOLAKFAKIOĞLU, C.; ERDEM, C. Heavy metal levels in some edible crustacean and mollusk species marketed in Mersin. **Thalass. International Journal of Marine Science.**, 35 (1), pp. 65-71. 2019.

LEFCHECK, J. S.; BUCHHEISTER, A.; LAUMANN, K. M.; STRATTON, M. A.; SOBOCINSKI, K. L.; CHAK, S. T. C.; CLARDY, T. R.; REYNOLDS, P. L.; LATOUR, R. J.; DUFFY, J. E. Dimensions of biodiversity in Chesapeake Bay demersal fishes: patterns and drivers through space and time. **Ecosphere**, 5, p. 14. 2014. <https://doi.org/10.1890/ES13-00284.1>

LOPES, R. **Uma região tropical**. Rio de Janeiro: Cia. Editora Fon-Fon e Seleta. 1970.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, NJ: Princeton University Press. 1988.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Science. 256p. 2004.

MARANHÃO. Atlas do Maranhão. LABGEO/UEMA, São Luís: GEPLAN, 2002.

MARANHÃO. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do Estado do Maranhão**. Relatório Técnico. São Luís, 194p. 1991.

MARANHÃO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS. GERCO/MA: Gerenciamento Costeiro do Maranhão. Subprojeto 01: **Diagnóstico ambiental da Ilha do Maranhão – com a implementação do programa estadual de gerenciamento costeiro do Estado do Maranhão – GERCO Ilha do Maranhão – etapa 1**. São Luís, 2010.

MARTENS, K. **Recente non-marine Ostracoda**. In Workshop On Neotropical Aquatic Invertebrates. USP, São Paulo, 18p. 1995.

MARTINS-JURAS, I. A. G; JURAS, A. A; MENEZES, N. A. Relação preliminar dos peixes da ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia.**, S. Paulo 4(2): 105-113. 1987.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology**. Chapman & Hall & International Thompson Publishing, 756 p. 1998.

McGARIGAL, K., CUSHMAN, S. & STAFFORD, S. **Multivariate statistics for wildlife and ecology research**. Springer-Verlag, New York. 283p. 2000.

MELO, O. T.; CASTRO, A. C. L.; CARVALHO, F. F.; SANTOS, R. S. M. **Parâmetros físico-químicos e nutrientes inorgânicos dissolvidos no rio Perizes/baía de São José de Ribamar, ilha de São Luís – MA**. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis – SC. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. pp 1-6. 2017.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. EDUSP, S Paulo. 424 p. 2002.

MORTAZAVI, M. S.; SHARIFIAN, S. Metal concentrations in two commercial fish from Persian Gulf, in relation to body length and sex. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**., 89 (3), pp. 450-454. 2012.

NASER, H. A. Assessment and management of heavy metal pollution in the marine environment of the Arabian Gulf: a review. **Marine Pollution Bulletin**., 72 (1), pp. 6-13. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.04.030>.

NEJATKHAH, P. M.; ZARDOOST, S.; VOSOUGHI, A. Variation of heavy metal concentration (Cu, Pb, and Cd) in *Nemipterus japonicus* (Bloch, 1793) and *Scolopsis taeniatus* (Cuvier, 1830) in hot and cold season in the coastal waters of Bushehr Province (Persian Gulf). **Frontiers in Marine Science**., 4 (2), pp. 38-43. 2014.

NOGUEIRA, N. M. C.; FERREIRA-CORREIA, M. M.. Cyanophyceae/Cyanobacteria in red mangrove forest at Mosquitos and Coqueiros estuaries, São Luís, State of Maranhão, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**., São Carlos, v. 61, n. 3, p. 347-356, 2001. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842001000300002>

NORDLIE, F. O. Fish communities of estuarine salt marshes of eastern North America, and comparisons with temperate estuaries of other continents. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 13:281-325. 2003.

OLIVEIRA, D. M e FRÉDOU, F. L. Caracterização e dinâmica espaço-temporal da atividade pesqueira na Baía de Marajó – Estuário Amazônico. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, 44(3): 40 – 53. 2011.

PETRINI, C. Organ Allocation Policies 10 Years After UNESCO's Universal Declaration on Bioethics and Human Rights. **Transplantation Proceedings**. Vol. 48, Issue 2. Pages 296-298. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2015.10.059>

PIET, G. J. Ecomorphology of a size-structured tropical freshwater fish community. **Environmental Biology of Fishes** 51: 67-86. 1998.

POSSATTO, F. E.; RAMOS, J. A. A.; LIMA, A. R. A.; SAINT-PAUL, U. Movement patterns of catfishes (Ariidae) in a tropical semi-arid estuary. **Journal of Fish Biology**, v. 76, p. 2540-2557. 2010.

RAHIMI, E.; GHEYSARI, E. Evaluation of lead, cadmium, arsenic and mercury heavy metal residues in fish, shrimp and lobster samples from Persian Gulf. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22 (2), pp. 173-178. 2015.

RAHMANPOUR, S.; GHORGHANI, N. F.; LOTFI ASHTIYANI, S. M. Heavy metal in water and aquatic organisms from different intertidal ecosystems, Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186 (9), pp. 5401-5409. 2014.

RAMOS, R. S.; CASTRO, A. C. L. Monitoramento das variáveis físico-químicas no cultivo de *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca) (Guilding, 1928) no estuário de Paquatua - Alcantara/ MA, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 17, p. 29-42, 2004.

REID, H., SAHLEN, L., STAGE, J. & MACGREGOR, J. Climate change impacts on Namibia's natural resources and economy. *Climate Policy*, 8, 452-466. 2008.

RIOS, L. **Estudos de geografia do Maranhão**. 3. ed. São Luís: Graphis, 223p. 2001.

ROTHERHAM, D.; CHAPMAN, M. G.; UNDERWOOD, A. J.; GRAY, C. A.; JOHNSON, D. D. Untangling spatial and temporal variation in abundances of estuarine fish sampled with multi-mesh gillnets. *Marine Ecology Progress Series*, v. 435, p. 183-195. 2011.

SAEI-DEHKORDI, S. S.; FALLAH, A. A; NEMATOLLAHI, A. Arsenic and mercury in commercially valuable fish species from the Persian Gulf: influence of season and habitat. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (10), pp. 2945-2950. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.07.031>

SANTOS, D. C. C; AZEVEDO, J. W. J; FERREIRA, H. R. S; FRANÇA, V. L; SOARES, L. S; PINHEIRO, J. R. JR; REBÊLO, J. M. M; SILVA, M. H. L; CASTRO, A. C. L. Metal levels in water and the muscle tissue of fishes in the Cachorros river, São Luís island, state of Maranhão, Brazil. *Applied ecology and environmental research* 17(4):8037-8047. 2019.

SANTOS, P. V. C. J.; CASTRO, A. C. L.; REBÊLO, J. M. M.; FRANÇA, V. L.; SOARES, L. S. Tendência Pluviométrica em Bacia Hidrográfica Amazônica: Impactos potenciais sobre comunidades de peixes. *Revista Espacios*. vol. 38(Nº 29): p 6-20. 2017.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal. *Publicação esp. Inst. oceanogr*. São Paulo, (7): 1-16. 1989.

SCHMELLER, D. S.; LOYAU, A.; BAO, K.; BRACK, W.; CHATZINOTAS, A.; VLEESCHOUWER, F.; FRIESENH, J.; GANDOIS, L.; HANSSON, S, V.; HAVER, M.; LE ROUX, G.; SHEN, J.; TEISSERENC, R.; VREDENBURG, V. T. People, pollution and pathogens - Global change impacts in mountain freshwater ecosystems. *Science of the Total Environment*, v. 622-623, p. 756-763, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.006>

SHEAVES, M.; JOHNSTON, R. Ecological drivers of spatial variability among fish fauna of 21 tropical Australian estuaries. *Marine Ecology Progress Series*,

SHEPPARD, C.; AL-HUSIANI, M.; AL-JAMALI, F.; AL-YAMANI, F.; BALDWIN, R.; BISHOP, J.; BENZONI, F.; DUTRIEUX, E.; DULVY, N. K.; DURVASULA, S. R.; JONES, D. A.; LOUGHLAND, R.; MEDIO, D.; NITHYANANDAN, M.; PILLING, G. M.; POLIKARPOV, I.; PRICE, A. R.; PURKIS, S.; RIEGL, B.; SABUROVA, M.; NAMIN, K. S.; TAYLOR, O.; WILSON, S.; ZAINAL, K. The Gulf: a young sea in decline. **Marine Pollution Bulletin.**, 60 (1), pp. 3-38, 2010.

SILVA-JÚNIOR, C. A. B; MÉRIGOT, B.; LUCENA-FRÉDOU, F. FERREIRA, B. P.; COXEY, M. S. REZENDE, S. M.; FRÉDOU, T. Functional diversity of fish in tropical estuaries: A traits-based approach of communities in Pernambuco, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** v. 198, pp 413-420. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.030>

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry.** New York, W. H. Freeman. 859p. 1995.

SOUSA, E. R.; CASTRO, A. C. L. C.; AZEVEDO, J. W. J.; ARAUJO, G. M. C. Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra em áreas propostas para a implantação de unidades de conservação no município de Bacabeira-MA. **Espacios.** Vol. 37 (Nº 12). 2016. <https://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371227.html>

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica.** v. 23, n. 4, p. 427-435. 2005.

STENECK, R. S. & DETHIER, M. N. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. **Oikos** 69: 476–498. 1994.

STRIDE, R. K. **Diagnóstico da pesca artesanal marinha do Estado do Maranhão.** CORSUP/EDUFMA, São Luís, 1992, 205p.

SUDENE. **Pesquisas dos Recursos Pesqueiros da Plataforma Continental Maranhense.** Recife: SUDENE/ Governo do Estado do Maranhão. Series de Estudos de Pesca, 6: 67 p. 1983.

TEIXEIRA, S. G.; SOUSA FILHO, P. W. M. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica.** vol 27 (1). pag 69-82. 2009.

TEIXEIRA, T.P.; PINTO, B.C.T.; TERRA, B.F.; ESTILIANO, E.O.; GRACIA D.; ARAÚJO F.G. Diversidade das assembleias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. **Iheringia, Série Zoologia,** 95 (4): 347-357. 2005.

TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67(5):1167-1179. 1986.

THIELE, F. Bioethics. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences** (Second Edition), Pages 613-618. 2015. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.11002-5>

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a climatologia.** Ed. Geographica, 234p. 2008.



TRAN, T. A. M.; LEERMAKERS, M.; HOANG, T. L.; ELSKENS, M. Metals and arsenic in sediment and fish from Cau Hai lagoon in Vietnam: ecological and human health risks. **Chemosphere**, 210, pp. 175-182. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.002>.

TREMAIN, D. M.; ADAMS, D. H. Mercury in groupers and sea basses from the Gulf of Mexico: relationships with size, age, and feeding ecology. **Trans. Am. Fish. Soc.**, 141 (5), pp. 1274-1286. 2012.

UNDERWOOD, A. J.; CHAPMAN, M. G.; CONNELL, S. D. Observations in ecology: You can't make progress on processes without understanding the patterns. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 250, p. 97-115. 2000.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos**. Cátedra Unesco da Universidade de Brasília/Sociedade Brasileira de Bioética. Brasília. 12p. 2005.

VÄÄNÄNEN, K.; LEPPÄNEN, M. T.; CHEN, X.; AKKANEN, J. Metal bioavailability in ecological risk assessment of freshwater ecosystems: From science to environmental management. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 147, p. 430-446, 2018. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.064

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 168p. 2012.

VAZZOLER, A.E.A. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM, 1996. 169p.

WEN, Y.; SCHOUPS, G.; VAN DE GIESEN, N. Organic pollution of rivers: Combined threats of urbanization, livestock farming and global climate change. **Scientific Reports**, v. 7, p. 43289, 2017. <https://doi.org/10.1038/srep43289>

YANEZ-ARANCIBIA, A.; LARA-DOMINGUEZ, A. L.; ROJAS-GALAVIZ, J. L.; SANCHEZ-GIL, P.; DAY JR., J. W.; MADDEN, C. J. Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (southern Gulf of Mexico). **Journal of Fish Biology**, v. 33, p. 191-200, 1988.

ZAMANI, L.; GIVIANRAD, M. H.; ESSATPANAH, H.; BAKHODA, H. Determination of nickel and chromium content in serum, emulsion, skin and viscera of Iranian tuna fish. **Indian J. Geo-Marine Sci.**, 44 (09), pp. 1409-1414. 2015.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5th ed. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall. 2010. 944p.

ZHAO, Y. G.; WAN, H. T.; LAW, A. Y.; WEI, X.; HUANG, Y. Q.; GIESY, J. P.; WONG, M. H.; WONG, C. K. Risk assessment for human consumption of perfluorinated compound contaminated freshwater and marine fish from Hong Kong and Xiamen **Chemosphere**. vol 85 (2) pp. 277-283. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.002>.

ZHONG, W.; ZHANG, Y.; WU, Z.; YANG, R.; CHEN, X.; YANG, J.; ZHU, L. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. **Ecotoxicology and Environmental Safety.**, 157, pp. 343-349. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.048>.

## **7 CAPÍTULO 1: DECLARAÇÃO UNIVERSAL SOBRE BIOÉTICA E DIREITOS HUMANOS: REFERÊNCIA PARA PROTEÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE PEIXES NA REGIÃO AMAZÔNICA**

**James Werllen de Jesus Azevedo**

**Nayana Estrela Ferreiras Marques**

**Antonio Carlos Leal de Castro**

**José Manuel Macário Rebêlo**

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo efetuar uma revisão sistemática dos artigos sobre biodiversidade de peixes na Amazônia (Brasil), com base em princípios da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos. A metodologia envolveu uma busca sistemática na base da Scientific Electronic Library Online (Scielo) com uso de descritores e operadores booleanos. O artigo baseou-se nas publicações realizadas nos últimos 12 anos, período de publicação do documento da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Os resultados indicam uma contribuição muito pequena (7,3%) das pesquisas da ictiofauna, em relação a outros grupos, para o conhecimento e proteção da biodiversidade da Amazônia. Uma avaliação integrada sinaliza evidente mudança no contexto dos estudos ao longo do período avaliado, onde, no início, as abordagens eram baseadas em informações genéticas, de alimentação, dinâmica populacional, no contexto mais autoecológico, e, a partir de 2010, as publicações relacionadas à fauna de peixes começaram a ficar constante dentro de bases mais sincológicas. Os levantamentos indicaram a ausência de estudos que relacionasse a fauna de peixes com a Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos, tornado imperativa sua ampla divulgação em território nacional, além da implementação de políticas de financiamento de projetos com exigência, em seus editais, de estudos com abordagens vinculadas aos princípios da declaração da UNESCO.

**Palavras-chave:** Amazônia, Sinecologia, Conservação, Ictiofauna, Declaração UNESCO.

### **ABSTRACT**

This paper aimed to carry out a systematic review of articles on fish biodiversity in the Amazon (Brazil), based on the principles of the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights. The methodology involved a systematic search on the basis of the Scientific Electronic Library Online (Scielo) using Boolean descriptors and operators. The article was based on publications published in the last 12 years, the period of publication of the document of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). The results indicate a very small contribution (7.3%) of ichthyofauna research, in relation to other groups, for knowledge and protection of the Amazon biodiversity. An integrated assessment signals a clear change in the context of the studies over the period evaluated, where in the beginning the approaches were based on genetic information, food, population dynamics in the more self-ecological context, and, from 2010, related publications fish fauna began to become constant within more synecological bases. The surveys indicated the absence of studies linking fish fauna with the Universal

Declaration of Bioethics and Human Rights, making it imperative that it be widely disseminated in national territory, as well as the implementation of financing policies of projects with requirement, in their edicts, studies with approaches linked to the principles of the UNESCO declaration.

**Keyword:** Amazon, Synecology, Conservation, Ichthyofauna, UNESCO declaration.

## INTRODUÇÃO

O diálogo entre Bioética e Ecologia é algo que precisa ser estabelecido, trazendo para o bojo dos debates científicos, aspectos que ultrapassem as fronteiras dos conhecimentos e saberes específicos dessas áreas (SIQUEIRA-BATISTA et al., 2009).

A *Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos* (DUBDH), adotada pela Conferência Geral da UNESCO em 2005, destaca no seu princípio 17 a necessidade de proteção do meio ambiente, biosfera e da biodiversidade, o qual marca o caminho a seguir em meio a esse cenário extremamente preocupante de exploração e destruição dos recursos naturais (BERGEL, 2015). Esta declaração é uma referência para proteção da biodiversidade, pois retrata o modo de acesso aos recursos biológicos, promove o respeito aos saberes tradicionais, destaca o papel estratégico do homem na proteção da biodiversidade, contribuiu para o estabelecimento de novas leis brasileiras para experimentação animal (Lei Federal 11.794/2008, chamada de Lei Arouca), lei de biodiversidade (13.123/2015) e biossegurança (11.105/2005) com papel importante do comitê de ética. A Bioética acaba acrescentando uma visão importante para que a sociedade reflita sobre a notória crise ecológica, gerando consciência de que os seres humanos fazem parte do ambiente e que na luta ecológica precisamos refletir sobre atitudes mentais, culturais e sociais (COSTA, 2013).

Um dos temas que tem adquirido relevância em diferentes âmbitos das atividades humanas, nos dias atuais, é a conservação da biodiversidade (BONEBRAKE et al., 2019; SIDDIG, 2019; MARTÍNEZ-JAUREGUI et al., 2019; FRASER et al., 2019 ). Embora esse tema tenha se transformado em um dos eixos centrais da questão ambiental (HANNIGAN, 2006), a forte pressão antrópica tem levado a um intenso declínio da biodiversidade, e os pesquisadores alertam que essa perda de espécies de plantas e animais está levando a uma extinção em massa (MASOOD, 2018). Esse crescente reconhecimento de que a crise de extinção de espécies se aprofundou (GROVES et al., 2002; CHICHORRO et al., 2019) demanda cada vez mais a atenção das políticas públicas para a conservação e uso sustentável da biodiversidade.

Sendo um país megadiverso, o Brasil é uma prioridade de conservação (OLIVEIRA et al., 2017), assim como ambientes de floresta tropical, tais como a Amazônia, conhecida por abrigar a maior extensão de floresta tropical do mundo (CARDOSO et al., 2017). Esse bioma apresenta concentrações incomparáveis de biodiversidade que se tornam substancialmente ameaçadas como consequência de influência antrópica (LAURANCE et al., 2002; FERRAZ et al., 2003; COOKE et al., 2012; MOURA et al., 2019).

Entre os grupos suscetíveis às ameaças antrópicas estão os peixes, os quais exibem uma diversidade excepcional nas bacias amazônicas. A ictiofauna é vital para o sustento e manutenção da integridade ecológica, contribuindo para a prestação de vários serviços ecossistêmicos, em diferentes escalas (TAYLOR, 2006; ANDERSON et al., 2011).

A fauna íctica desempenha um importante papel como fonte de alimento para as pessoas (TIDWELL & ALLAN, 2001). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 1997) são os animais mais importantes em termos de fonte individual de proteína de alta qualidade para o homem, e, em regiões onde a pecuária é relativamente escassa tornam-se ainda mais vitais para a alimentação humana (FAO, 2000).

Diante deste cenário, o objetivo do presente artigo foi efetuar uma revisão sistemática dos trabalhos sobre biodiversidade de peixes na Amazônia, com base em princípios da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos. A revisão constou de pesquisas realizadas nos últimos 12 anos porque envolve o momento inicial de publicação do documento da UNESCO até os dias atuais. O propósito da pesquisa foi de analisar como o tema “diversidade de peixes” tem sido tratado nas pesquisas sobre “biodiversidade amazônica”, inferindo sua contribuição dentro da temática “Proteção do meio ambiente da Biosfera e da biodiversidade” preconizada na Declaração da UNESCO.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para o levantamento das informações foi utilizado a base de dados da Scientific Electronic Library Online (Scielo). A escolha dessa base de dados se deu pela relação do tema com o conteúdo indexado e por ser uma base de dados brasileira, alinhando-se com os preceitos da bioética de valorização da cultura e aspectos locais. Foram selecionados artigos desde 2006, ano imediatamente posterior da publicação da Declaração Universal de

Bioética e Direitos Humanos. Os descritores e operadores booleanos utilizados nas pesquisas foram: “Fish AND Diversity AND Amazon”; “Diversity AND Amazon AND NOT Fish”; “Fish AND Diversity AND University Declaration of Bioethics”; “Fish AND Diversity AND Bioethics”.

Na primeira fase, realizou-se a leitura dos títulos dos artigos e, para esclarecer eventuais dúvidas, alguns resumos. As publicações selecionadas obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: artigos nos idiomas português, inglês e/ou espanhol, completos; relação direta com os descritores; ser de domínio público; estar disponíveis *online* e publicados nos anos 2006 a 2018.

Excluídos os artigos que não preencheram esses critérios, foram encontrados um total de 30 trabalhos abordando questões relacionadas a biodiversidade e proteção da ictiofauna na região amazônica.

Após uma segunda filtragem foram excluídos os trabalhos que falavam sobre biodiversidade de parasitas de peixes e outros que tivesse uma abordagem puramente genética, resultando, assim, em 19 artigos (Tabela 7-1). Este procedimento foi necessário para alinhar a busca ao objetivo central deste estudo que foi o de levantar trabalhos que concentrassem esforços no conhecimento da biodiversidade e na proteção da ictiofauna da Amazônia.

Na sequência utilizou-se a técnica da análise de conteúdo temática, que consiste em operações de desmembramento do texto em unidades (categorias), segundo reagrupamentos analógicos. A análise é feita em múltiplas fases que compreendem a ordenação dos dados; a leitura ou leitura flutuante, que é o estabelecimento de contato com os documentos da coleta de dados, momento de conhecer o conteúdo mediante o contato com a matéria; a classificação dos dados, pela constituição do *corpus* da organização analítica identificada por meio da exploração e categorização com base no princípio 17 da DUBDH; tratamento dos resultados obtidos e a interpretação (MINAYO, 2004), como, por exemplo, abordagens levando em consideração aprovação em comitê de ética.

O princípio 17 da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos foi dividido em 6 categorias:

1. Interação entre os seres humanos,
2. Interação entre as outras formas de vida

3. Acesso adequado de recursos biológicos e genéticos,
4. Utilização adequada de recursos biológicos e genéticos,
5. Respeito pelo conhecimento tradicional,
6. Papel dos seres humanos na proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade.

Os descritores e operadores booleanos de caráter mais amplo para o objetivo da pesquisa, tais como “Diversity AND Amazon AND NOT Fish”; “Fish AND Diversity AND University Declaration of Bioethics” e “Fish AND Diversity AND Bioethics” foram utilizados com o intuito de quantificar a contribuição dos estudos da fauna de peixes para a proteção e conservação da biodiversidade da Amazônia, bem como para detectar quais artigos fizeram referência aos princípios e/ou componentes da DUBDH.

**Tabela 7-1. Lista dos artigos apresentados pela base Scielo a partir do uso dos descritores e operadores booleanos Fish AND diversity AND Amazon, considerando o período de 2006 a 2018.**

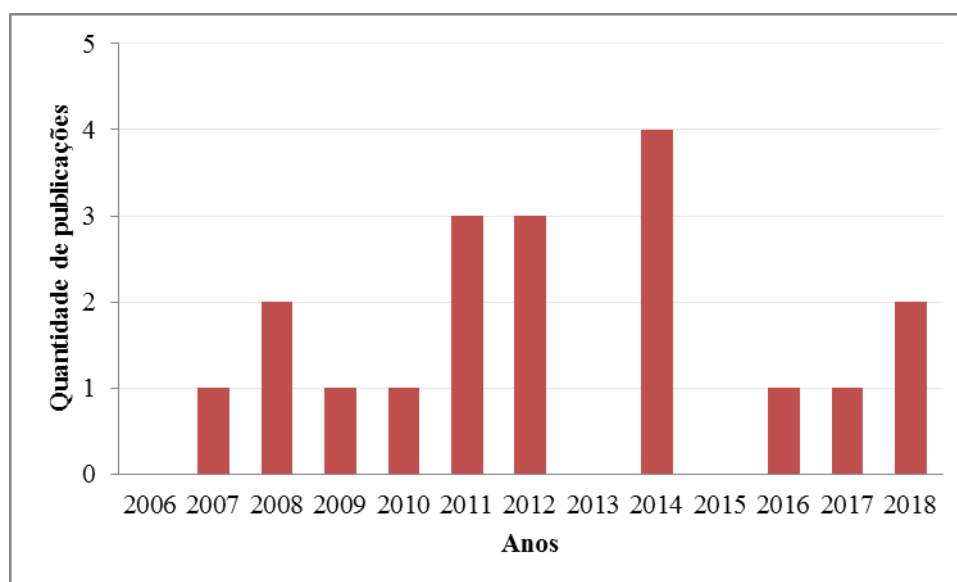
Nº	Título	Autores	Ano	Revista
1	Fish assemblage structure in a port region of the Amazonian coast	Silva, Marcelo H. L.; Torres Júnior, Audálio R.; Castro, Antonio C. L.; Azevedo, James W. J.; Ferreira, Cássia F. C.; Cardoso, Rayssa L.; Nunes, Jorge L. S.; Carvalho-Neta, Raimunda N. F.	Jun 2018, v. 108	Iheringia. Série Zoologia
2	Avaliação do conhecimento sobre a diversidade de peixes, crustáceos e moluscos nas águas marinhas do estado do Maranhão, Costa Nordeste do Brasil	Cardoso, Rayssa de Lima, Cavalcante, Adriana do Nascimento, Torres, Hetty Salvino, Nunes, Karla Bittencourt, Ferreira, Cássia Fernanda Chagas, & Carvalho-Neta, Raimunda Nonata Fortes.	Nov 2018, v. 19.	Ciência Animal Brasileira
3	Fishes from the Jaru Biological Reserve, Machado River drainage, Madeira River basin, Rondônia State, northern Brazil	Costa, Igor David; Ohara, Willian Massaharu; Almeida, Missilene.	Jan 2017, v. 17 N° 1	Biota Neotropica
4	A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus <i>Brachyhypopomus</i> (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species	Crampton, William G. R.; Santana, Carlos D. de; Waddell, Joseph C.; Lovejoy, Nathan R..	Dez 2016, v. 14 N° 4	Neotropical Ichthyology
5	New species of <i>Cyphocharax</i> (Characiformes: Curimatidae) from the upper rio Negro, Amazon basin	Melo, Bruno F.; Vari, Richard P.	Jun 2014, v. 12 N° 2	Neotropical Ichthyology
6	<i>Parotocinclus halbothi</i> , a new species of small armored catfish (Loricariidae: Hypoptopomatinae), from the Trombetas and Marowijne River basins, in Brazil and Suriname	Pablo Lehmann, A.; Lazzarotto, Henrique; Reis, Roberto E..	Mar 2014, v. 12 N° 1	Neotropical Ichthyology
7	Assembleias de peixes associadas aos bancos de macrófitas aquáticas em lagos manejados da Amazônia Central, Amazonas, Brasil	Soares, M. G. M.; Freitas, C. E. C.; Oliveira, A. C. B.	2014, v. 44 N° 1	Acta Amazonica
8	Ichthyofauna as bioindicator of environmental quality in an industrial district in the amazon estuary	Viana, AP.; Lucena Frédou, F.	Mai 2014, v. 74 N° 2	Brazilian Journal of Biology
9	Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas	Álvarez, José; Shany, Noam.	Ago 2012, v. 19 N° 2	Revista Peruana de Biología



Nº	Título	Autores	Ano	Revista
10	Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental	Corrêa, Jean Michel; Gerhard, Pedro; Figueiredo, Ricardo de Oliveira.	Jun 2012, v. 7 Nº 2	Revista Ambiente & Água
11	A preliminary survey of the fish fauna in the vicinity of Santa Ana del Yacuma in Bolivia (río Mamoré drainage)	Pascal István Hablützel	Out./Dez. 2012 vol.12 Nº 4	Biota Neotropica
12	A ictiofauna do Parque Estadual do Cantão, Estado do Tocantins, Brasil	Ferreira, Efrem; Zuanon, Jansen; Santos, Geraldo dos; Amadio, Sidinéia.	Jun 2011, v. 11 Nº 2	Biota Neotropica
13	Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico)	Barros, Daniela de França; Torres, Marcelo Ferreira; Frédou, Flávia Lucena.	Jun 2011, v. 11 Nº 2	Biota Neotropica
14	Fishes from the Itapecuru River basin, State of Maranhão, northeast Brazil	Barros, MC; Fraga, EC; Birindelli, JLO.	Mai 2011, v. 71 Nº 2	Brazilian Journal of Biology
15	Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú	Correa, Ericka; Ortega, Hernán.	Abr 2010, v. 17 Nº 1	Revista Peruana de Biología
16	Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid <i>Apistogramma hippolytae</i> (Perciformes)	Rodrigues, Raoni Rosa; Carvalho, Lucélia Nobre; Zuanon, Jansen; Del-Claro, Kleber.	2009, V. 7 Nº 4	Neotropical Ichthyology
17	Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil	Silva, Cylene C. da; Ferreira, Efrem J. G.; Deus, Cláudia P. de.	Dez 2008, v. 98 Nº 4	Iheringia. Série Zoologia
18	Genetic characterisation of populations of the critically endangered Goliath grouper ( <i>Epinephelus itajara</i> , Serranidae) from the Northern Brazilian coast through analyses of mtDNA	Silva-Oliveira, Gláucia C.; Rêgo, Pércles S. do; Schneider, Horacio; Sampaio, Iracilda; Vallinoto, Marcelo.	Out 2008, v. 31 Nº 4	Genetics and Molecular Biology
19	Conservation strategies for <i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem	Hrbek, T.; Crossa, M.; Farias, IP.	Dez 2007, v 67 Nº 4	Brazilian Journal of Biology

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos resultados sinalizou o ano de 2014 com maior número de publicações, totalizando 4, sendo duas associadas ao levantamento da biodiversidade e duas demonstrando a existência de novas espécies. Na sequência vieram os anos de 2012 e 2011, ambos com 3 publicações. O ano de 2018 registrou 2 publicações, sendo uma relacionada a biodiversidade de peixes e outra como trabalho de revisão envolvendo grupo de peixes, crustáceos e moluscos, onde ambas publicações envolveram a Amazônia Maranhense. Os anos de 2017 e 2016 são caracterizados pela existência de apenas um artigo em cada, com abordagens relacionado a biodiversidade e proteção da fauna ictica na região amazônica. Nos anos de 2015, 2013 e 2006 não foram observadas publicação nesta linha (Figura 7-1).



**Figura 7-1. Quantidade de publicações existentes na base Scielo, considerando os descritores e operadores booleanos Fish AND diversity AND Amazon.**

Ao longo desses 12 anos os artigos foram publicados nos seguintes periódicos: Iheringia. Série Zoologia, Biota Neotropica, Neotropical Ichthyology, Revista Peruana de Biología, Brazilian Journal of Biology, Acta Amazonica, Revista Ambiente & Água, Genetics and Molecular Biology e Ciência Animal Brasileira.

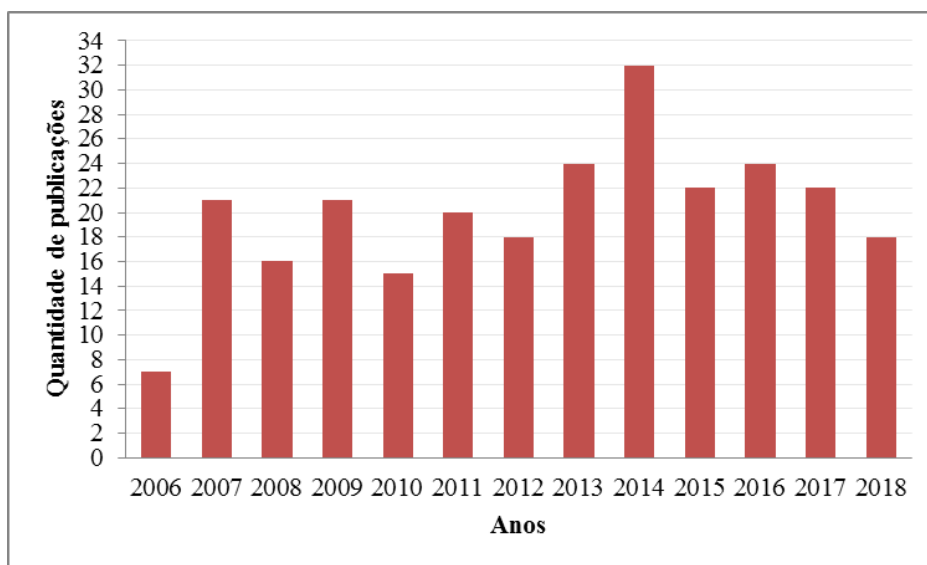
Os levantamentos utilizando os descritores e operadores booleanos “Diversity AND Amazon AND NOT Fish”, destacou 260 artigos, considerando o mesmo período, sendo observados 18 artigos para o ano de 2018. O ano de 2014, alinhada as pesquisas considerando o grupo dos peixes, também concentrou o maior número de publicações envolvendo os outros grupos bióticos, totalizando 32 artigos (Figura 7-2).

Desta forma, tem-se observado uma contribuição muito pequena (7,3%) das pesquisas da fauna de peixes, em relação a outros grupos, para o conhecimento e proteção da biodiversidade da Amazônia.

Nesta linha, Camargo e Isaac (2001) atribuem esse cenário ao número reduzido de sistematas atuando na região Norte do Brasil. Marques e Lamas (2006), em um levantamento sobre o panorama atual da sistemática no Brasil, identificaram 542 pesquisadores, dos quais 10,5% atualmente na região Norte e 12,4% para o Nordeste. Logo, as evidências sinalizam que o baixo número de contribuições científicas são reflexos do pequeno número de pesquisadores trabalhando com a sistemática, biologia e ecologia de peixes.

Corrêa et al. (2012) ressalta o número reduzido de estudos e o pouco conhecimento da fauna aquática na Amazônia resultando em subestimativas da diversidade da ictiofauna de igarapés da região.

Cardoso et al. (2018), em sua revisão sobre a biodiversidade de peixes, crustáceos e moluscos, também evidenciou baixo número pesquisas e cientistas vinculados ao tema de biodiversidade na costa Norte, sobretudo, no Estado do Maranhão. Os pesquisadores destacaram que há um “status” de conhecimento ascendente sobre a diversidade marinha dos principais grupos de recursos pesqueiros, porém, com muitas lacunas que ainda dificultam as informações acerca da descrição de espécies que compõem a diversidade biológica amazônica. Sendo assim, as evidências encontradas na literatura associado aos resultados obtidos nesta revisão tornam imperativa a fortificação dos grupos de pesquisas ictiofaunísticas e a cultura de parceiras institucionais aumentando, assim, a contribuição dos estudos de peixes para conhecimento e proteção da biodiversidade amazônica, conforme estabelecido no artigo 17 da declaração da UNESCO - princípio da proteção do meio ambiente da biosfera e da biodiversidade.



**Figura 7-2. Quantidade de publicações existentes na base Scielo, considerando os descritores e operadores booleanos Diversity AND Amazon AND NOT Fish.**

Os 19 artigos existentes na base da Scielo apresentam mudanças de abordagens em uma escala temporal, onde, por exemplo, no artigo de Silva et al. (2018) foi trabalhada a estrutura da assembleia de peixes em uma área portuária na Baía de São Marcos (Costa Amazônica) sendo analisada com base nas distribuições espaciais e temporais para identificar potenciais mudanças na resposta aos aumentos de pressão antrópica associados às atividades industriais e portuárias na região. As informações do artigo visaram subsidiar possíveis projetos de conservação na área, além de destacar a quase inexistência de informações para peixes estuarinos da Amazônia maranhense.

Na revisão de Cardoso et al. (2018) os autores buscaram produzir uma síntese do conhecimento sobre o “número de espécies”, a quantidade de especialistas e de guias de identificação de três táxons marinhos da costa maranhense: peixes, moluscos e crustáceos. Os levantamentos efetuados nesse trabalho indicaram a presença de 303 espécies de peixes na Amazônia maranhense e finaliza ressaltando a importância de políticas públicas e incentivos nacionais que visem o aumento de estudos na área de diversidade, tanto para o desenvolvimento de medidas de conservação e manutenção biológica, como para o conhecimento dos recursos naturais da região.

Em Costa et al. (2017) avaliou-se os peixes de água doce coletados em 12 estações localizadas ao longo do rio Tarumã, médio rio Machado, bacia do rio Madeira, região amazônica. O trabalho indicou a captura de 1.482 exemplares, distribuídos em sete ordens, 30 famílias, 54 gêneros e 74 espécies. Além disso, as análises indicaram a possível

presença de duas novas espécies na área e finaliza destacando o estudo como a terceira pesquisa de peixes totalmente realizada em uma Unidade de Conservação no Estado de Rondônia, o que certamente fornecerá informações valiosas para futuros estudos sobre a conservação da biodiversidade do rio Machado.

Nos levantamentos efetuados por Crampton et al. (2016), foi efetuada uma revisão taxonômica para o peixe elétrico do gênero *Brachyhypopomus*. No estudo foi possível efetuar a descrição de 15 espécies novas, e a redescrição de 13 espécies previamente descritas, baseado em caracteres merísticos, morfométricos e outros caracteres morfológicos. Houve a inclusão de notas sobre a ecologia e história natural para cada uma das espécies, além de chaves dicotômicas regionais e mapas de distribuição baseado no exame de 12.279 espécimes de 2.787 lotes de museus. Esses resultados contribuem bastante para o conhecimento da biodiversidade e proteção desse gênero na bacia amazônica.

No estudo de Melo e Vari (2014) é descrito uma nova espécie de *Cyphocharax*, Curimatidae, aparentemente endêmica das águas escuras do rio Negro, bacia amazônica. Os resultados tem forte potencial de contribuição para aumento do conhecimento da biodiversidade da Amazônia.

Outro estudo também envolveu a descrição de uma nova espécie nas bacias dos rios Trombetas e Marowijne, no Brasil e no Suriname, tratou-se da *Parotocinclus halbothi*. A espécie nova é diferenciada de *Parotocinclus collinsae*, a espécie mais similar em termos de coloração, pelas placas abdominais centrais pequenas e arredondadas, pelo escudo pré-anal pouco desenvolvido com duas ou três placas, e por possuir uma nadadeira adiposa rudimentar. A nova espécie é caracterizada como uma das menores espécies de Loricariidae conhecidas até o momento (LEHMANN et al., 2014).

No trabalho desenvolvido por Soares et al. (2014) a abordagem levou em consideração o co-manejo dos recursos pesqueiros que vem sendo desenvolvido pelos ribeirinhos da Amazônia, destacando a preocupação de assegurar ambientes adequados para a conservação dos estoques. O objetivo foi investigar a influência do tipo de uso de lagos (preservados e manejados para subsistência) e a sua distância do rio (próximos e distantes) na estrutura das assembleias de peixes associadas aos bancos de macrófitas aquáticas em lagos de várzea, Amazônia Central. Os resultados sugeriram a inexistência de pescarias em larga escala que produzam alterações ambientais significativas e a existência

de um fator ecológico de grande intensidade, o pulso de inundação, como principal agente influenciador na dinâmica da assembleia de peixes na área investigada.

Viana e Frédou (2014) descreveram o status ecológico da ictiofauna em um distrito industrial (rio Pará, estuário Amazônico), através do uso de diferentes descritores ambientais. Os índices ecológicos revelaram alterações da comunidade de peixes na área do distrito industrial. A análise multivariada efetuada separou as Zonas em três grupos, indicando diferenças marcantes no nível de contaminação nas diferentes áreas de estudo sinalizando a necessidade de políticas de proteção da ictiofauna para o rio Pará.

O estudo de Álvarez e Shany (2012) apresentou uma abordagem um pouco mais diferenciada dos demais artigos encontrados. Tratou-se da avaliação de um modelo de co-gestão comunitária da biodiversidade amazônica, com resultados muito promissores. As realizações desse modelo são avaliadas no artigo, onde observa-se redução significativa do registro de pesca ilegal e de caça, além da redução das colheitas destrutivas dos recursos. Os modelos de co-gestão também melhoraram significativamente alguns indicadores econômicos das populações locais envolvidas, graças à comercialização de produtos de valor agregado e à recuperação da pesca, da vida selvagem e de outros recursos.

Corrêa et al. (2012) também observaram o número reduzido de estudos e o pouco conhecimento da fauna aquática na Amazônia e explicam que tal condição acaba resultando em sub-estimativas da diversidade da ictiofauna de igarapés (riachos amazônicos). O trabalho envolveu três microbacias predominantemente ocupadas por agricultura familiar, onde foram coletados 2.117 peixes, distribuídos em sete ordens, 13 famílias, 27 gêneros e 43 espécies. Os resultados demonstraram que trechos médios dos igarapés apresentam maior diversidade de espécies, respondendo ao tamanho do habitat. Neste estudo foi possível observar que microbacias agrícolas dominadas por agricultura de pequeno porte pode suportar uma razoável diversidade de peixes nos igarapés.

Hablutzel (2012) efetuou um levantamento preliminar da fauna de peixes nas proximidades de Santa Ana del Yacuma na Bolívia. Os levantamentos ocorreram na sub-bacia do rio Marmoré, Amazônia Boliviana com registro de 101 espécies. Os resultados demonstraram diferenças na composição de espécies entre os habitats amostrados, onde o autor enfatiza a importância de incluir um grande número de locais de coleta em gradientes ambientais bióticos e abióticos para investigar de forma confiável a diversidade de espécies.

Outro estudo que contribuiu para o conhecimento da biodiversidade ocorreu no Parque Estadual do Cantão – Tocantins. A área representa um trecho protegido no rio Araguaia onde foram capturadas 271 espécies de peixes, pertencentes a 183 gêneros, 41 famílias e 12 ordens. Os resultados mostraram que o Parque Estadual do Cantão é uma área com alta diversidade de espécies de peixes, e que as assembleias ainda estão bem preservadas, de modo que a existência e manutenção deste Parque são de alto interesse para a preservação da fauna de peixes do rio Araguaia (Ferreira et al., 2011).

Barros et al. (2011) avaliaram a ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia, Estuário Amazônico-Pará. Os autores destacam que o conhecimento acerca da ictiofauna do estuário do Rio Amazonas é fragmentado e baseado em levantamentos localizados, e, por isso, efetuaram um inventário da ictiofauna em estuários amazônicos pouco conhecidos. Durante as amostragens foram coletados 1.689 indivíduos pertencentes a 58 espécies distribuídas em 23 famílias, todas com ocorrência anteriormente registrada no estuário amazônico. As ordens Perciformes, Siluriformes e Clupeiformes foram os grupos mais diversificados, abrangendo 73,8% das espécies. Das 58 espécies registradas, 24% são pelágicas, 50% demersais e as demais têm hábitos pelágico-demersais. Os autores concluíram que as espécies de hábitos costeiro-marinha predominaram na região.

Barros et al. (2011) avaliaram os peixes da bacia do rio Itapecuru, Estado do Maranhão e conseguiram registrar 69 espécies de peixes. Os autores concluíram que 30% da fauna de peixes da bacia do rio Itapecuru é endêmica ou restrita à região Nordeste, 22% das espécies são conhecidas por ocorrer na bacia Amazônica e poucas espécies são largamente distribuídas na América do Sul, gerando grande contribuição para o conhecimento da biodiversidade, além da notória ligação entre as regiões biogeográficas, mostrando a influência do Bioma Amazônico sobre as águas de uma das maiores bacias do Estado do Maranhão.

Correa e Ortega (2010) relataram a diversidade de peixes na parte inferior da bacia do rio Nanay, afluente do rio Amazonas. Os autores destacam essa área como um trecho sujeito à extração indiscriminada de peixes para usos ornamentais e consumo direto. Foram coletados 1626 indivíduos, correspondendo a 86 espécies, de 23 famílias e cinco ordens. Os grupos mais presentes foram Caraciformes, Siluriformes e Perciformes. A conclusão dos autores foi que 76% dos indivíduos apresentam tamanhos inferiores a 10 cm

e 65% das espécies registradas têm uso ornamental, tornando a gestão desta bacia muito importante para a proteção da fauna de peixes.

O trabalho realizado por Rodrigues et al. (2009), não avaliou diretamente o conhecimento da biodiversidade, porém, investigou os diferentes padrões de mudança de cores para uma espécie de peixe, ciclídeo amazônico (*Apistogramma hippolytae*), de modo a associá-los a alguns contextos comportamentais. Foram caracterizados seis padrões de coloração associados a sete comportamentos diferentes: alimentação, repouso, displays sexual e agonístico, agressão (ataque e fuga) e cuidado parental. Os autores concluem que a comunicação por coloração pode ser um sistema eficiente de comunicar o estado motivacional individual, status social e disposição para reprodução, possivelmente contribuindo para minimizar a perda de energia com interações desnecessárias. Desta forma, estes resultados poderiam subsidiar políticas de proteção da espécie mediante os períodos de vulnerabilidade desses indivíduos em diferentes regiões do bioma amazônico.

Silva et al. (2008) avaliaram a dieta de cinco espécies de Hemiodontidae na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, norte do Brasil. Os autores concluíram que apesar da ampla variedade trófica, ocorreu o consumo preferencial de determinados itens, representados, principalmente, por detritos, matéria vegetal e microcrustáceos. A ampla diversidade trófica pode explicar o relativo sucesso das espécies desta família em ambientes represados. É importante destacar que a disponibilidade de alimentos é um dos principais fatores para o sucesso de peixes, sobretudo em reservatórios, sendo fundamental conhecer seus hábitos alimentares a fim de avaliar os impactos do represamento sobre o comportamento alimentar da ictiofauna e garantir a proteção das espécies. Alguns táxons, por exemplo, encontram, no novo ambiente, condições favoráveis à proliferação, enquanto outros tendem à extinção local.

Alguns trabalhos mais antigos não abordaram o levantamento de espécies de peixes. Entretanto, no trabalho de Silva-Oliveira et al. (2008), por exemplo, houve a descrição de um táxon criticamente ameaçado de extinção, e, por isso, acabou sendo inserido nesta revisão, pois a Declaração Universal de Bioética retrata a necessidade de proteção da fauna. Neste estudo foi avaliado o mero, *Epinephelus itajara*, sendo realizado um estudo de genética molecular da espécie, com foco em populações da costa norte do Brasil. Os autores concluíram que a diversidade genética foi maior em populações da região amazônica, o que pode estar relacionado à melhor conservação dos habitats de



manguezais nessa área. Desta forma, esse estudo poderia ser utilizado para subsidiar a implementação de medidas de conservação e manejo, a fim de proteger e consolidar essas populações.

O último artigo encontrado na base Scielo, considerando o período de estudo, consistiu numa análise de autocorrelação espacial de dados moleculares obtidos para *Arapaima gigas* e a implicação deste estudo para sua conservação e manejo. *Arapaima* é uma espécie de peixe gigante da várzea Amazônica de grande importância econômica, e criticamente sobre-explorada. A análise de 126 indivíduos amostrados em sete localidades na bacia Amazônica sugeriu que *Arapaima* forma uma população contínua com grande fluxo genético entre localidades. No artigo é sugerido a implementação de um modelo de manejo e conservação de metapopulação no padrão doador-receptor, uma vez que não foram detectadas barreiras para o fluxo gênico. O modelo consistiria na replicação das reservas de várzea na bacia Amazônica superior, central e inferior. Esta estratégia poderia preservar toda a atual diversidade genética da *Arapaima*, pois criaria um conjunto de reservas para fornecer imigrantes para populações locais reduzidas, além de garantir a conservação de áreas centrais de várzea na bacia Amazônica das quais diversas outras espécies dependem. As evidências demonstraram que as estratégias de conservação não deveriam somente preservar a atual diversidade genética, mas também os processos evolutivos que têm gerado os padrões observados (HRBEK et al., 2007).

Uma avaliação integrada sinaliza evidente mudança no contexto dos estudos ao longo do período avaliado, onde, no início, os estudos não abordavam informações relacionadas ao levantamento da biodiversidade. As avaliações eram concentradas mais em alguns grupos ictiofaunístico com trabalhos na linha de conservação, porém, baseado em estudos genéticos, de alimentação, dinâmica populacional, etc.

A partir de 2010 as publicações relacionadas à fauna de peixes começam a ficar mais constantes dentro de bases ecológicas, possivelmente associado à fortificação e popularização dos pacotes estatísticos, bem como ao desenvolvimento de grupos de pesquisa.

Discussões envolvendo a proteção do meio ambiente e da biodiversidade foi observada nos 19 artigos avaliados. Os trabalhos publicados em 2012 e 2014 apresentaram discussões bem mais amplas, abordando quase todas as categorias estabelecidas no artigo 17 da DUBDH. Observou-se para os artigos desse período (2012-2014) abordagens no

contexto social, destacando a importância do conhecimento tradicional para uso e conservação da biodiversidade de peixes, além de aspectos relacionados a interação entre os seres humanos, do homem com os peixes e entre a ictiofauna e o ambiente onde ocorrem. Nesta linha destaca-se o artigo intitulado “Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas” com abordagens que envolveram todas as seis categorias estabelecidas no artigo 17 da Declaração da UNESCO (Tabela 7-2), sendo, também, o único que citou o termo ética, efetuando uma pequena abordagem nesta linha.

Os artigos avaliados não destacaram aprovações em comitês de ética nem citação à Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos. Não houve artigos encontrados para o descritor Fish AND Diversity AND University Declaration of Bioethics, mesma condição para a combinação Fish AND Diversity AND Bioethics.

**Tabela 7-2. Ano e título dos artigos publicados no período 2006 a 2018 na base Scielo, com abordagem em biodiversidade de peixes na região amazônica e sua associação à alguns aspectos que fazem referência à Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos (DUBDH).**

Ano	Título	Categoria da DUBDH	Cita o termo ética	C.E	Cita a DUBDH
2018	Fish assemblage structure in a port region of the Amazonian coast	2;4;6	Não	Não	Não
2018	Avaliação do conhecimento sobre a diversidade de peixes, crustáceos e moluscos nas águas marinhas do estado do Maranhão, Costa Nordeste do Brasil	4;6	Não	Não	Não
2017	Fishes from the Jaru Biological Reserve, Machado River drainage, Madeira River basin, Rondônia State, northern Brazil	2;3;4;6	Não	Não	Não
2016	A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus <i>Brachyhypopomus</i> (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species	2;6	Não	Não	Não
2014	New species of <i>Cyphocharax</i> (Characiformes: Curimatidae) from the upper rio Negro, Amazon basin	6	Não	Não	Não
2014	<i>Parotocinclus halbothi</i> , a new species of small armored catfish (Loricariidae: Hypoptopomatinae), from the Trombetas and Marowijne River basins, in Brazil and Suriname	2;6	Não	Não	Não
2014	Assembleias de peixes associadas aos bancos de macrófitas aquáticas em lagos manejados da Amazônia Central, Amazonas, Brasil	1;2;4;5;6	Não	Não	Não
2014	Ichthyofauna as bioindicator of environmental quality in an industrial district in the Amazon estuary	2;3;5;6	Não	Não	Não
2012	Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas	1;2;3;4;5;6	Sim	Não	Não
2012	Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental	2;4;5;6	Não	Não	Não

Ano	Título	Categoria da DUBDH	Cita o termo ética	C.E	Cita a DUBDH
2012	A preliminary survey of the fish fauna in the vicinity of Santa Ana del Yacuma in Bolivia (rio Mamoré drainage)	6	Não	Não	Não
2011	A ictiofauna do Parque Estadual do Cantão, Estado do Tocantins, Brasil.	4;6	Não	Não	Não
2011	Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico)	6	Não	Não	Não
2011	Fishes from the Itapecuru River basin, State of Maranhão, northeast Brazil	6	Não	Não	Não
2010	Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú	4;6	Não	Não	Não
2009	Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid <i>Apistogramma hippolytae</i> (Perciformes)	2;6	Não	Não	Não
2008	Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil	2;6	Não	Não	Não
2008	Genetic characterisation of populations of the critically endangered Goliath grouper ( <i>Epinephelus itajara</i> , Serranidae) from the Northern Brazilian coast through analyses of mtDNA	3;4;6	Não	Não	Não
2007	Conservation strategies for <i>Arapaima gigas</i> (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem	3;4;6	Não	Não	Não

- **Categoria da DUBDH** – categorias de 1 a 6 estabelecidos no artigo 17 da DUBDH e descritos na metodologia
- **Cita o termo ética** – observação nos artigos sobre citação do termo ética ou bioética
- **C.E** – citação nos artigos sobre aprovação em comitês de ética
- **Cita a DUBDH** – observação nos artigos sobre alguma referência direta à declaração da UNESCO objeto de estudo

Este cenário torna-se preocupante, pois em outubro de 2005, a Conferência Geral da UNESCO adotou, por aclamação, a Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos, onde os Estados-membros e a comunidade internacional comprometiam-se a respeitar e aplicar os princípios fundamentais da bioética condensados num texto único. Esta declaração trata das questões de ética suscitadas pela medicina, pelas ciências da vida e pelas tecnologias que lhes estão associadas, aplicadas aos seres humanos, tendo em conta as suas dimensões social, jurídica e ambiental (UNESCO, 2005). Nessa declaração um importante princípio sobre proteção da biodiversidade é indicado para as nações:

*Artigo 17º Proteção do meio ambiente da biosfera e da biodiversidade - Importa tomar na devida conta a interação entre os seres humanos e as outras formas de vida, bem como a importância de um acesso adequado aos recursos biológicos e genéticos e de uma utilização adequada desses recursos, o respeito pelos saberes tradicionais, bem como o papel dos seres humanos na proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade (UNESCO, 2005).*

Nesta linha, a bioética apresenta-se como a estratégia de capacitação dos indivíduos, em busca de uma possível adaptação a uma nova realidade, gerando consensos sobre o comportamento moral mais adequado frente a uma determinada questão (COHEN, 2008). Sendo assim, as abordagens da bioética quanto aos aspectos ecológicos e da biodiversidade tornam-se crucial para a manutenção dos recursos naturais.

Garrafa (2013) enfatiza que a agenda bioética do século XXI foi definitivamente ampliada com a edição da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos, visto que proporcionou diversas possibilidades de atuação pela incorporação dos campos sanitário, social e ambiental.

No caso da biodiversidade, esta pode ser entendida como toda a gama de organismos vivos existentes no planeta, de forma a destacar a essencial vinculação e interdependência entre as espécies. Representa o complexo sistema de variabilidade biológica, que abrange desde os seres humanos, passando por outras espécies animais, vegetais, fúngicas, protistas, bacterianas ou mesmo viróticos (NAVES E FREIRE DE SÁ, 2013).

Tal conceito reflete a inter-relação entre os aspectos biológicos, geológicos, culturais e sociais, sendo que o princípio da anterioridade da biodiversidade, princípio da dimensão subjetiva e do valor desconhecido apresentam-se como princípios éticos específicos para biodiversidade, conforme destacado na obra de Josafá Carlos de Siqueira denominada “Ética Socioambiental”:

*Atualmente, diante da crise nas relações do homem com a natureza, têm surgido alguns princípios éticos voltados para a questão da biodiversidade. Um deles consiste na anterioridade histórica, biológica e evolutiva, pois a diversidade da vida no planeta é anterior ao surgimento da espécie humana e, portanto, deve ser respeitada. Outro princípio insiste na dimensão subjetiva dos seres vivos, contrapondo a abordagem objetiva que historicamente predominou. Dessa forma, os seres que integram os biomas e ecossistemas têm valores e direitos, devendo, portanto, ser respeitados e preservados. Finalmente, existe recentemente o princípio do valor desconhecido, ou seja, a megabiodiversidade nos trópicos é depositária de um patrimônio biológico e axiológico ainda desconhecido, tanto pelas ciências como pela sociedade, justificando assim os esforços de preservação dos biomas e das espécies. (SIQUEIRA, 2009, p. 60).*

A atual crise ambiental não depende de uma simples solução técnica, ela exige uma resposta ética. Requer uma mudança de paradigma na vida pessoal, na convivência social, na produção de bens de consumo, e, principalmente, no relacionamento com a natureza. Exige a necessidade de uma mudança de rota na organização econômico-industrial e político-social da sociedade; de uma conversão das atitudes de consumo e de relacionamento com o ambiente natural e social. Trata-se, no fundo, de uma transformação de mentalidade e de visão do mundo. A preocupação ecológica, associado ao conhecimento da biodiversidade, não traz apenas novos problemas que exigem solução, ela introduz um novo paradigma civilizatório (JUNGES, 2006). Este novo paradigma associado aos princípios da declaração da UNESCO trouxe grandes desdobramento no território nacional, resultando em uma nova lei da biodiversidade alinhada com os princípios bioéticos, protegendo os conhecimentos tradicionais associados ao patrimônio genético de populações indígenas, de comunidade tradicional ou de agricultor tradicional contra a utilização e exploração ilícita, além de exigir autorização e/ou regularização junto aos órgãos pertencentes ao Conselho de Gestão do Patrimônio Genético – CGen, tanto para acesso como para exploração econômica de produto acabado ou de material reprodutivo oriundo de acesso a patrimônio genético ou ao conhecimento tradicional associado. Lei de biossegurança que estabelece diversas normas de segurança e mecanismos de fiscalização, pesquisa, comercialização, consumo, liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados, de modo a proteger a biodiversidade. Lei de experimentação animal, estabelecendo procedimentos para o uso de animais em atividades de ensino e pesquisa científica com exigência de parecer do comitê de ética com qualquer experimento que envolva vertebrados e, portanto, inclui os peixes.

Silva (2015) ressalta que a Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos representou um divisor de água para a bioética ampliando sua agenda para temas persistentes, diretamente relacionados com as pautas sociais, sanitárias e ambiental, com o Brasil tendo papel de destaque para implementação destas pautas. Desta forma o país apresenta-se como grande líder mundial para as discussões bioéticas, democratizando-a e tornando-a mais aplicada e comprometida com as populações vulneráveis, as mais necessitadas e com a proteção da biodiversidade, exigindo o acompanhamento e comprometimento das instituições a tais avanços.

## CONCLUSÃO

Mediante a revisão sistemática realizada, observou-se o baixo número de publicações existentes em uma base de dados nacional, relacionado à biodiversidade de peixes em um dos biomas mais importante do mundo, que é o amazônico.

Não foram observadas, ao longo dos últimos 12 anos, estudos que tivessem efetuado citação ao artigo 17 da declaração da UNESCO, que aborda o princípio de proteção do meio ambiente, da biosfera e da biodiversidade, embora seja possível extrair os componentes deste princípio nos trabalhos avaliados.

O cenário observado torna imperativa a ampla divulgação dos princípios da Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos, de modo que as discussões no meio científico possam abordar, mais comumente, as questões éticas relacionadas à biodiversidade, principalmente para o grupo de peixes.

Por necessário, sugere-se que as políticas de financiamento de projetos exijam, em seus editais, que os estudos executem abordagens vinculadas às políticas/leis com princípio oriundos da declaração da UNESCO e aperfeiçoamento de métodos de amostragem e análises que envolvam baixo número de capturas de espécies em uma mesma pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVAREZ, J.; SHANY, N. Una experiencia de gestión participativa de la biodiversidad con comunidades amazónicas. **Revista Peruana de Biología**, 19(2), 223-232. 2012. <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i2.846>
- ANDERSON, J. T.; NUTTLE, T.; SALDANA-ROJAS, J. S.; PENDERGAST, T. H.; FLECKER, A. S. Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore. **Proceedings of the Royal Society, Série B**, 278: 3329-3335. 2011. doi: 10.1098/rspb.2011.0155.
- BARROS, D.F.; TORRES, M. F.; FRÉDOU, F. L. Ictiofauna do estuário de São Caetano de Odivelas e Vigia (Pará, Estuário Amazônico). **Biota Neotropica**, 11(2), 367-373. 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200035>
- BARROS, M. C.; FRAGA, E.C.; BIRINDELLI, J. L. O. Fishes from the Itapecuru River basin, State of Maranhão, northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 71(2), 375-380. 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000300006>
- BERGEL, S. D. Ten years of the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights. **Revista Bioética**, 23(3): 446-455. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-80422015233081>
- BONEBRAKE, T. C.; GUO, F.; DINGLE, C.; BAKER, D. M.; KITCHING, R. L.; ASHTON, L. A. Integrating Proximal and Horizon Threats to Biodiversity for

Conservation. **Trends in Ecology & Evolution**. Volume 34, Issue 9, Pages 781-788. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.04.001>

CAMARGO M.; ISAAC V. Os peixes estuarinos da região Norte do Brasil: lista de espécies e considerações sobre a distribuição geográfica. **Bol Mus Para Emílio Goeldi, sér Zool**. 17(2): 133-157. 2001.

CARDOSO, D.; SÄRKINEN, T.; ALEXANDER, S.; AMORIM, A. M.; BITTRICH, V.; CELIS, M.; DALY, D.; FIASCHI, P.; FUNK, V. A.; GIACOMIN, L. L.; GOLDENBERG, R.; HEIDEN, G.; IGANCI, J.; KELLOFF, C. L.; KNAPP, S.; LIMA, H. C.; MACHADO, A. F. P.; SANTOS, R. M.; MELLO-SILVA, R.; MICHELANGELI, F. A.; MITCHELL, J.; MOONLIGHT, P.; MORAES, P. L. R.; MORI, S. A.; NUNES, T. S.; PENNINGTON, T. D.; PIRANI, J. R.; PRANCE, G. T.; QUEIROZ, L. P.; RAPINI, A.; RIINA, R.; RINCON, C. A. V.; ROQUE, N.; SHIMIZU, G.; SOBRAL, M.; STEHMANN, J. R.; STEVENS, W. D.; TAYLOR, C. M.; TROVÓ, M.; VAN DEN BERG, C.; VAN DER WERFF, H.; VIANA, P. L.; ZARTMAN, C. E.; FORZZA, R. C. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 114(40): 10695-10700. 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1706756114>

CARDOSO, R. DE L.; CAVALCANTE, A. DO N.; TORRES, H. S.; NUNES, K. B.; FERREIRA, C. F. C.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Avaliação do conhecimento sobre a diversidade de peixes, crustáceos e moluscos nas águas marinhas do Estado do Maranhão, Costa Nordeste do Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, 19. 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v19e-49880>

CHICHORROA, F.; JUSLÉN, A.; CARDOSO, P. A review of the relation between species traits and extinction risk. **Biological Conservation**. Volume 237, Pages 220-229, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.001>

COHEN, C. Por que pensar a bioética? **Rev. Assoc. Med. Bras.**, São Paulo, v. 54, n. 6, p. 473-474. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-42302008000600002>.

COOKE, G. M.; CHAO, N. L. BEHEREGARAY, L. B. Five cryptic species in the Amazonian catfish *Centromochlus existimatus* identified based on biogeographic predictions and genetic data. **PLoS ONE**. vol.7: 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048800>

CORREA, E.; ORTEGA, H. Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. **Revista Peruana de Biología**, 17(1), 37-42. 2010. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332010000100004&lng=pt&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100004&lng=pt&tlng=es).

CORRÊA, J. M.; GERHARD, P.; FIGUEIREDO, R.; DE O. Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental. **Revista Ambiente & Água**, 7(2), 214-230. 2012. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.739>

COSTA, C. A. Bioética e meio ambiente: implicações para uma ética da libertação. **Revbea**, Rio Grande, V. 8, No 2:31-46. 2013.

COSTA, I. D.; OHARA, W. M.; ALMEIDA, M. Fishes from the Jaru Biological Reserve, Machado River drainage, Madeira River basin, Rondônia State, northern Brazil. **Biota Neotropica**, 17(1). 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2016-0315>

- CRAMPTON, W. G. R.; SANTANA, C. D.; WADDELL, J. C.; LOVEJOY, N. R. A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus *Brachyhypopomus* (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species. **Neotropical Ichthyology**, 14(4), 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20150146>
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2000**. FAO, Rome, Italy. 2000.
- FAO. **Review of the State of World Aquaculture**. FAO Fisheries Circular No. 886, Rev. 1. Rome, Italy. 1997.
- FERRAZ G.; RUSSELL G. J; STOUFFER P. C.; BIERREGAARD R. O.; PIMM S. L.; LOVEJOY, T. E. Rates of species loss from Amazonian forest fragments. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 100: 14069-14073. 2003. <https://doi.org/10.1073/pnas.2336195100>
- FERREIRA, E.; ZUANON, J.; SANTOS, G.; AMADIO, S. A ictiofauna do Parque Estadual do Cantão, Estado do Tocantins, Brasil. **Biota Neotropica**, 11(2), 277-284. 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000200028>
- FRASER, K. A.; ADAMS, V. M.; PRESSEY, R. L.; PANDOLFI, J. M. Impact evaluation and conservation outcomes in marine protected areas: A case study of the Great Barrier Reef Marine Park. **Biological Conservation**. Volume 238, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.030>
- GARRAFA, V. **Proteção e acesso à saúde como um bem social**. In: HELLMANN, F.; VERDI, M.; GABRIELLI, R.; CAPONI, S. organizadores. *Bioética e saúde coletiva: perspectivas e desafios contemporâneos*. 2ª ed. Curitiba: Prismas. p. 33-49. 2013.
- GROVES, C. R.; JENSEN, D. B.; VALUTIS, L. L.; REDFORD, K. H.; SHAFFER, M. L.; SCOTT, J. M.; BAUMGARTNER, J. V.; HIGGINS, J. V.; BECK, M. W.; ANDERSON, M. G. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. **Bioscience**, 52, 499-512. 2002.
- HABLÜTZEL, P. I. A preliminary survey of the fish fauna in the vicinity of Santa Ana del Yacuma in Bolivia (río Mamoré drainage). **Biota Neotropica**, 12(4), 156-165. 2012. <https://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032012000400017>
- HANNIGAN, J. **Environmental Sociology: a social constructionist perspective**. Second Edition. New York: Routledge. 194p. 2006.
- HRBEK, T.; CROSSA, M.; FARIAS, I. P. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. **Brazilian Journal of Biology**, 67(4, Supl.), 909-917. 2007. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842007000500015>
- JUNGES, J. R. A. Proteção do meio ambiente na Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos. **Revista Brasileira de Bioética**. vol 2. nº 1. p 21-38. 2006.
- LAURANCE W. F, POWELL G, HANSEN L. A precarious future for Amazonia. **Trends in Ecology and Evolution**, 17: 251-252. 2002.
- LEHMANN, P. A.; LAZZAROTTO, H.; REIS, R. E. *Parotocinclus halbothi*, a new species of small armored catfish (Loricariidae: Hypoptopomatinae), from the Trombetas and Marowijne River basins, in Brazil and Suriname. **Neotropical Ichthyology**, 12(1), 27-33. 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252014000100002>.



- MARQUES A. C.; LAMAS C. J. E. Taxonomia zoológica no Brasil: estado da arte, expectativas e sugestões de ações futuras. **Pap. Avulsos Zool.** 46 (13): 139-174. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0031-10492006001300001>
- MARTÍNEZ-JAUREGUI, M.; WHITE, P. C. L.; TOUZA, J.; SOLIÑO, M. Untangling perceptions around indicators for biodiversity conservation and ecosystem services. **Ecosystem Services**. Volume 38, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100952>
- MASOOD, E. The battle for the soul of biodiversity. **Nature**, 560: 423-425. 2018.
- MELO, B. F.; VARI, R. P. New species of Cyphocharax (Characiformes: Curimatidae) from the upper rio Negro, Amazon basin. **Neotropical Ichthyology**, 12(2), 327-332. 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20130153>
- MINAYO M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8a ed. São Paulo: Hucitec. 2004.
- MOURA, A. R. M.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. DA S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O. F.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impact of a dam construction on the surface biophysical parameters in amazonia. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**. Volume 15, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100243>
- NAVES, B. T. O.; FREIRE DE SÁ, M. F. Por uma bioética da biodiversidade. **Rev. Bioética y Derecho** [online]. n.27, pp.56-58. 2013. <http://dx.doi.org/10.4321/S1886-58872013000100006>.
- NUÑÉZ, I. E.; GONZÁLEZ-GAUDIANO, Y.; BARAHONA, A. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. **Interciencia**, 28(7): 387-393. 2003.
- OLIVEIRA, B. S. U.; SOARES-FILHO, A. P.; PAGLIA, A. D.; BRESCOVIT, C. J. B.; CARVALHO, D. P.; SILVA, D. P.; REZENDE, F. S. F.; LEITE, J. A. N.; BATISTA, J. P. P.; BARBOSA, J. R.; STEHMANN, J. S.; ASCHER, M. F.; VASCONCELOS, P. M.; LÖWENBERG-NETO, P.; FERRO, V. G.; SANTOS, A. J. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected áreas. **Scientific Reports**, vol. 7. 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>
- RODRIGUES, R. R.; CARVALHO, L. N.; JANSEN, Z.; DEL-CLARO, K. Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid *Apistogramma hippolytae* (Perciformes). **Neotropical Ichthyology**, 7(4), 641-646. 2009. <https://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400013>
- SIDDIG, A. A. H. Why is biodiversity data-deficiency an ongoing conservation dilemma in Africa? **Journal for Nature Conservation**. Volume 50, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125719>
- SILVA, A. B. **Bioética, governança e neocolonialismo**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão - FUNAG, 248p. 2015.
- SILVA, C. C.; FERREIRA, E. J. G.; DEUS, C. P. Dieta de cinco espécies de Hemiodontidae (Teleostei, Characiformes) na área de influência do reservatório de Balbina, rio Uatumã, Amazonas, Brasil. **Iheringia. Série Zoológica**, 98(4), 465-468. 2008. <https://dx.doi.org/10.1590/S0073-47212008000400008>
- SILVA, M. H. L.; TORRES JÚNIOR, A. R.; CASTRO, A. C. L.; AZEVEDO, J. W. J.; FERREIRA, C. F. C.; CARDOSO, R. L.; NUNES, J. L. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F.

Fish assemblage structure in a port region of the Amazonian coast. **Iheringia. Série Zoológica**, 108, 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2018018>

SILVA-OLIVEIRA, G. C.; RÊGO, P. S.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; VALLINOTO, M. Genetic characterisation of populations of the critically endangered Goliath grouper (*Epinephelus itajara*, Serranidae) from the Northern Brazilian coast through analyses of mtDNA. **Genetics and Molecular Biology**, 31(4), 988-995. 2008. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572008005000016>

SIQUEIRA, J. C. Ética socioambiental. **Rio de Janeiro: PUC-Rio. 2009.**

SIQUEIRA-BATISTA, R.; RÔÇAS G.; GOMES, A. P.; COTTA, R. M. M.; MESSEDER, J. C. A bioética ambiental e ecologia profunda são paradigmas para se pensar o século XXI? **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.2 n.1, abril. p 44-51. 2009.

SOARES, M. G. M.; FREITAS, C. E. C.; OLIVEIRA, A. C. B. Assembleias de peixes associadas aos bancos de macrófitas aquáticas em lagos manejados da Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 44(1), 143-152. 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672014000100014>

TAYLOR, B. W.; FLECKER, A. S.; HALL, R. O. A perda de uma espécie de peixe capturado interrompe o fluxo de carbono em um rio tropical diverso. **Science**, 313: 833-836. 2006.

TIDWELL, J. H.; ALLEN, G. L. Fish as food: aquaculture's contribution. Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. **EMBO Reports**, vol. 21, pág. 958-963. 2001.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos**. Cátedra Unesco da Universidade de Brasília/Sociedade Brasileira de Bioética. Brasília. 12p. 2005.

VIANA, A.P.; FRÉDOU, F. L. Ichthyofauna as bioindicator of environmental quality in an industrial district in the amazon estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 74(2), 315-324. 2014. <https://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.16012>

## 8 CAPÍTULO 2: COMUNIDADE DE PEIXES DE UMA REGIÃO CENTRAL DO GOLFÃO MARANHENSE: COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

AZEVEDO, J. W. J; CASTRO, A. C. L; REBÊLO, J. M. M.

### RESUMO

O presente estudo investigou a estrutura da comunidade de peixes ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, contribuindo para o conhecimento da biodiversidade de peixes no Golfão Maranhense, em zonas específicas caracterizadas pela confluência das massas de água das baías de São José e São Marcos. As atividades de captura ocorreram no período de novembro/15 a julho/18 em 4 pontos de coleta (P1, P2, P3 e P4) distribuídos no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, sendo os trechos P1 e P2 mais a montante e P3 e P4 a jusante. Para obtenção dos exemplares foi utilizada redes de emalhe fixa do tipo tapagem, em momentos de maré de quadratura, com esforço de pesca padronizado em 6 horas para cada um dos locais de amostragens. A ictiofauna no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos foram representados por 52 espécies. As famílias Sciaenidae e Ariidae foram as que mais se destacaram tanto em termos de riqueza como abundância. Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Simpson apresentaram valores mais elevados no período de estiagem e nos pontos localizados mais a montante do estuário. As análises multivariadas sinalizaram mudanças na composição das espécies em função da intensidade das chuvas e da variação da salinidade. Estes resultados podem subsidiar aspectos relacionados a possíveis insights sobre migrações, que normalmente estão vinculados às atividades de desova e crescimento, parâmetros notoriamente importantes para assegurar a biomassa, gestão da pesca e a proteção da biodiversidade.

**Palavras chave:** Ictiofauna, Estuários, Diversidade, Amazônia Oriental.

### ABSTRACT

The present study investigated the structure of the fish community along the Perizes and Mosquito estuary, contributing to the knowledge of fish biodiversity in the Golfão Maranhense, in specific areas characterized by the confluence of the water bodies of São José and São Marcos bays. The capture activities occurred in the period from November / 15 to July / 18 in 4 collection points (P1, P2, P3 and P4) distributed in the Perizes and Mosquito estuary, with the P1 and P2 sections upstream and P3 and P4 downstream. To obtain the specimens was used multifilament block nets with a 20-30 mm mesh, at times of quadrature tide, with fishing effort standardized at 6 hours for each of the sampling sites. The ichthyofauna in the Perizes and Mosquito estuary was represented by 52 species. The families Sciaenidae and Ariidae were the most outstanding, both in terms of richness and abundance. Shannon-Wiener and Simpson diversity indices showed higher values during the drought period and at the most upstream points of the estuary. Multivariate analyzes indicated a change in species composition as a function of rainfall intensity and salinity variation.. These results may support aspects related to possible migration insights, which are usually linked to spawning and growth activities, parameters that are notoriously important for ensuring biomass, fisheries management and the protection of biodiversity.

**Keywords:** Ichthyofauna, Estuaries, Diversity, Eastern Amazon.

## INTRODUÇÃO

Os estuários representam uma interface entre a terra e o mar, sendo caracterizados como locais onde ocorre uma série de processos hidrológicos associados a descargas de rios, bem como oceanográficos e antrópicos; tal complexidade sistêmica cria habitats com intensos gradientes térmicos, salinos e tróficos (Wolanski, 2007). Por esse motivo os estuários, notavelmente, são capazes de influenciar os padrões de distribuição da ictiofauna no espaço e no tempo e moldam a diversidade das assembleias (Potter et al., 2015). Apresentam-se como ambientes ecologicamente essenciais por serem locais de alimentação e reprodução, proporcionando habitats apropriados para diferentes fases do ciclo de vida dos peixes. Além disso, funcionam como zonas de migração para espécies anádromas e catádromas (Elliott et al., 2007, Potter et al., 2015).

O alto valor socioeconômico dos produtos oriundos dos estuários, especialmente como fonte de renda e alimentação, é amplamente reconhecido (Glaser e Diele, 2004, Isaac et al., 2009, Merigot et al., 2017). No entanto, as mudanças ambientais globais e as pressões humanas diretas têm afetado a qualidade da água e, conseqüentemente, a biodiversidade dos ecossistemas estuarinos (Borja et al., 2010; Li e de Jonge, 2015 Merigot et al., 2017).

Neste cenário, destacam-se as principais mudanças na diversidade de peixes atreladas a efeitos da remoção de manguezais, criação de camarões, desenvolvimento agrícola, além de atividades portuárias. Tais alterações têm sido avaliadas em termos de composição de assembleias, riqueza de espécies, guildas tróficas, distribuição de tamanho e biomassa, atividade de reprodução, etc. (Oribhabor e Ogbeibu, 2010, Viana et al., 2010, Viana et al., 2012, Blaber, 2013, Silva et al., 2018).

Na Amazônia Oriental, situada no litoral setentrional maranhense, têm-se uma considerável extensão e diversidade de feições geológicas contendo, dentro do espaço pertencente à costa norte do Brasil, o Golfão e as Reentrâncias Maranhenses (Araujo et al., 2011). Este perímetro se estende da fronteira do estado do Pará à Baía de Tubarão (MA) sendo caracterizado por um baixo litoral de manguezais e recortes profundos, formando uma série de baías e estuários (Castro et al., 2018). Estas áreas de manguezais representam mais de 40% das florestas de mangue do Brasil (Souza Filho, 2005) o que aumenta consideravelmente a biodiversidade e a produtividade da zona costeira.

O Golfão Maranhense está localizado no centro da costa, onde também fica a ilha de São Luís, que separa o golfo em duas grandes baías. A primeira é a Baía de São

Marcos, que está localizada a oeste de São Luís, sendo caracterizada como um estuário ativo, apresentando as maiores marés da região, onde os rios Mearim e Pindaré convergem (Castro et al., 2018). A segunda é a Baía de São José, a leste da ilha, caracterizada como uma região com profundidades rasas que recebe águas dos rios Itapecuru e Munim (Silva et al., 2018). Estas áreas apresentam intensas atividades pesqueiras, e diversas intervenções antrópicas associadas à aquicultura, agricultura, construção de ferrovias, dutovias, atividades portuárias e industriais que se concentram, sobretudo, no setor sul-sudoeste da ilha de São Luís (Sousa et al., 2016; Silva et al., 2018; Santos et al., 2019).

Nesta configuração, observa-se um complexo estuarino altamente dinâmico em ambiente de macromaré sujeito a um efeito sinérgico de diversas atividades antrópicas, porém, ainda assim, com poucos estudos em escalas que permitam o conhecimento da biodiversidade e o padrão de distribuição das espécies ictiofaunísticas. Estas abordagens são importantes para subsidiar políticas de gestão territorial e da pesca de modo a promover a proteção da biodiversidade, segurança alimentar e disposição de recursos para as populações tradicionais e proteção para as gerações futuras, algo, por exemplo, descrito por órgão internacional como a Organização das Nações Unidas para Educação a Ciência e a Cultura (UNESCO), através da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos (UNESCO, 2005).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi o de avaliar a estrutura, incluindo a composição das comunidades, abundância e padrão de distribuição espaço-temporal da fauna de peixes presente no estuário do rio Perizes e no estreito dos Mosquitos, que são regiões situadas na porção mais central do Golfão Maranhense, estando sujeitas a dinâmica das massas de água das duas principais baías que compõem este trecho da Amazônia Oriental.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A área de estudo compreendeu o estuário do rio Perizes e o estreito dos Mosquitos, que interliga a baías de São José e São Marcos, enquadrando a região S/SW/SE da Ilha de São Luís. Toda esta região está inserida no Golfão Maranhense composto basicamente pela baía de São Marcos com área de 77.900 km<sup>2</sup> e São José com aproximadamente 23.600 km<sup>2</sup> de área.

O estreito dos Mosquitos separa a ilha de São Luís do continente, possuindo uma extensão de aproximadamente 5 km e desenvolvendo-se na direção S/NW.

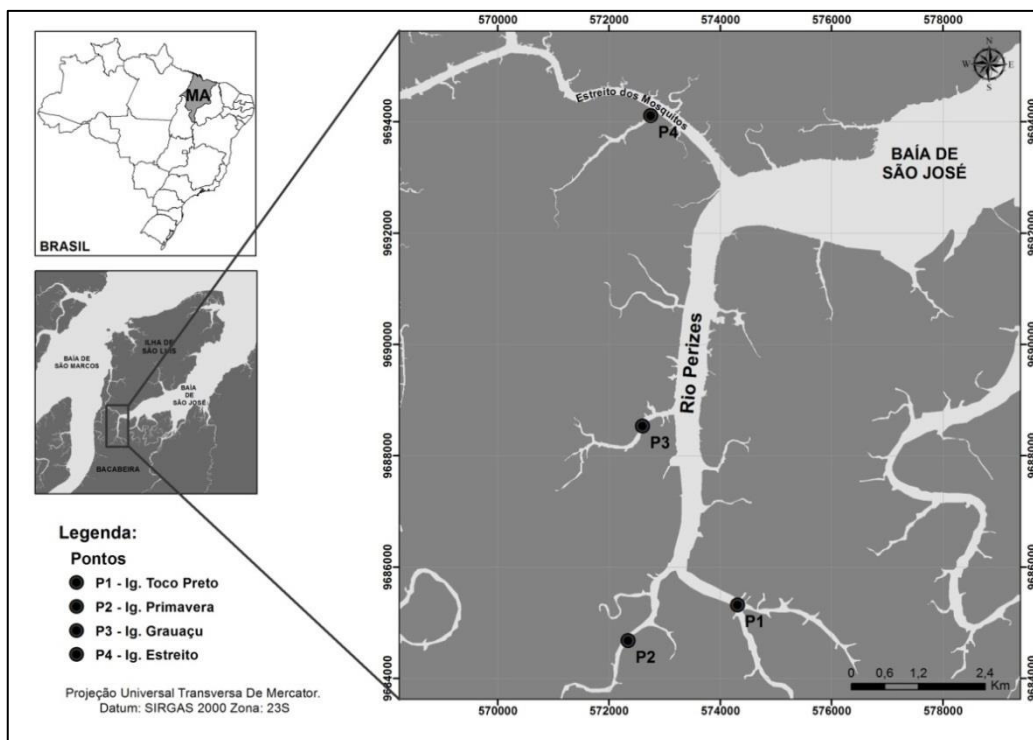
No aspecto climático, conforme a classificação de Koppen, toda a área de estudo é do tipo Aw, caracterizando-se por um clima tropical chuvoso, com precipitações concentradas no período de verão e estação seca no inverno (Dubreuil et al., 2017). Devido a localização da área, próximo a linha do equador, a amplitude térmica anual acaba sendo pouco significativa (Torres e Machado, 2008). A precipitação média anual na área é de 1.896 mm (INMET, 2019).

A classe de solo predominante na área do Perizes e estreito dos Mosquitos é o indiscriminado de mangue e também, em proporções menores, os gleissolos tiomórficos. As feições geológicas presentes na área são Depósito de Mangue, Depósito de Argila e Suíte Subvulcânica Rosário. Quanto à geomorfologia a área de estudo está inserida nas unidades Baixada Litorânea e Superfícies Suaves Onduladas (SOUSA et al., 2016).

### **Amostragem da Ictiofauna**

As amostragens dos peixes, na região de estudo, ocorreu bimestralmente, no período de novembro de 2015 a julho de 2018, envolvendo um gradiente de salinidade ao longo de 4 pontos de coleta. Desta forma, os pontos foram distribuídos tanto nas porções mais internas do estuário, pontos P1 - igarapé Toco preto (UTM - 572344/9684678) e P2 – igarapé Primavera (UTM - 574308/9685322), como mais a jusante denominado de igarapé Grauaçu (P3 – UTM - 572603/9688531) e igarapé Estreito (P4 – UTM - 572748/9694108), sendo este último localizado no estreito dos Mosquitos (Figura 8-1).

O igarapé Primavera é o trecho onde as atividades pesqueiras ocorrem com maior intensidade, tal afirmativa se baseia nas observações de campo (maior número de embarcações e apetrechos de pesca) e relato dos pescadores. No ponto P3, devido a sua localização, tende a ser muito influenciado pelo aporte continental oriundo do campo de Perizes. Além disso, adjacente ao igarapé Grauaçu existe parte das instalações de um empreendimento de carcinicultura, que atualmente encontra-se desativada. O igarapé Estreito (P4), devido a sua posição na região do estreito dos Mosquitos, apresenta-se como o mais suscetível aos processos hidrodinâmicos das baías de São Marcos e São José.



**Figura 8-1. Recorte da área de estudo, com destaque para pontos de amostragens da ictiofauna localizados no estreito dos Mosquitos e ao longo do estuário do rio Perizes.**

A coleta da ictiofauna foi efetuada com auxílio de redes de tapagem (Figura 8-2) com malhas variando de 20 a 30 mm entre nós opostos, com 200 a 300 metros de extensão. As amostragens ocorreram durante a maré de quadratura, coincidindo com a diminuição da intensidade da corrente, com um esforço de pesca padronizado em 6 horas para cada local de captura, correspondendo a todo o ciclo de maré vazante.



**Figura 8-2. Rede de tapagem fixada no igarapé Estreito.**

Os peixes coletados foram acondicionados em caixas de isopor, conservados em gelo e transportados para o laboratório de Ictiologia da Universidade Federal do Maranhão. Na etapa laboratorial, o material biológico foi identificado até o nível de espécie, utilizando os trabalhos de Cervigon et al. (1992), Figueiredo et al. (1980, 2000) e

Fischer (1978). A base de dados do Fishbase (Froese e Pauly, 2019), foi utilizada para verificar a necessidade de atualização taxonômica das espécies.

Paralelamente à captura dos peixes, foram mensuradas as variáveis temperatura (°C), pH, salinidade (g.kg<sup>-1</sup>) e oxigênio dissolvido (mg.l<sup>-1</sup>) a partir do uso de um kit multiparâmetro da marca HANNA, modelo HI 9828. Também foi determinada a transparência (cm) da água através do disco de Secchi.

Com o intuito de avaliar a distribuição de chuvas na área de estudo, visando sua relação com a distribuição da ictiofauna, informações mensais de precipitação foram adquiridas a partir do banco de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), registrados pela estação meteorológica de São Luís, englobando o período de novembro/2015 a julho/2018. A partir dessas informações o nível de precipitação em São Luís foi ordenado em 5 categorias:

- Nível de precipitação muito baixo, <50mm;
- Nível de precipitação baixo, entre 50 – 100 mm;
- Nível de precipitação intermediário, entre 100 – 200 mm;
- Nível de precipitação alto, entre 200 – 300 mm;
- Nível de precipitação muito alto, >300mm

Destaca-se que as atividades efetuadas na área de estudo encontram-se sob inscrição do SISBIO/ICMBio, como autorização para atividades com finalidade científica através da solicitação n° 60866.

### **Análises Estatísticas**

Inicialmente foi calculada uma curva de acumulação de espécies para avaliar se a comunidade de peixes, na área de estudo, foi exaustivamente amostrada, considerando o apetrecho de pesca utilizado (Colwell et al., 2004). Para definição da curva, utilizou-se um método aleatório sem substituição, o qual permite o cálculo de um número médio de espécies para um determinado número de amostras, com um intervalo de confiança de 95%, bem como a obtenção do número total de espécies capturadas para o número total de amostras consideradas.

Adicionalmente, foi calculado o índice de Chao2 (Chao, 1987), que extrapola, a partir da ocorrência de espécies raras, o número total esperado de espécies na área. Além disso, calculou-se o número total rarificado de espécies (Colwell et al., 2004) para cada local de amostragem e por período sazonal.



Os parâmetros abióticos foram avaliados na escala espaço-temporal pelo uso da Análise de Variância (ANOVA, *One-Way*) de modo a detectar possíveis diferenças significativas quanto a concentração desses parâmetros tanto ao longo dos meses como por local de coleta.

Foram estabelecidos os índices de riqueza (S), diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson ( $\lambda$ ) e equitabilidade (J), tanto por área como período. A variação dos índices  $H'$  e  $\lambda$  foram verificados através do teste t de Student (Magurran, 1988) para demonstrar diferenças entre os pontos de amostragem e períodos sazonais. As diferenças de riqueza, equitabilidade, abundância e biomassa foram verificadas por meio da ANOVA, *One-Way*.

Para a aplicação dos testes estatísticos foi levado em consideração os pressupostos de normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste de Levene). Quando os pressupostos não foram atendidos, executou-se uma transformação matemática dos dados empregando-se a raiz quarta ou logaritmo decimal. As diferenças das médias foram verificadas a posteriori pelo teste de Tukey. Quando os pressupostos paramétricos não foram atendidos, mesmo após a transformação, utilizou-se, então, testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (KW) e Mann-Whitney para verificar as diferenças entre os pontos e períodos, respectivamente, com intervalo de confiança de 95% (Sokal e Rohlf, 1995).

A variação espacial e temporal na composição de espécies também foi avaliada através de uma análise de ordenação (MDS) e agrupamento (Cluster), utilizando os dados de abundância dos táxons transformados em LOG (X+1) e o coeficiente de dissimilaridade de Bray-Curtis. Foi utilizado o método de ligação pela média não ponderada (UPGMA), indicado por diminuir a distorção da matriz original durante a construção do dendrograma (Valentin, 2012). O teste de Perfil de Similaridade (SIMPROF) que explora a estrutura multivariada dos dados foi executado como teste de permutação da hipótese nula (pelo menos para 1000 permutações), juntamente com a análise de agrupamento, procurando uma evidência estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), de conjuntos “verdadeiros” nos grupos formados.

Utilizou-se uma análise de similaridade (ANOSIM) para verificar a existência de diferença espacial (entre locais) e temporal (estações seca e chuvosa) para a assembleia de peixes (Clarke, 1993) na área central do Golfão Maranhense, de modo a inferir sobre possíveis mudanças na composição dos táxons ictiofaunísticos nas duas escalas de avaliação do estudo.

Após o agrupamento e o ordenamento, a análise de percentual de similaridade (SIMPER) foi computada a fim de identificar quais espécies contribuíram para a formação dos grupos (Clarke e Gorley, 2001).

Uma análise PERMANOVA, *One-Way*, foi utilizada para verificar quais das espécies registradas na área apresentaram variações significativas na abundância em função da intensidade das precipitações.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para verificar a influência das variáveis ambientais sobre a distribuição, em abundância, das espécies de peixes amostradas na área. Para efetuar a análise efetuou-se um processo de padronização das variáveis ambientais pelo método de centrar e reduzir, com o intuito de retirar o peso das diferentes unidades de medida que representam as concentrações dos parâmetros abióticos, e, para os dados bióticos, utilizou-se a transformação LOG (X+1) (Valentin, 2012). Para a análise, foram retiradas as espécies que ocorreram em apenas uma campanha amostral como um critério para minimizar os resíduos na análise, resultante da ocorrência destas espécies acidentais, comumente registrados em amostragens ictiofaunísticas. Este é considerado um dos melhores métodos para análise de gradiente, direto, em ecologia de comunidades (Ter Braak, 1986).

Todas as análises foram realizadas com auxílio dos programas PAST, versão 3.14 (PAleontological STatistics - HAMMER et al., 2003) e PRIMER 6.0 (Clarke e Gorley, 2001), ao nível de 0,05 de significância.

## **RESULTADOS**

As variáveis abióticas apresentaram diferenças significativas ao longo dos meses de coleta. A temperatura da água (°C) apresentou os valores mais baixos (KW;  $p < 0,05$ ) nos meses de março/16, janeiro e março/17, com 28,39°C, 27,65°C e 27,07°C, respectivamente. Em julho/18 observou-se os valores mais elevados (KW;  $p < 0,05$ ), enquanto no restante do período os resultados apresentaram-se homogêneos (Tabela 8-1).

Os resultados para o pH, em geral, apresentaram-se mais elevados nos meses de estiagem e mais baixos nos chuvosos. Diferenças significativas (KW;  $p < 0,05$ ) foram observados nos meses de novembro/15/16/17, além de janeiro/16, com valores mais elevados quando comparados ao restante do período amostral, já em janeiro/2017 foi registrado as concentrações de pH menos expressivas (7,34).

A salinidade apresentou sua maior concentração em janeiro/2016, com 35,32 g.kg<sup>-1</sup>, seguido das amostragens efetuadas em novembro, durante os três anos, sempre com valores superiores à 33,0 g.kg<sup>-1</sup>. Esses meses citados apresentam diferenças significativas quando comparados a todo o período amostral (KW; p<0,05). Os menores valores de salinidade (KW; p<0,05) foram observados nos meses de maio/16, maio/17, julho/17, março/18, maio/18 e julho/18 com registros sempre inferiores a 17 g.kg<sup>-1</sup>.

Os resultados para o oxigênio dissolvido (OD), em geral, indicou valores mais baixos no primeiro semestre do ano e mais elevado no segundo semestre. O menor valor de OD foi observado em março/17 (3,15 mg.l<sup>-1</sup>), seguido de março/18 (3,85 mg.l<sup>-1</sup>), maio/18 (3,94 mg.l<sup>-1</sup>), maio/17 (3,95 mg.l<sup>-1</sup>), março/16 (3,98 mg.l<sup>-1</sup>) e julho/18 (3,99 mg.l<sup>-1</sup>), esses resultados foram estatisticamente inferiores (ANOVA; p<0,05) quando comparados aos meses de janeiro, setembro e novembro para quase todos os anos de coleta.

A transparência da água apresentou-se mais elevada em janeiro/17, maio/17, novembro/15, julho/16, maio/18 e janeiro/16, sempre com resultados superiores a 30,0 cm. Nos meses de março/16/17/18, maio/16, setembro/16 e julho/18 foram registrados os menores valores (ANOVA; p<0,01).

As variáveis abióticas quando comparadas por local de amostragem não apresentaram diferenças significativas (ANOVA; p>0,05).

**Tabela 8-1. Variáveis abióticas mensuradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos em função dos meses de amostragem e locais de coleta. T- temperatura; Sal – salinidade; OD – oxigênio dissolvido; Secchi – transparência. Letras diferentes, por variável abiótica e para cada tipo de avaliação (temporal-espacial), sinalizam diferenças estatísticas ( $\alpha = 0,05$ ).**

Meses de amostragens	T(°C)	pH	Sal	OD(mg.l <sup>-1</sup> )	Secchi (cm)
nov/15	30,00 ± 0,78 <sup>ad</sup>	8,02 ± 0,78 <sup>a</sup>	33,63 ± 0,51 <sup>a</sup>	6,37 ± 0,11 <sup>a</sup>	37,33 ± 3,12 <sup>a</sup>
jan/16	29,65 ± 0,19 <sup>a</sup>	8,03 ± 0,04 <sup>a</sup>	35,32 ± 0,25 <sup>a</sup>	5,91 ± 0,21 <sup>a</sup>	31,37 ± 6,94 <sup>a</sup>
mar/16	28,39 ± 0,14 <sup>b</sup>	7,75 ± 0,13 <sup>bd</sup>	25,08 ± 0,36 <sup>b</sup>	3,97 ± 0,66 <sup>c</sup>	16,02 ± 4,27 <sup>c</sup>
mai/16	30,75 ± 0,34 <sup>ad</sup>	7,89 ± 0,11 <sup>bc</sup>	13,50 ± 0,16 <sup>c</sup>	5,46 ± 0,74 <sup>a</sup>	15,50 ± 5,19 <sup>c</sup>
jul/16	28,95 ± 0,63 <sup>ac</sup>	7,79 ± 0,11 <sup>b</sup>	21,05 ± 0,16 <sup>b</sup>	5,32 ± 0,72 <sup>ab</sup>	34,12 ± 8,14 <sup>a</sup>
set/16	29,42 ± 0,27 <sup>a</sup>	7,42 ± 0,12 <sup>b</sup>	28,37 ± 0,48 <sup>b</sup>	4,24 ± 0,76 <sup>b</sup>	16,00 ± 3,37 <sup>c</sup>
nov/16	29,82 ± 0,33 <sup>ad</sup>	7,95 ± 0,05 <sup>c</sup>	33,75 ± 0,13 <sup>a</sup>	4,67 ± 0,24 <sup>ab</sup>	18,33 ± 7,64 <sup>bc</sup>
jan/17	27,65 ± 0,29 <sup>c</sup>	7,34 ± 0,28 <sup>d</sup>	31,50 ± 1,01 <sup>b</sup>	4,92 ± 0,45 <sup>ab</sup>	41,12 ± 2,78 <sup>a</sup>
mar/17	27,07 ± 0,22 <sup>c</sup>	7,68 ± 0,13 <sup>b</sup>	22,67 ± 0,78 <sup>b</sup>	3,14 ± 0,38 <sup>c</sup>	16,25 ± 8,30 <sup>c</sup>
mai/17	30,12 ± 0,33 <sup>ad</sup>	7,73 ± 0,08 <sup>b</sup>	7,92 ± 0,96 <sup>c</sup>	3,94 ± 0,26 <sup>c</sup>	38,37 ± 8,48 <sup>a</sup>
jul/17	30,35 ± 0,44 <sup>ad</sup>	7,89 ± 0,32 <sup>bc</sup>	16,4 ± 0,26 <sup>c</sup>	5,21 ± 1,19 <sup>ab</sup>	27,50 ± 6,24 <sup>ab</sup>
set/17	29,45 ± 0,24 <sup>a</sup>	7,92 ± 0,26 <sup>bc</sup>	28,15 ± 0,24 <sup>b</sup>	6,15 ± 0,42 <sup>a</sup>	23,25 ± 5,06 <sup>abc</sup>
nov/17	-	8,09 ± 0,05 <sup>a</sup>	33,27 ± 0,32 <sup>a</sup>	5,47 ± 0,43 <sup>ab</sup>	27,25 ± 4,11 <sup>abc</sup>
jan/18	-	7,94 ± 0,07 <sup>bc</sup>	28,9 ± 2,49 <sup>b</sup>	5,92 ± 0,47 <sup>ab</sup>	21,87 ± 9,33 <sup>abc</sup>

Meses de amostragens	T(°C)	pH	Sal	OD(mg.l <sup>-1</sup> )	Secchi (cm)
mar/18	30,16 ± 0,26 <sup>ad</sup>	7,65 ± 0,36 <sup>bd</sup>	9,85 ± 0,61 <sup>c</sup>	3,85 ± 0,19 <sup>c</sup>	13,37 ± 2,56 <sup>c</sup>
mai/18	29,97 ± 0,09 <sup>a</sup>	7,43 ± 0,19 <sup>bd</sup>	9,41 ± 0,20 <sup>c</sup>	3,94 ± 0,62 <sup>c</sup>	31,87 ± 6,61 <sup>a</sup>
jul/18	30,77 ± 0,46 <sup>d</sup>	7,46 ± 0,08 <sup>bd</sup>	16,10 ± 1,13 <sup>c</sup>	3,98 ± 0,72 <sup>c</sup>	15,25 ± 3,88 <sup>c</sup>
Locais de Amostragem	T(°C)	pH	Sal	OD(mg.l <sup>-1</sup> )	Secchi (cm)
Ig. Toco preto (P1)	29,51 ± 1,17 <sup>a</sup>	7,71 ± 0,29 <sup>a</sup>	23,11 ± 9,31 <sup>a</sup>	4,67 ± 1,20 <sup>a</sup>	27,56 ± 10,12 <sup>a</sup>
Ig. Primavera (P2)	29,48 ± 1,14 <sup>a</sup>	7,80 ± 0,22 <sup>a</sup>	22,99 ± 9,43 <sup>a</sup>	4,62 ± 0,95 <sup>a</sup>	25,62 ± 10,54 <sup>a</sup>
Ig. Grauaçu (P3)	29,41 ± 1,05 <sup>a</sup>	7,77 ± 0,26 <sup>a</sup>	23,42 ± 9,48 <sup>a</sup>	4,90 ± 0,95 <sup>a</sup>	23,16 ± 8,46 <sup>a</sup>
Ig. Estreito (P4)	29,59 ± 1,14 <sup>a</sup>	7,76 ± 0,25 <sup>a</sup>	22,75 ± 9,51 <sup>a</sup>	5,15 ± 1,11 <sup>a</sup>	23,06 ± 12,85 <sup>a</sup>

Obs: não foi possível a mensuração da temperatura nos meses de novembro/17 e janeiro/18 devido a problemas no sensor do equipamento.

As chuvas que ocorreram na região, durante o período amostral, apresentaram padrões cíclicos sempre com os meses de março e maio apresentando acumulado mensal superior a 200mm e os meses de setembro e novembro com total ausência de chuvas (Figura 8-2). Percebeu-se uma tendência de aumento das precipitações no período de 2015 a 2018.

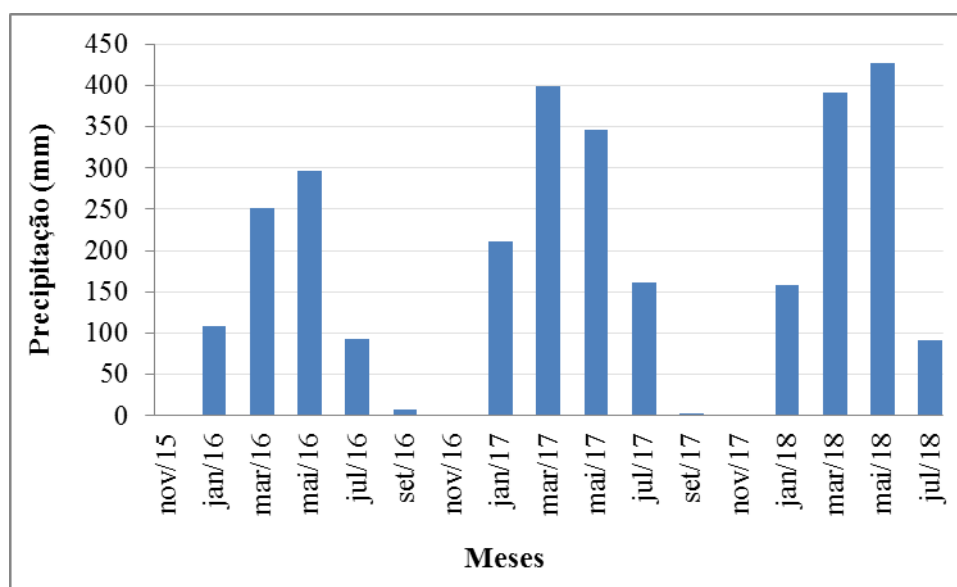


Figura 8-3. Acumulado mensal de chuvas (mm) para a cidade de São Luís no período de novembro/15 a julho/2018.

Fonte: Dados obtidos do INMET

No que concerne aos dados bióticos, as amostragens efetuadas na área de estudo permitiram a captura de 11.142 indivíduos, pertencentes a 11 ordens, distribuídos em 29 famílias e 52 espécies, totalizando uma biomassa de 965.315,7 g.

As ordens Perciformes e Siluriformes foram as que mais se destacaram, tanto em termos de riqueza de espécies como em abundância (Quadro 8-1). Na ordem Perciformes a família com maior número de espécies foi a Sciaenidae com 10 táxons

distribuídos em um total de 3.166 indivíduos. No caso dos Siluriformes, a família Ariidae foi a mais abundante, com 5.913 indivíduos, bem como a de maior número de espécies com 7.

A espécie mais abundante para cada uma das famílias foram *Macrodon ancylodon* (Sciaenidae), com 1.087 espécimes e *Sciades herzbergii* (Ariidae) com 2.203 indivíduos. Já as com menores ocorrências foram *Micropogonias furnieri* (Sciaenidae), com 9 exemplares e *Notarius bonillai* (Ariidae), representada por 251 indivíduos.

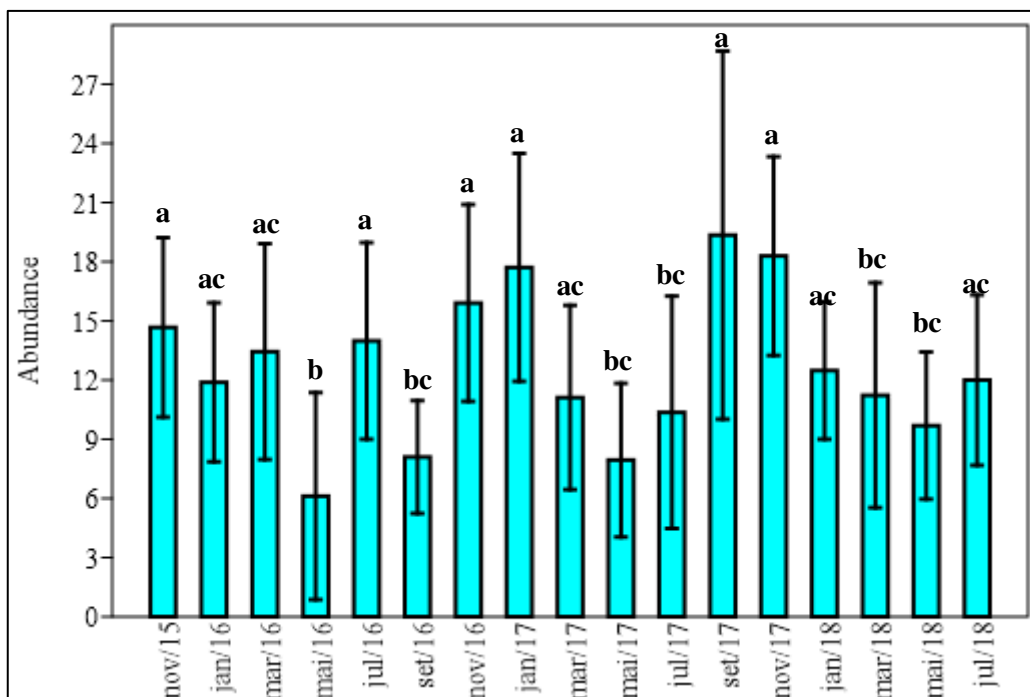
**Quadro 8-1. Lista de espécies da ictiofauna amostradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, região do Golfão Maranhense, no período de nov/15 a jul/18. N – número de indivíduos; Pt – peso total.**

ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM	N	Pt (kg)
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Batrachoides surinamensis</i>	pacamão	15	5,92
Beloniformes	Belonidae	<i>Strongylura marina</i>	peixe agulha	1	0,39
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Lile piquitinga</i>	sardinha pititinga	7	0,05
		<i>Sardinella brasiliensis</i>	sardinha papel	41	1,14
	Engraulidae	<i>Cetengraulis edentulus</i>	sardinha verdadeira	60	1,58
		<i>Pterengraulis atherinoides</i>	sardinha de gato	57	1,30
	Pristigasteridae	<i>Pellona castelnaeana</i>	sardinha do reino	4	0,08
Cyprinodontiformes	Anablepidae	<i>Anableps anableps</i>	tralhoto	114	9,57
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i>	urubarana	3	0,33
	Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i>	pirapema	35	8,61
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	tainha sajuba	331	24,01
		<i>Mugil gaimardianus</i>	tainha pituia	74	3,49
		<i>Mugil incilis</i>	tainha urixoca	8	0,81
Myliobatiformes	Dasyatidae	<i>Hypanus guttatus</i>	raia bicuda	1	0,22
	Gymnuridae	<i>Gymnura micrura</i>	raia baté	4	2,49
Perciformes	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	xaréu	2	0,02
		<i>Oligoplites palometa</i>	tibiro	82	11,86
	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	camurim branco	16	4,24
		<i>Centropomus undecimalis</i>	camurim preto	9	0,84
	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	tilápia	9	0,50
	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i>	paru	29	0,52
	Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i>	peixe prata	8	0,53
	Haemulidae	<i>Genyatremus luteus</i>	peixe pedra	540	21,09
	Lobotidae	<i>Lobotes surinamensis</i>	crauaçu	48	63,86
	Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i>	barbudo	10	0,24
	Sciaenidae	<i>Bairdiella ronchus</i>	cororoca	451	7,34
		<i>Cynoscion acoupa</i>	pescada amarela	238	19,70
		<i>Cynoscion leiarchus</i>	pescada branca	24	0,47
<i>Cynoscion microlepidotus</i>		corvina	31	2,95	
<i>Macrodon ancylodon</i>		pescada gó	1087	58,44	

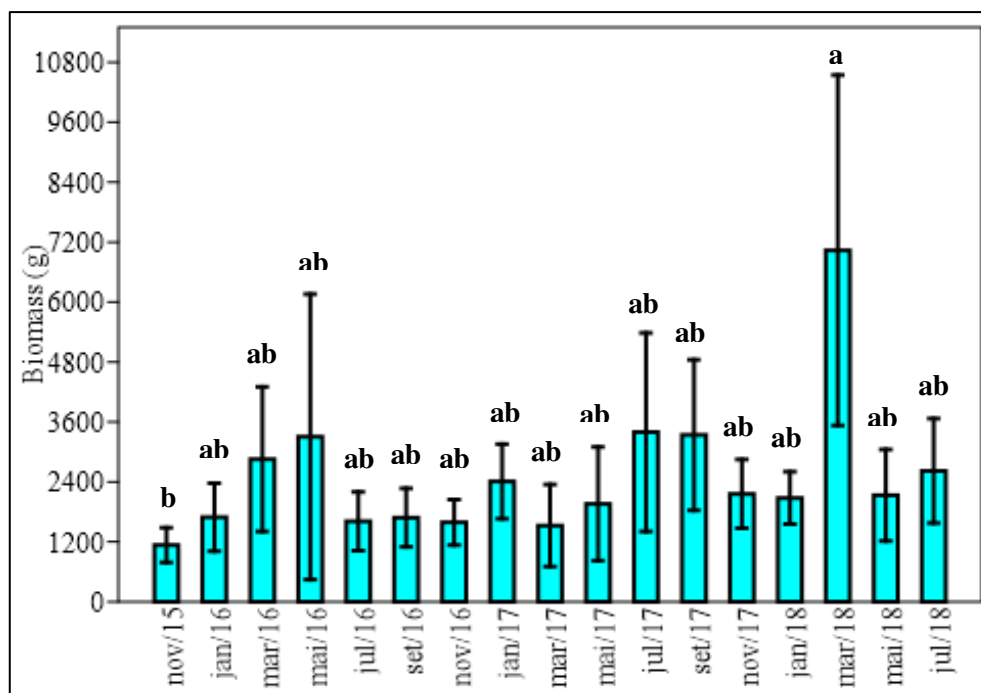
ORDEM	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM	N	Pt (kg)
		<i>Menticirrhus americanus</i>	boca de rato	45	0,75
		<i>Micropogonias furnieri</i>	cururuca	9	3,50
		<i>Nebris microps</i>	amor sem olho	48	1,33
		<i>Stellifer naso</i>	cabeçudo preto	172	3,19
		<i>Stellifer rastrifer</i>	cabeçudo branco	1061	10,18
	Serranidae	<i>Epinephelus itajara</i>	mero	1	0,44
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	guaravira	7	1,39
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus lineatus</i>	solha	166	8,57
	Symphurinae	<i>Symphurus plagusia</i>	linguado	8	0,10
Siluriformes	Ariidae	<i>Aspistor quadriscutis</i>	cangatã	449	49,83
		<i>Amphiarus rugispinis</i>	jurupiranga	576	28,73
		<i>Bagre bagre</i>	bandeirado	1150	86,74
		<i>Cathorops spixii</i>	uriacica vermelho	895	26,17
		<i>Notarius bonillai</i>	uriacica branco	251	9,34
		<i>Sciades herzbergii</i>	guribu	2203	272,49
		<i>Sciades proops</i>	uritinga	389	79,94
	Aspredinidae	<i>Aspredo aspredo</i>	rebeca	3	0,02
		<i>Aspredinichthys tibicen</i>	viola	20	0,27
	Auchenipteridae	<i>Pseudauchenipterus nodosus</i>	papista	22	0,34
	Loricariidae	<i>Hypostomus plecostomus</i>	bodó	4	0,42
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Colomesus psittacus</i>	baiacú	315	64,86
		<i>Sphoeroides testudineus</i>	baiacu pininga	9	0,80

Os valores de abundância apresentaram resultados mais expressivos nos meses de novembro/15, novembro/16, janeiro/17, setembro/17 e novembro/17. Já os menores valores ocorreram em maio/16, setembro/16, março/17, maio/17, julho/17, março/18 e maio/18 (Figura 8-4). Em termos estatísticos, as análises indicaram baixa abundância em maio/16 quando comparado a quase todos os demais meses pertencentes ao período de estiagem (KW;  $p < 0,01$ ), exceção a setembro/16. Os meses de maio/17, março e maio/18 também apresentaram valores inferiores quando comparados a alguns meses de estiagem (novembro/15, julho/16, setembro/17 novembro/17).

Os menores valores de biomassa (g) foram observados em novembro/15, novembro/16, julho/16, setembro/16 e março/17. A maior biomassa foi observada em março/18 com valor médio de  $7.036,0 \pm 3.507,3$ g e total de 126.648,6 g, seguido dos meses de maio e março/16 julho/17, setembro/17 (Figura 8-5). Diferenças estatísticas (ANOVA;  $p < 0,05$ ) foram observadas apenas na comparação entre os meses de março/18 (maior biomassa) e novembro/15 (menor biomassa).



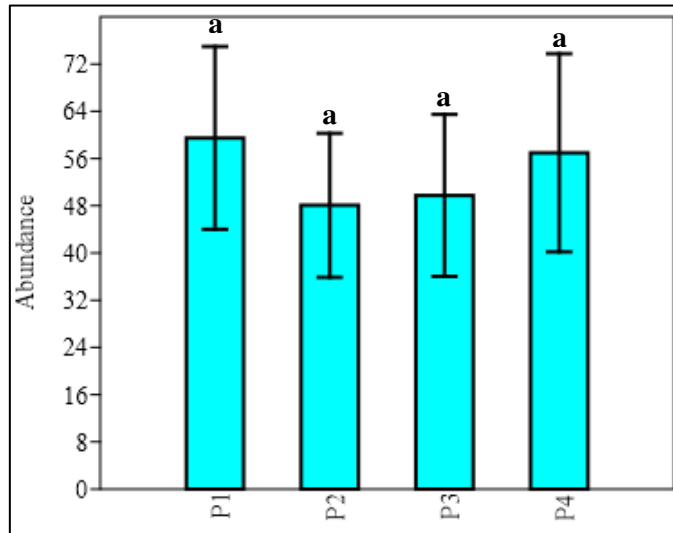
**Figura 8-4. Média e desvio padrão para abundância dos peixes em cada mês de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**



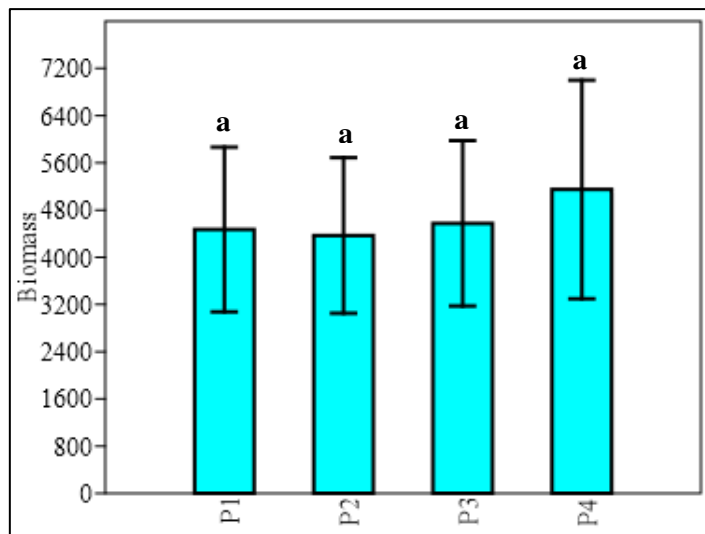
**Figura 8-5. Média e desvio padrão para os valores de biomassa da assembleia de peixes em cada mês de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**

Os valores de abundância quando analisados por ponto de amostragem indicaram resultados mais elevados para o igarapé Primavera (P1) e igarapé Estreito (P4) (Figura 8-6). Em termos de biomassa, percebe-se a tendência de indivíduos de maior porte

estarem distribuídos nos trechos mais a jusante, devido os maiores valores encontrados no igarapé Grauaçu (P3) e Estreito (P4) (Figura 8-7). As avaliações estatísticas não detectaram diferenças na escala espacial para abundância e biomassa (ANOVA;  $p>0,05$ ).



**Figura 8-6. Média e desvio padrão para a abundância de peixes em cada local de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**

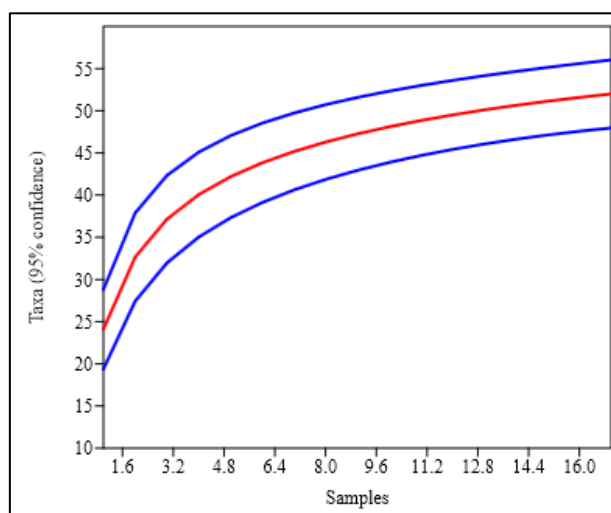


**Figura 8-7. Média e desvio padrão para os valores de biomassa da assembleia de peixes em cada local de amostragem ao longo do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**

A curva de rarefação, baseado nas 17 amostras com registro de 52 espécies, apresentou-se próximo de uma estabilização para valores assintóticos (). O número de táxons encontrados demonstrou-se muito congruente com o índice de Chao2, que estimou a riqueza total de espécies, para a área de estudo, em função do tipo de arte de pesca utilizado, em  $55,29 \pm 3,47$  (desvio padrão). Quando avaliado por período sazonal o

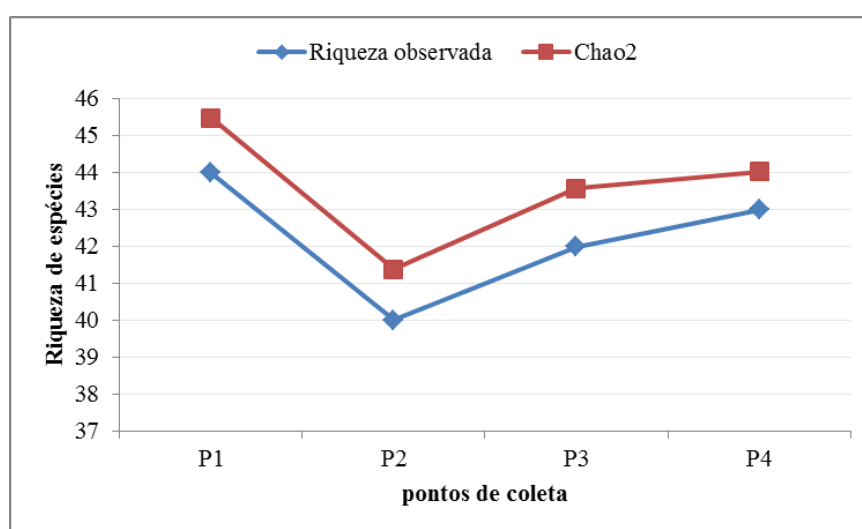


estimador Chao2 não indicou notória diferença para a riqueza de espécies, com valores de  $50,08 \pm 3,99$  para o período de estiagem e  $49,55 \pm 3,51$  para o período chuvoso.



**Figura 8-8. Curva de acumulação de espécies para a assembleia de peixes amostrada no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos no período de nov/15 a jul/18. Valor médio da riqueza de espécies (linha vermelha)  $\pm$  intervalo de confiança de 95% (linha azul).**

O mesmo estimador não paramétrico de riqueza foi utilizado para efetuar comparação entre os locais de amostragens. Os resultados demonstraram valores levemente maiores para o igarapé Toco Preto (P1) com  $45,48 \pm 1,48$ , enquanto a menor riqueza ocorreu em P2 – igarapé Primavera  $41,39 \pm 1,45$ . Os pontos P3 – igarapé Grauaçu e P4 – igarapé Estreito apresentaram valores de  $43,58 \pm 1,55$  e  $44,03 \pm 1,20$ , respectivamente (Figura 8-9). Destaca-se que os valores de riqueza observada apresentaram-se dentro dos devios estimados pelo modelo Chao2.



**Figura 8-9. Comparação da riqueza observada com o estimador Chao2 para cada um dos pontos de coleta amostrados no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos.**

As 10 espécies mais abundantes na área, apresentaram frequências diferentes em termos sazonais, com grupos de espécies apresentando abundâncias mais elevadas no período de estiagem e outras no período chuvoso. A espécie *S. herzbergii* representou 19,8% do total capturado, sendo o táxon dominante na região do estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, que compõem a porção central do Golfão Maranhense. Táxons como *G. luteus* e *S. proops* apresentaram valores de abundância muito próximos em ambos os períodos, entretando, 50% das espécies ocorreram com maior frequência na época de estiagem e 30% no período chuvoso (Tabela 8-2). A frequência relativa das 10 espécies mais abundantes representou 79% em relação ao total de peixes amostrados na área de estudo.

Na escala espacial, *S. herzbergii* foi a mais abundante em todos os locais de amostragens com frequências de 16,2% no P1, 17,9% no P2, 20,4% no P3 e 24,5% no P4. O taxon *B. bagre* apresentou-se como a segunda mais frequente nos pontos P2 (9,8%), P3 (13,1%) e P4 (10,3%), enquanto *S. rastrifer* foi a segunda mais frequente em P1 (12,9%).

**Tabela 8-2. Ordem de classificação (Clas), abundância (Abn), frequência relativa (FR), frequência relativa acumulada (Fr.A), abundância no período chuvoso (Ab.ch), estiagem (Ab.est) e frequência relativa por ponto de amostragem (P1, P2, P3 e P4) para as 10 espécies mais presentes no estuário do rio Perizes e no igarapé Estreito – Golfão Maranhense.**

Espécies	Clas	Abn	FR	Fr.A	Ab.ch	Ab.est	P1	P2	P3	P4
<i>S. herzbergii</i>	1	2203	19,8%	19,8%	1303	900	16,2%	17,9%	20,4%	24,5%
<i>B. bagre</i>	2	1150	10,3%	30,1%	358	792	8,4%	9,8%	13,1%	10,3%
<i>M. ancylodon</i>	3	1087	9,8%	39,8%	437	650	10,9%	9,7%	11,2%	7,3%
<i>S. rastrifer</i>	4	1061	9,5%	49,4%	497	564	12,9%	8,2%	7,3%	9,0%
<i>C. spixii</i>	5	895	8,0%	57,4%	503	392	8,8%	8,4%	6,9%	7,8%
<i>A. rugispinis</i>	6	576	5,2%	62,6%	372	204	5,6%	4,9%	4,1%	5,9%
<i>G. luteus</i>	7	540	4,8%	67,4%	246	294	3,7%	5,2%	4,3%	6,2%
<i>B. ronchus</i>	8	451	4,0%	71,5%	199	252	3,9%	7,0%	4,1%	1,7%
<i>A. quadriscutis</i>	9	449	4,0%	75,5%	58	391	7,5%	4,0%	2,6%	1,6%
<i>S. proops</i>	10	389	3,5%	79,0%	201	188	4,2%	2,8%	4,8%	2,1%

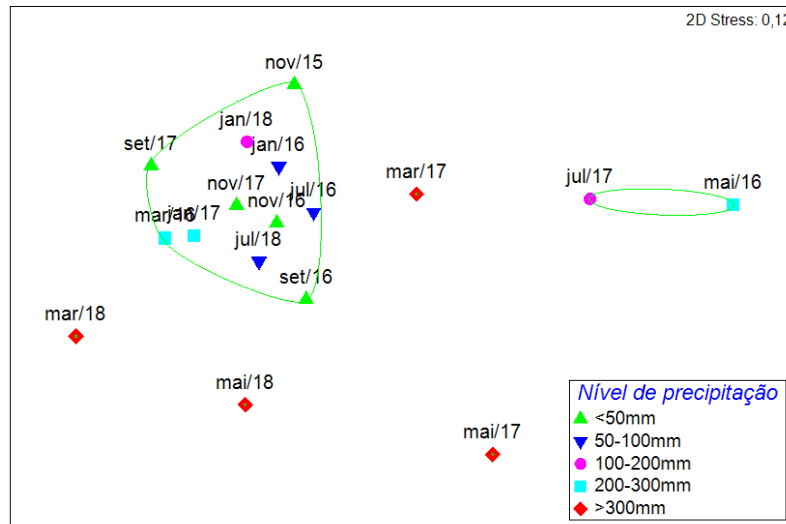
Os resultados para diversidade de Shannon e Simpson apresentaram-se bem correlacionados, tanto em termos sazonais como espacial (Tabela 8-3). As avaliações estatísticas, para a diversidade, indicaram valores significativamente maiores na época de estiagem (Teste t,  $p < 0,00$ ). A riqueza de espécies foi semelhante em ambos os períodos, porém a equitabilidade apresentou valores mais elevados no período de estiagem (Teste t;  $p < 0,05$ ), alinhado com a maior diversidade.

Quanto aos pontos de amostragens, a diversidade (Shannon e Simpson) apresentou-se mais elevada nos trechos mais a montante do estuário (Pontos P1 e P2), quando comparados ao Igarapé Estreito (P4) trecho de menor diversidade (Teste t;  $p < 0,01$ ). A riqueza, por ponto, também apresentou diferenças significativas (KW,  $p < 0,05$ ), onde o P2 registrou valores mais baixos quando comparado ao P1. A equitabilidade foi mais expressiva no P2, quando comparado ao P4 (ANOVA,  $p < 0,01$ ), resultado bem associado à variação da diversidade.

**Tabela 8-3. Resultados da diversidade de Shannon-Wiener (H), Simpson ( $\lambda$ ), Riqueza (S) e Equitabilidade (J) tanto em termos sazonais como espaciais. Letras diferentes, para cada tipo de avaliação, sinalizam diferenças estatísticas ( $\alpha = 0,05$ ).**

Tipo de avaliação		H	$\lambda$	S	J
Sazonal	Chuvoso	2,73 <sup>a</sup>	0,896 <sup>a</sup>	46 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,71 ± 0,008 <sup>a</sup>
	Estiagem	2,8 <sup>b</sup>	0,916 <sup>b</sup>	46 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,007 <sup>b</sup>
Espacial	P1	2,78 <sup>a</sup>	0,914 <sup>a</sup>	44 ± 2,0 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,012 <sup>ab</sup>
	P2	2,81 <sup>a</sup>	0,918 <sup>a</sup>	40 ± 1,0 <sup>b</sup>	0,76 ± 0,011 <sup>a</sup>
	P3	2,76 <sup>ac</sup>	0,906 <sup>b</sup>	42 ± 1,0 <sup>ab</sup>	0,74 ± 0,011 <sup>ab</sup>
	P4	2,72 <sup>bc</sup>	0,896 <sup>c</sup>	43 ± 0,0 <sup>ab</sup>	0,72 ± 0,010 <sup>b</sup>

A análise de ordenação do MDS, a partir da matriz de abundância de espécies ao longo de todo o período amostral, permitiu identificar a composição dos taxons associados a eventos de precipitação na região. Foi possível observar a formação de 2 grupos, onde a intensidade das chuvas, na região, foi o principal fator regulamentador da ocorrência e distribuição. Desta forma, o grupo 1 foi constituído, predominantemente, pelos meses com precipitações muito baixas (<50 mm) a baixas (50-100 mm), enquanto o grupo 2 foi constituído por meses com níveis de precipitações de intermediárias (100 – 200 mm) a altas (200 – 300 mm). Percebeu-se o isolamento total dos meses de março e maio para os anos em que os níveis de precipitações foram muito elevados (>300 mm), sinalizando uma composição bem distinta da ictiofauna para esses períodos (Figura 8-10).



**Figura 8-10. Análise de ordenação MDS para abundância dos peixes em função dos meses de amostragem.**

Uma análise SIMPER foi efetuada com o intuito de verificar as espécies que mais contribuíram para a distinção dos grupos relacionados às precipitações muito baixas (<50 mm) e muito elevadas (>300 mm) (Tabela 8-4). Desta forma, teve-se a pescada amarela (*C. acoupa*) como a maior contribuinte para a dissimilaridade entre estes grupos com maior ocorrência média nos meses de níveis de chuva menores que 50 mm. O pacamãõ (*L. surinamensis*) foi a segunda espécie que mais contribuiu para a dissimilaridade entre os grupos, com maior presença nos períodos em que as precipitações estavam muito elevadas (>300 mm). No geral, a maior parte dos táxons que contribuíram para a diferença entre os grupos apresentaram abundâncias mais elevadas nos meses de precipitação inferiores a 50 mm (setembro e novembro).

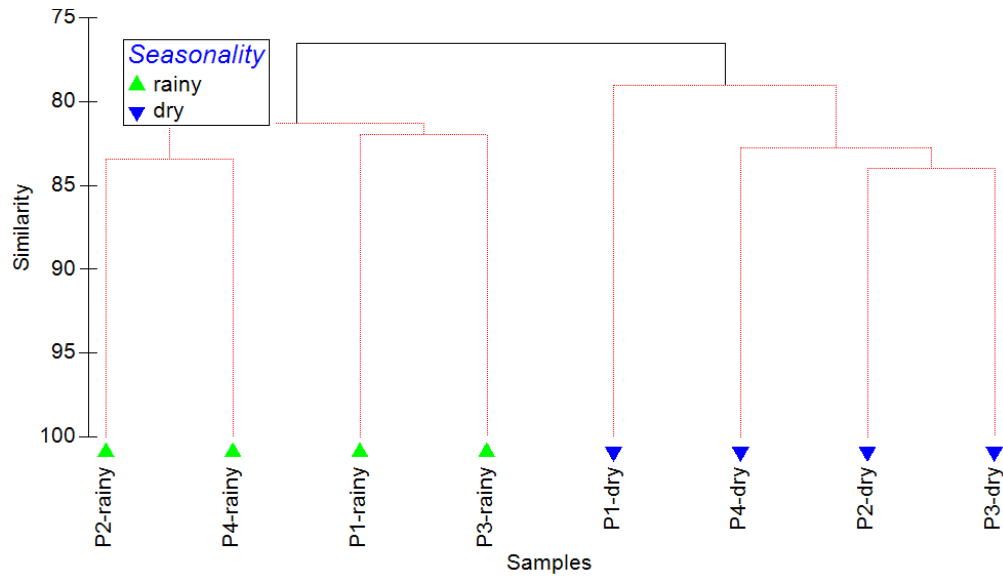
**Tabela 8-4. Análise SIMPER para dissimilaridade entre os grupos de precipitação menores que 50 mm e maiores que 300 mm. Av. Ab – abundância média (ind/mês); Av. Diss – dissimilaridade média; Contrib% - porcentagem de contribuição; Cum% - porcentagem acumulada.**

Grupo de dissimilaridade - <50 mm x >300 mm					
Espécies	Av. Ab - <50mm	Av. Ab >300mm	Av. Diss	Contrib%	Cum.%
<i>C. acoupa</i>	6,15	1,52	1,73	3,84	3,84
<i>L. surinamensis</i>	3,16	4,36	1,56	3,46	7,31
<i>M. furnieri</i>	4,84	1,01	1,51	3,35	10,66
<i>P. nodosus</i>	0	4,29	1,49	3,31	13,97
<i>A. rugispinis</i>	5,47	3,87	1,4	3,12	17,09
<i>A. lineatus</i>	6,52	2,55	1,38	3,07	20,15
<i>O. niloticus</i>	0	3,77	1,34	2,99	23,15
<i>M. atlanticus</i>	3,82	5,9	1,33	2,96	26,11
<i>B. bagre</i>	7,74	5,48	1,32	2,93	29,04
<i>N. bonilai</i>	3,63	5,28	1,3	2,9	31,94

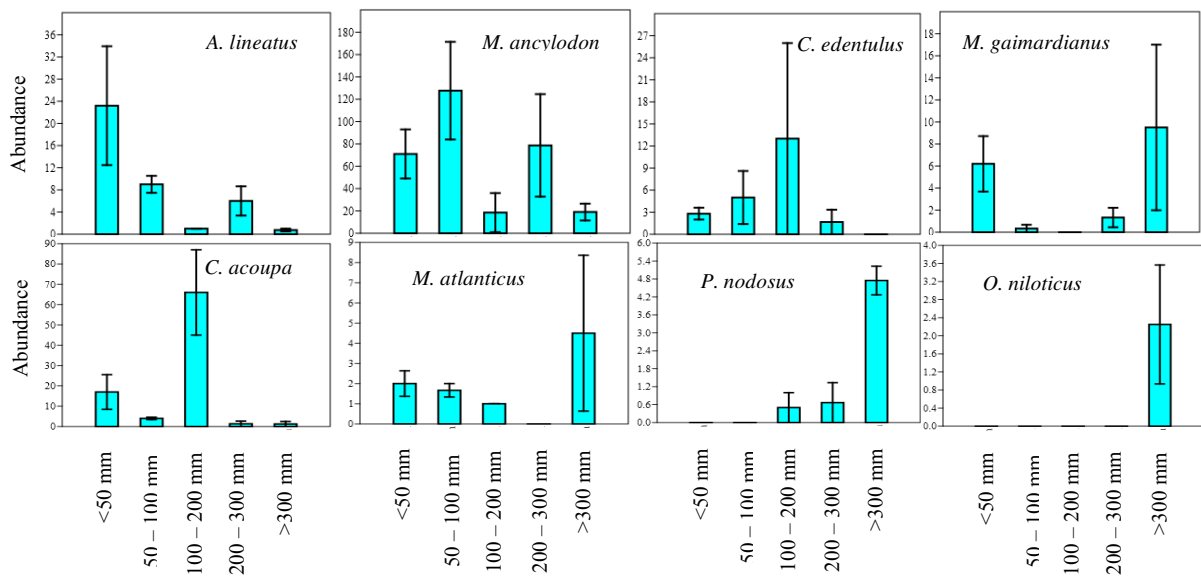
Grupo de dissimilaridade - <50 mm x >300 mm					
Espécies	Av. Ab - <50mm	Av. Ab >300mm	Av. Diss	Contrib%	Cum.%
<i>A. anableps</i>	5,51	2,79	1,29	2,87	34,81
<i>C. spixii</i>	7,14	4,59	1,24	2,76	37,57
<i>B. surinamensis</i>	1,15	3,63	1,22	2,71	40,28
<i>C. edentulus</i>	3,46	0	1,2	2,66	42,95
<i>M. curema</i>	4,04	4,79	1,16	2,59	45,54
<i>A. quadriscutis</i>	6,33	5,38	1,16	2,58	48,11
<i>C. parallelus</i>	1,42	3,24	1,13	2,53	50,64

A análise de agrupamento, efetuada por ponto de coleta, evidenciou a formação de dois grupos (Figura 8-11), que foram confirmados pela análise SIMPROF ( $\alpha = 0,05$ ), onde o grupo 1 foi constituído pelos 4 locais de amostragem no período chuvoso e o grupo 2 pelos 4 pontos de coleta no período de estiagem (ANOSIM,  $R = 0,76$ ;  $p < 0,029$ ). Através da análise SIMPER, detectou-se que as espécies *O. palometa*, *A. quadriscutis*, *C. acoupa*, *N. bonillai* e *S. naso*, apresentam-se como as principais contribuintes para dissimilaridade entre os grupos formados, com contribuições de 4,96%, 4,66%, 4,42%, 3,79%, 3,70%, respectivamente.

A análise PERMANOVA indicou que oito das 52 espécies registradas na região são influenciadas pela intensidade das chuvas. Os táxons *A. lineatus*, *C. edentulus* e *C. acoupa* apresentaram preferências significativas pela ocorrência, na área, em épocas de baixos índices pluviométricos (Figura 8-12). A população de *M. atlanticus*, *P. nodosus* e *O. niloticus* apresentaram abundâncias significativamente mais elevadas para os períodos de intensas precipitações, concentrados entre março e maio, durante os anos avaliados. A espécie *M. gaimardianus* apresentou padrão diferenciado das demais, com ocorrência tanto nas condições de baixíssimas precipitações como no período onde as chuvas foram muito elevadas. No caso de *M. ancylodon* observou-se abundância significativa do táxon tanto nas condições de baixa precipitação quanto nas intermediárias, sinalizando maior ocorrência da espécie, na área de estudo, em todo o segundo semestre do ano, bem como em todos os locais de amostragens.



**Figura 8-11. Análise de agrupamento para abundância dos peixes em função dos locais de amostragem. A marcação na figura indica o resultado da análise SIMPROF para formação dos grupos hierárquicos ao nível de 5% de significância.**



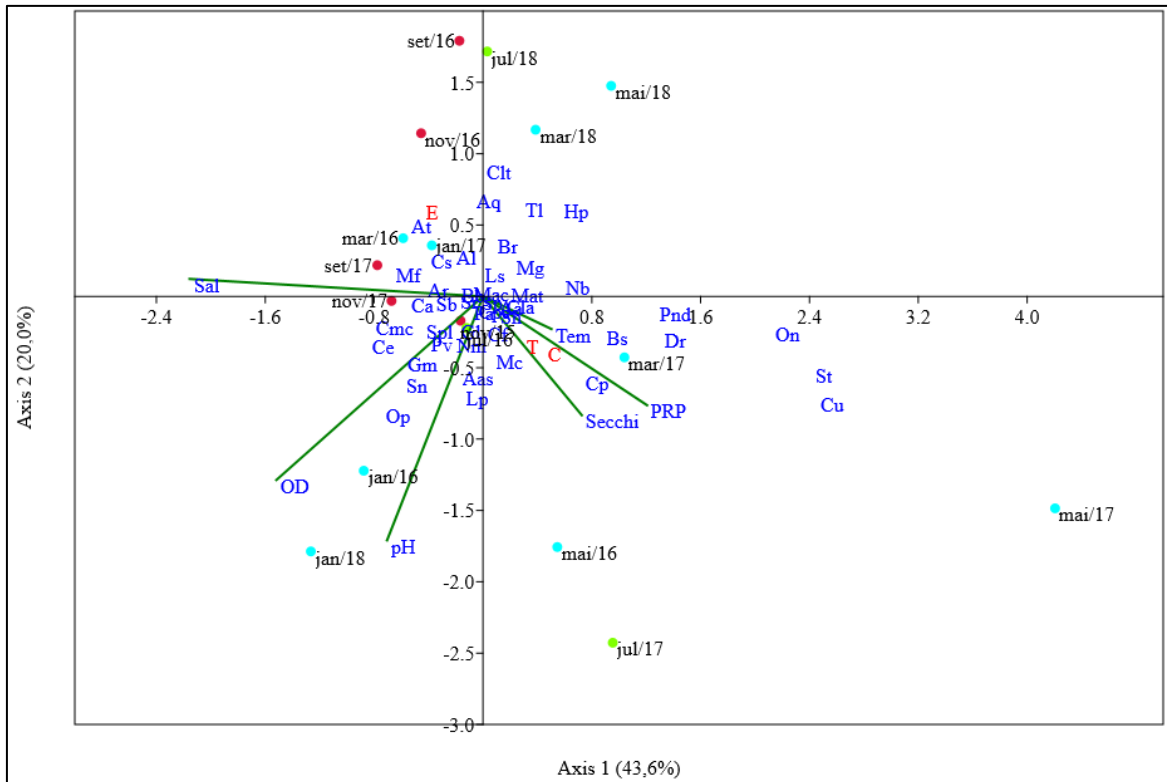
**Figura 8-12. Resultados da análise PERMANOVA para a distribuição das espécies de peixes que apresentaram diferenças significativas quanto a ocorrência no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos em função das diferentes categorias relacionadas ao acumulado mensal de chuvas.**

A CCA apresentou autovalores de 0,16 e 0,07 para os eixos 1 e 2 da análise, respectivamente, com isso, o primeiro e o segundo eixo modelaram 43,6% e 20,0% dos dados das espécies, resultando em uma variação percentual acumulada de 63,6%, cujos resultados estão representados na Figura 8-13. Percebe-se uma distinção entre os grupos de estiagem (E) e chuvoso (C), com o período de transição apresentando características

intermediárias que fazem com que este grupo fique vinculado ora ao período de estiagem, como no caso de julho/16 ou ao período chuvoso, como no caso de julho/17 e julho/18. Variáveis como salinidade, oxigênio dissolvido e pH apresentaram-se vinculadas ao grupo de estiagem, enquanto precipitação e transparência ao grupo chuvoso. A temperatura devido ao pequeno comprimento do vetor indicou pouca importância na análise. Destaca-se que os meses de janeiro (durante os três anos) e março/16, embora sejam categorizados como período chuvoso, enquadraram-se ao grupo de estiagem.

As espécies *A. tibicen*, *M. furnieri*, *C. spixii*, *A. rugispinis*, *S. brasiliensis* e *C. acoupa*, apresentaram maior correlação aos elevados valores de salinidade. Já *O. palometa*, *S. naso*, *G. micrura*, *C. edentulus*, *C. microlepidotus*, *S. brasiliensis*, *P. virginicus*, *S. plagusia* e *G. luteus* estiveram mais associados aos elevados valores de oxigênio. Os representantes de *L. piquitinga*, *A. aspredo* e *N. micros* apresentaram maiores abundâncias associados aos elevados valores de pH. No contexto geral, todas essas espécies já citadas ficaram vinculadas ao grupo estiagem o qual é caracterizado por águas mais salinas, oxigenadas e com pH mais básico.

Para o grupo chuvoso, as espécies *C. faber* e *M. curema* apresentaram-se associadas aos elevados valores de transparência, enquanto *C. undecimalis*, *S. testudineus*, *O. niloticus*, *P. nodosus*, *C. parallelus*, *B. surinamensis* e *D. rhombeus* apresentam maior correlação aos maiores valores de precipitação. Representantes de *H. plecostomus*, *T. lepturus* e *C. latus*, devido a baixa abundância ou no caso de *A. quadriscutis* devido a ocorrência constante ao longo do ano com tendência de maior abundância nos meses de março e maio, acabaram apresentando baixa correlação aos valores de chuva, porém, ficaram vinculadas ao grupo chuvoso.



**Figura 8-13. Análise de Correspondência Canônica (CCA) associando as variáveis abióticas aos valores de abundância das espécies de peixes amostradas no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos. Sal – salinidade; OD – oxigênio dissolvido; Tem – temperatura; Secchi – transparência; PRP - precipitação E – grupo estiagem; T – grupo transição; C – grupo chuvoso; *B. bagre*(Bb), *A. anableps*(Aa), *A. lineatus*(Al), *A. quadriscutis*(aq), *A. rugispinis*(Ar), *A. tibicen*(At), *A. aspredo*(Aas), *B. ronchus*(Br), *B. surinamensis*(Bs), *C. acoupa*(Ca), *C. edentulus*(Ce), *C. faber*(Cf), *C. leiarchus*(Cla), *C. microlepidotus*(Cmc), *C. parallelus*(Cp), *C. psittacus*(Cps), *C. spixii*(Cs), *C. latus*(Cl), *C. undecimalis*(Cu), *D. rhombeus*(Dr), *G. luteus*(Gl), *G. micrura*(Gm), *H. plecostomus*(Hp), *L. piquitinga* (Lp), *L. surinamensis*(Ls), *M. ancylo don* (Mac), *M. atlanticus*(Mat), *M. curema*(Mc), *M. furnieri*(Mf), *M. gaimardianus*(Mg), *N. micros*(Nm), *N. bonillai*(Nb), *O. palometa*(Op), *O. niloticus*(On), *P. atherinoides*(Pa), *P. virginicus*(Pv), *P. nodosus*(Pnd), *S. brasiliensis*(Sb), *S. herzbergii*(Sh), *S. naso*(Sn), *S. plagusia*(Spl), *S. proops*(Sp), *S. rastrifer*(Sr), *S. testudineus*(St), *T. lepturus*(Ti)**

## DISCUSSÃO

As amostragens, com uso de redes de emalhe fixa do tipo tapagem, em pontos localizados em uma região central o Golfão Maranhense, caracterizados pela dinâmica de massas de água de duas baías, permitiram o registro de 11 ordens, 29 famílias e 52 espécies. As famílias mais representativas do ponto de vista da riqueza e abundância foram os Sciaenidae, Ariidae, Mugilidae, Tetraodontidae e Engraulidae. Percebeu-se, em um contexto geral, que os Sciaenidae caracterizam-se como a família com maior riqueza e os Ariidae com maior contribuição em abundância e biomassa.

A dominância das famílias Sciaenidae e Ariidae é consistente com os resultados encontrados em outros estuários nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Chao et



al., 2015; Dantas et al., 2016; Silva et al., 2018). Ambas as famílias são compostas por espécies generalistas que normalmente habitam fundos moles de areia e lama (Menezes e Figueiredo, 1980; Le Bail et al., 2000). Assim, a predominância dessas famílias pode estar associada às condições favoráveis encontradas nos substratos dos ambientes estuarinos da região, formados principalmente por areia e lama (Morais, 1977; Souza-Filho, 2005).

De acordo com Blaber (2002) em estuários tropicais e subtropicais, exceto no Indo-Oeste do Pacífico, é comum a predominância da família Sciaenidae. Este grupo ictiofaunístico tolera ampla faixa de salinidade, permitindo-lhes, inclusive, habitar zonas estuarinas sob forte efeito de águas fluviais (Matos e Lucena, 2006).

A família Ariidae apresenta considerável tolerância para áreas com águas turvas e com ampla faixa de salinidade o que justifica sua dominância na assembleia de peixes ao longo de sua distribuição mundial (Barletta e Blaber, 2007). Desta forma, na área mais central do Golfão é esperada a dominância de Sciaenidae e Ariidae devido aos intensos efeitos da descarga fluvial oriundo dos rios Mearim, Pindaré e Itapecuru, associado às condições de macro-maré. Estes agentes elevam a turbidez e modelam a salinidade a valores bem distintos, sobretudo em termos sazonais, conforme observado nos resultados abióticos.

No contexto histórico para a área de estudo, destaca-se o trabalho de Martins-Juras (1989), cujas amostragens efetuadas próximas as regiões portuárias maranhenses, sinalizou os Sciaenidae, Carangidae, Ariidae e Gerreidae como famílias com maior número de espécies. Em número de indivíduos predominaram Ariidae, Pomadasyidae, Mugilidae e Sciaenidae e em peso destacaram-se: Ariidae, Mugilidae, Sciaenidae e Tetraodontidae. Dentre as espécies pelágicas ocorreram aquelas das famílias Mugilidae e Carangidae. Sendo assim, as amostragens no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos, ainda apresenta padrões semelhantes ao de uma ictiofauna registrada há 30 anos.

Almeida et al. (2008), efetuando amostragens em áreas do Golfão Maranhense, registraram 30 espécies de peixes distribuídas em 18 famílias e 517 exemplares. Os representantes da família Ariidae e Sciaenidae também dominaram as capturas. Levantamentos efetuados na ilha dos Caranguejos, região com status de conservação, foram registrados 8 ordens, 19 famílias e 32 espécies, onde as famílias com maior número de indivíduos foram Anablepidae, Ariidae, Sciaenidae e Tetraodontidae (Carvalho-Neta e Castro, 2008). Silva et al. (2018) estudando a assembleia de peixes em áreas portuárias do Golfão Maranhense registrou 56 espécies com amplo domínio de *G. luteus*, *S. proops*, *M.*

*ancylodon*, *B. ronchus*, *B. bagre*, *M. gaimardianus*, *S. herzbergii*, *S. janeiro*, ou seja, padrão semelhante ao presente, estudo em termos de composição, com espécies pertencentes a família Haemulidae, Ariidae, Scianidae, Mugilidae e Clupeidae. Assim, os resultados da literatura, acumulado ao presente estudo, sinalizam que a área investigada tem sido caracterizada por uma fauna típica, sempre com mesmo padrão de dominância de espécies quando comparado a outros estuários do Golfão, conferindo a região um status de ambiente conservado, constituído por uma ictiofauna abundante.

O esforço amostral efetuado na área de estudo apresentou-se muito compatível com os estimadores de riqueza, com a curva de rarefação apresentando-se próximo de uma estabilização para valores assintóticos. Mérigot et al. (2017) estudando a assembleia de peixes em estuários do nordeste do Brasil não encontraram estabilização para a curva de rarefação, enfatizando tratar-se de casos esperados em comunidades naturais em função do efeito causado pelas espécies raras. Nesta perspectiva, os resultados encontrados no presente estudo demonstram esforço amostral compatível para o tipo de arte de pesca utilizado, com espécies que representam bem a amplitude da fauna de peixes do Golfão Maranhense

Cabe ressaltar que a riqueza encontrada no estuário do rio Perizes, certamente, é muito inferior ao que poderia ser registrado caso houvesse a ampliação da área de estudo, pois, conforme Pasquaud et al. (2015), o tamanho do estuário influencia as assembleias de peixes, e, a dimensão da região investigada é relativamente pequena quando comparado ao contexto do Golfão, representando no máximo 5,0% do total de estuários existentes nesta área, uma vez que, pelo menos 20 estuários, podem ser observados no entorno do Golfão a partir da visualização de imagens de satélite.

A ictiofauna registrada no estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos foram dominados por poucas espécies, conforme também já observado em outras áreas nacionais e internacionais (Akin et al., 2005, Maes et al., 2005, Elliott et al., 2007, Hossain et al., 2012 Mérigot et al., 2017). Das 52 espécies encontradas, 10 representaram quase 80% do total de peixes capturados na área. Isso ocorre porque a maioria dessas espécies é parcial ou totalmente dependente dos manguezais, que é o habitat dominante nos estuários tropicais, usada para todo ou parte de seu ciclo de vida (Blaber, 2008). Destaca-se, ainda nesta linha, que 30,5% do total de indivíduos capturados na área são categorizadas como migrantes marinhas (conforme definição de Elliott et al., 2007) o que denota grande contribuição deste sistema estuarino no que diz respeito à conectividade, produção e

gerenciamento da pesca marítima. Logo, em cenários de perda de habitats de manguezal, seguida de um aumento da pressão da pesca para a região, surgiriam potenciais efeitos negativos, inclusive, sobre a pesca marinha do litoral maranhense.

Os valores de diversidade encontrados no presente estudo foram, em média, superiores aos registrados por Silva et al. (2018), próximos a regiões portuárias do Golfão Maranhense, o que é esperado devido as intensas interferências antrópicas que ocorrem na porção sudoeste da ilha de São Luís, que tende a intensificar a dominância de pequenos grupos nos sistemas estuarinos. Trabalhos efetuados por Carvalho-Neta et al. (2012); Castro et al. (2018), Santos et al. (2019) têm evidenciado contaminação em água e sedimentos como resultado de atividades antrópicas na área portuária do Golfão Maranhense, incluindo alterações hepáticas e branquiais atribuídas a contaminantes em peixes. Tal cenário sinaliza potencial condição de expansão desses contaminantes para as regiões próximas à área de estudo, denotando certo grau de vulnerabilidade das espécies distribuídas em um trecho do Golfão que ainda apresenta status de conservação.

A diversidade de Shannon - Wiener (H) apresentou correlação positiva com a Equitabilidade (J), porém, não apresentou variações alinhadas às mudanças na abundância e riqueza. Em estudos efetuados por Hossain et al. (2012) no estuário do rio Meghna também foi observado relação semelhante entre diversidade e equitabilidade. Os maiores valores de diversidade registrados nos pontos P1 e P2 refletem as características deste trecho do estuário, o qual, por ser uma zona mais abrigada acaba sendo atrativo para um maior número de táxons, sobretudo, em fases mais juvenis. Os menores valores de equitabilidade observado no P4 podem ser explicados pela maior presença do *S. herzbergii*, espécie dominante na área, cujas maiores abundâncias foram encontradas nesta porção mais externa da área de estudo.

A observação integrada dos resultados evidencia que apenas os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram alterações significativas em função da localização e características dos locais de amostragens. No caso da riqueza percebeu-se diferenças estatísticas entre os pontos a montante (P1 e P2) com valores mais expressivos no P1. Em conversas informais com pescadores locais foi relatada a intensa atividade pesqueira no P2, sendo evidenciado durante as pesquisas de campo. A pressão pesqueira registrada no igarapé Primavera (P2), possivelmente refletiu a menor riqueza de espécies. Esta percepção das comunidades tradicionais, no caso dos pescadores, deve ser obrigatoriamente, levadas em consideração no desenvolvimento de possíveis políticas para

a gestão regional da pesca, sendo algo já destacado em princípios internacionais como no caso da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos (UNESCO, 2005). Em termos sazonais a maior diversidade ocorreu nos meses de estiagem, época em que tanto as espécies dominantes como as raras fizeram-se mais presentes, em termos de abundância.

Estudos na costa brasileira mostram que as assembleias de peixes 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 (Barletta-Bergan et al., 2002 ; Barletta et al., 2003, 2008; Vilar et al., 2011). No presente estudo foi detectada significativa influência do fator sazonal para a abundância e composição da ictiofauna entre os locais de amostragem. Entretanto, na escala temporal foi necessário efetuar uma microanálise, pois as evidências de variação da abundância e composição ictiofaunística foram significativas apenas para os períodos de intensas precipitações, concentradas, normalmente, entre os meses de março e maio, e não, ao período chuvoso por completo. Willems et al. (2015), também evidenciaram pouca variação temporal para a ictiofauna na plataforma continental interna de Suriname, mesmo ocorrendo uma nítida sazonalidade em vários parâmetros ambientais durante o estudo, o que sugere a necessidade de análises mais detalhadas.

Padrões sazonais de composição da ictiofauna também foram evidenciados em outros estuários amazônicos, como, por exemplo, na região do Pará (Mourão et al., 2015), na Baía de São Marcos (Silva et al., 2018), bem como em estuários fora do Brasil, no caso da região sul de Portugal (Veiga et al., 2006 ) e em Bangladesh (Hossain et al., 2012). Neste último, com as intensas precipitações sendo considerado o elemento responsável pelas significativas variações na abundância e composição ictiofaunística.

A interação de diversos fatores físicos e biológicos tende a influenciar a ocorrência, distribuição, abundância e diversidade de peixes tropicais estuarinos. Entre as variáveis ambientais, a salinidade da água, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e suas flutuações regulares ou irregulares, em diferentes escalas de tempo, foram identificados como determinantes na ecologia dos peixes estuarinos (Blaber, 2000, Hossain et al., 2012, Mérigot et al., 2017). No presente estudo a Análise CCA indicou baixo impacto da temperatura como modeladora da distribuição da fauna de peixes na área de estudo, algo esperado para zonas equatoriais cuja amplitude térmica sazonal tende a ser pouco expressiva. Resultado semelhante foi observado por Hossain et al. (2012) estudando a assembleia de peixes em um estuário tropical.

A concentração de oxigênio dissolvido é outro fator importante que desencadeia a distribuição das espécies no estuário podendo afetar a sobrevivência de peixes especialmente juvenis e alevinos (Maes et al., 2004). Sendo assim, espécies como *O. palometa*, *S. naso* e *G. luteus*, mais abundantes no período de estiagem, tendem a aproveitar períodos de elevada oxigenação da água para realizar, na área de estudo, suas atividades de reprodução, alimentação e crescimento.

Várias espécies apresentaram correlação positiva com salinidade e com as precipitações, indicando que há uma mudança de composição na área, sobretudo, em termos de abundância, para os táxons ligados a cada uma dessas variáveis ambientais, com presenças de espécies dulcícolas como *O. niloticus*, *H. plecostomus* em épocas de intensas precipitações e grande presença dos Clupeiformes e Perciformes associados às maiores salinidades, que se concentrou entre os meses de setembro e novembro, com inclusão de janeiro. Steichen e Quigg (2018) também evidenciaram correlação significativa da salinidade com a abundância de várias espécies em estuários no Golfo do México. Destaca-se que boa parte das espécies pertencentes a ordem Siluriformes, devido a grande abundância na área, em todos os meses amostrais, acabou não se apresentando correlacionada às variáveis abióticas, com a maior parte das espécies localizando-se no ponto central do gráfico da CCA.

A partir da relação entre as categorias dos meses (chuvoso, estiagem e transição) às variáveis ambientais, foi possível perceber que grupos percentences a categoria chuvosa como no caso do mês de janeiro (2016, 2017 e 2018) e março/2016 apresentaram composição semelhante aos meses de estiagem. Esta condição demonstra que estudos de distribuição e composição da ictiofauna não podem ser avaliados a partir de generalizações, mas, também, levando em consideração características peculiares que podem ocorrer na área de estudo, cujas evidências nem sempre são cíclicas, mas atrelado a elementos em diferentes escalas, como, por exemplo, o tempo meteorológico, que altera a intensidade de chuva para um mesmo mês considerando escalas interanuais e até mesmo eventos globais de circulação oceânica associada ao El Niño e La Niña.

Gurdek e Acuña-Plavan (2017) destacam a necessidade de considerar a variabilidade ambiental e os ciclos de vida das espécies de peixes ao abordar a variabilidade temporal em ambientes estuarinos. Pois, alguns táxons formam cardumes e procuram áreas estuarinas para realizar suas atividades, com isso, picos sazonais podem ser atribuídos à chegada de juvenis de muitas espécies marinhas que usam ecossistemas de

águas rasas como viveiros. Esta discussão aplica-se bem a espécie *O. palometa* categorizada como migrante marinha (Mourão et al., 2014), com baixa frequência na área de estudo, porém, em janeiro/2018, início do período chuvoso, apresentou elevada abundância, com 90% dos exemplares sendo registrados para aquele mês, em relação a todo o período amostral, com ocorrência superior a 60% de indivíduos em estágios muitos avançados de desenvolvimento gonadal, com comprimento médio de  $23,5 \pm 4,8$  cm e peso de  $120,94 \pm 75,4$  g. Nos registros anteriores a janeiro/18 a média de comprimento e peso foi bem inferior (16,1 cm e 39,9g), inclusive com indivíduo apresentando tamanho de 5,5cm sinalizando o uso da área tanto para a reprodução como alimentação e crescimento.

Atenção especial deve ser dada ao *O. niloticus*, considerada exótica (Troca e Vieira, 2012), com ocorrência na região de estudo durante os meses de intensa chuva. Percebeu-se um avanço desta espécie nos dois últimos anos de amostragem, pois não houve registro de exemplares em 2016, já em 2017 houve captura no mês de maio, com exemplares de  $10,95 \pm 0,52$  cm de comprimento e  $25,9 \pm 3,26$  g de peso. No ano de 2018 a amostragem deste táxon ocorreu nos meses de março e maio ( $17,3 \pm 2,02$  cm e  $112,51 \pm 47,14$  g) inclusive com registro no P4, estreito dos Mosquitos, onde a salinidade tende a ser mais elevada. Os valores de comprimento foram, em média, inferiores aos definidos por Azevedo et al. (2012) para o comprimento médio de primeira maturação de *O. niloticus*, na bacia do Bacanga, sinalizando tratar-se de indivíduos juvenis que utilizam a área para alimentação e abrigo.

A distribuição do *O. niloticus* reflete grande influência das precipitações, permitindo o avanço desta espécie a outros estuários do Golfão. A intensidade do regime de chuva, seguindo o mesmo critério estabelecido em Possamai et al. (2018) e a partir dos dados de Ocean Niño Index (Golden Gate Weather Services, 2019), esteve fortemente atrelado aos eventos de el niño e la niña, com ausência da espécie, na área de estudo, nos anos de intenso el niño (2015-2016) e ampla distribuição, com ocorrência no estreito dos Mosquitos, em anos de fraco el niño e de la niña moderada (2017-2018). Este cenário sinaliza certa vulnerabilidade da região do Golfão a possíveis episódios de mudanças climáticas, tornando imperativa a continuação dos estudos na área, de forma a compreender o padrão de ocupação desta espécie exótica neste trecho da Amazônia Oriental.

Entende-se, por necessário, a concentração de esforços na ampliação de pesquisas com base em avaliações espaciais e temporais, sobretudo, em regiões pouco

conhecidas, como no caso da Amazônia Oriental, de modo a esclarecer até que ponto padrões sazonais e as características espaciais, influenciam nas assembleias de peixes, pois os *insights* sobre migrações relacionados, por exemplo, a desova pode ser relevante para o gerenciamento da pesca e manutenção dos estoques, os quais muitos ainda são desconhecidos.

## CONCLUSÃO

O estuário do rio Perizes e estreito dos Mosquitos foram dominados pelos Sciaenidae, em termos de riqueza e pelos Ariidae, em termos de abundância e biomassa. A espécie *S. herzbergii* foi a mais abundante, seguido do *B. bagre* e *M. ancylodon*.

A avaliação histórica da ictiofauna sinaliza uma composição típica de peixes que se mantem, a mais de 30 anos, na área. Esta condição caracteriza os sistemas estuarinos investigados, como região com aparente status de área conservada.

A diversidade de peixes mostrou-se mais elevada nas áreas a montante (P1 e P2). O igarapé Toco Preto (P1) indicou distribuição mais equitativa das espécies quando comparado aos trechos mais a jusante. Os demais parâmetros bióticos e abióticos não apresentaram diferenças na escala espacial.

Fatores sazonais apresentaram significativa influência nos parâmetros abióticos, bem como nas variações de abundância dos peixes. Destacou-se mudanças sazonais em termos de composição da ictiofauna, com grupo de espécies associadas a elevados valores de salinidade e outras correlacionadas às maiores concentrações de chuva. A análise de similaridade indicou que a abundância de peixes na área de estudo apresentou diferenças significativas nos meses em que as precipitações mensais foram superiores a 300mm.

Os resultados encontrados representam grande contribuição para o conhecimento da diversidade de peixes de uma região amazônica pouco investigada, servindo de subsídio para as políticas de ordenamento pesqueiro, proteção da biodiversidade, das comunidades tradicionais e das gerações futuras, as quais são abordagens discutidas e publicadas por órgãos internacionais, como no caso da UNESCO, através da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos.

## REFERÊNCIAS

- AKIN, S.; BUHAN, E.; WINEMILLER, K. O.; YIMAZ, H. Fish assemblage structure of Koycegiz Lagoon-Estuary, Turkey: spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation. **Estuar. Estuar. Coast. Shelf Sci.**, 64, pp. 671-684. 2005. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.03.019
- ALMEIDA, Z. S. **Os recursos pesqueiros marinhos e estuarinos do Maranhão: biologia, tecnologia, socioeconômica, estado de arte e manejo**. Tese (Doutorado). Museu Paraense Emilio Goeldi, Universidade Federal do Para, Belém. 2008. 283 p.
- ARAUJO, E. P.; LOPES, J. R.; CARVALHO FILHO, R. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia Maranhense. In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.) **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação**. Belém – PA. Museu Paraense Emílio Goeldi. 34-43. 2011.
- ATTRILL, M. J; DEPLEDGE, M. H. Community and population indicators of ecosystem health: Targeting links between levels of biological organization. **Aquat Toxicol** 38: 183-197. 1997.
- AZEVEDO, J. W. J.; CASTRO, A. C. L.; SOARES, L. S.; SILVA, M. H. L.; FERREIRA, H. R.; MAGALHÃES, L.A. Comprimento médio de primeira maturação para a tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758 (PERCIFORMES: CICHLIDAE) capturado na bacia do Bacanga, São Luís, MA. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, 25(1): 49-54. 2012
- BARLETTA, M.; AMARAL, C. S.; CORREA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V.; LORENZI, L.; SAINT-PAUL, U. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical estuary. **Journal of Fish Biology** 73:1314-1336. 2008.
- BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U.; HUBOLD, G. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). **Marine Ecology Progress Series** 256:217-228. 2003.
- BARLETTA, M.; BLABER, S. J. M. Comparison of fish assemblage and guilds in tropical habitats of the Embley (Indo-West Pacific) and Caeté (Western Atlantic) estuaries. **Bull. Mar. Sci.**, 80, 647–680. 2007.
- BARLETTA-BERGAN, A.; BARLETTA, M. & SAINT-PAUL, U. Structure and seasonal dynamics of larval fish in the Caeté river estuary in north Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 54:193-206. 2002.
- BLABER, S. J. M. ‘Fish in hot water’: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. **Journal of Fish Biology**, 61, (Supplement A), p. 1–20. 2002.
- BLABER, S. J. M. Fish and fisheries of tropical estuaries. Chapman & Hall, **Fish and Fisheries Series**, 22 London. 388 p. 1997. (ISBN 978-0-412-78500-9).



BLABER, S. J. M. **Tropical Estuarine Fishes: Ecology, Exploitation and Conservation** Blackwell Science Ltd, 2000. <https://doi.org/10.1002/9780470694985.fmatter>

BORJA, Á.; DAUER, D. M.; ELLIOTT, M.; SIMENSTAD, C.A. Medium-and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: patterns, rates and restoration effectiveness **Estuaries Coasts**, 33, pp. 1249-1260. 2010. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12237-010-9347-5>

CARVALHO-NETA, R. N. F.; TORRES JR, A. R. & ABREU-SILVA, A. L. Biomarkers in Catfish *Sciades herzbergii* (Teleostei: Ariidae) from Polluted and Non-polluted Areas (São Marcos' Bay, Northeastern Brazil). **Applied Biochemistry and Biotechnology** 166(5):1314-1327. 2012.

CASTRO, A. L. C; ESCHRIQUE, S. A; SILVEIRA, P. C. A; AZEVEDO, J. W. J; FERREIRA, H. R. S; SOARES, L. S; MONTELES, J. S; ARAÚJO, M. C; NUNES, J. L; SILVA, M. H. L. Physicochemical properties and distribution of nutrients on the inner continental shelf adjacent to the Gulf of Maranhão (Brazil) in the Equatorial Atlantic. **Applied ecology and environmental research** 16(4): 4829-4847. 2018. [http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604\\_48294847](http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1604_48294847)

CASTRO, J. S.; FRANÇA, C. L.; FERNANDES, J. F. F.; SILVA J. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; TEIXEIRA, E. G. Biomarcadores histológicos em brânquias de *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) capturados no Complexo Estuarino de São Marcos, Maranhão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 70(2):410-418. 2018.

CERVIGÓN, F., CIPRIANI, R., FISCHER, W., GARIBALDI, L., HENDRICKX, M., LEMUS, A.J., MÁRQUEZ, R., POUTIERS, J.M., ROBAINA, G.; RODRIGUEZ, B. **Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca: guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América**. FAO, Rome, p. 1-513. 1992.

CHAO, A. Estimating the population size for capture - recapture data with unequal catchability. **Biometrics** 43, 783 - 791. 1987.

CHAO, N. L.; LUCENA FRÉDOU, F.; HAIMOVICI, M.; PERES, M. B.; POLIDORO, B.; RASEIRA, M.; SUBIRÁ, R.; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure-extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology and Conservation** 4:117-126. 2015.

CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Software PRIMERv6: User Manual/Tutorial**. Plymouth. 91 p. 2001.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. **Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation**. United Kingdom: Natural Environment

COLWELL, R. K.; MAO, C. X.; CHANG, J. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. **Ecology** 85:2717-2727. 2004.

DANTAS, N. C. F. M.; SILVA JÚNIOR, C. A. B.; FEITOSA, C. V.; CARNEIRO, P. B. M. Seasonal influence of drifting seaweeds on the structure of fish assemblages on the

eastern equatorial Brazilian coast. **Brazilian Journal of Oceanography** 64(4):365-374. 2016.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo.** . 41. 2017. DOI: 10.4000/echogeo.15017

ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K.; POTTER, I. C.; BLABER, S. J. M.; CYRUS, D. P.; NORDLIE, F. G.; HARRISON, T. D. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. **Fish Fish.**, 8, pp. 241-268. 2007. DOI: 10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES N. A. **Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. Universidade de São Paulo, São Paulo. 1980.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)**. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

FISCHER, W. **FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (fishing area 31)**. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 7 volumes não paginados. 1978.

FROESE, R.; PAULY, D. Editors. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (04/2019). 2019.

GLASER, M.; DIELE, K. Asymmetric outcomes: assessing the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecol. Econ.**, 49, pp. 361-373. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.01.017>

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. El Niño and La Niña Years and Intensities. Based on Oceanic Niño Index (ONI) (2017). Updated August, 2019. Available in. <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Access in: September 24-2019.

GURDEK, R.; ACUÑA-PLAVAN, A. Temporal dynamics of a fish community in the lower portion of a tidal creek, Pando sub-estuarine system, Uruguay. **Iheringia, Série Zoologia** 107:e2017003. 2017.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaentologia Electronica** 4(1): 9p. 2003.

HOSSAIN, M. S.; GOPAL, N.; SARKER, S.; RAHAMAN, M. Z. Fish diversity and habitat relationship with environmental variables at Meghna river estuary, Bangladesh. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**. Volume 38, Issue 3, 2012, Pages 213-226. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2012.12.006>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – plataforma BDMEP**. Disponível em: [www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep). Acesso em ago/2019.

ISAAC, V. J.; SANTO, R. V. E.; BENTES, B.; FRÉDOU, F. L.; MOURÃO, K. R. M.; FRÉDOU, T. An interdisciplinary evaluation of fishery production systems off the state of Pará in North Brazil. **J. Appl. Ichthyology**, 25, pp. 244-255, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01274.x>

LE BAIL, P. Y.; KEITH, P. & PLANQUETTE, P. **Atlas des poissons d'eau douce de Guyane: Tome 2, fascicules 1 & 2**. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle. 307p. 2000.

LI, X.; JONGE, V.N. Estuaries and coastal areas in times of intense change. **Ocean Coast. Manag.**, 108, pp. 1-2, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.002>

MAES, J.; STEVENS, M.; OLLEVIER, F. The composition and community structure of the ichthyofauna of the upper Scheldt estuary: synthesis of a 10-year data collection (1991-2001) **J. Appl. Ichtyol**, 21, pp. 86-93. 2005. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2004.00628.x

MAES, J.; VAN DAMME, S.; MEIRE, P.; OLLEVIER, F. Statistical modeling of seasonal and environmental influences on the population dynamics of an estuarine fish community. **Marine Biology**, 145, p. 1033-1042. 2014.

MARTINS JURAS, I. A. G. M. **Ictiofauna estuarina da Ilha do Maranhão (MA – Brasil)**. 184 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

MATOS, I. P.; LUCENA, F. Descrição da pesca da pescada-amarela, *Cynoscion acoupa*, da costa do Pará. **Arqui. Ciên. Mar**, 39, 66-73. 2006.

MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV Teleostei (3)**. São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 96p. 1980.

MERIGOT, B.; LUCENA FRÉDOU, F.; PONTES VIANA, A.; PADOVANI FERREIRA, B.; COSTA JUNIOR, E. DO N; SILVA JÚNIOR, C. A. B.; FRÉDOU, T. Fish assemblages in tropical estuaries of northeast Brazil: A multi-component diversity approach. **Ocean & Coastal Management**. Volume 143, 1 July, Pages 175-183. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.004>

MORAIS, J. O. Processos de sedimentação na Baía de São Marcos, Estado do Maranhão, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar** 17(2):153-164. 1977.

MOURÃO, K. R. M.; FERREIRA, V.; LUCENA-FRÉDOU, F. Composition of functional ecological guilds of the fish fauna of the internal sector of the Amazon Estuary, Pará, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 86(4): 1783-1800. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201420130503>.

MOURÃO, K. R. M.; FRÉDOU, T.; FRÉDOU, F. L. Spatial and seasonal variation of the ichthyofauna and habitat use in the inner portion of the Brazilian Amazon Estuary. **Boletim do Instituto de Pesca** 41(3):529-545. 2015.

ORIBHABOR, A. E.; OGBEIBU, B. J. The Ecological Impact of Anthropogenic Activities on the Predatory Fish Assemblage of a Tidal Creek in the Niger Delta, Nigeria. **Res. J. Environ. Sci.**, 4, pp. 271 – 279. 2010. DOI: 10.3923/rjes.2010.271.279

POSSAMAI, B.; VIEIRA, J. P.; GRIMM, A. M.; GARCIA, A. M. Temporal variability (1997-2015) of trophic fish guilds and its relationships with El Niño events in a subtropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. vol. 202 (5). pages 145-154. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.12.019>

POTTER, I. C.; TWEEDLEY, J. R.; ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. **Fish Fish.**, 16, pp. 230-239. 2015. <https://doi.org/10.1111/faf.12050>.

SANTOS, D. C. C; AZEVEDO, J. W. J; FERREIRA, H. R. S; FRANÇA, V. L; SOARES, L. S; PINHEIRO, J. R. JR; REBÊLO, J. M. M; SILVA, M. H. L; CASTRO, A. C. L. Metal levels in water and the muscle tissue of fishes in the Cachorros river, São Luís island, state of Maranhão, Brazil. **Applied ecology and environmental research** 17(4):8037-8047. 2019.

SILVA, M. H. L.; TORRES JÚNIOR, A. R.; CASTRO, A. C. L.; AZEVEDO, J. W. J.; FERREIRA, C. F. C.; CARDOSO, R. L.; NUNES, J. L. S.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Fish assemblage structure in a port region of the Amazonic coast. **Iheringia. Série Zoologia**, 108, e2018018. Epub June 11, 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2018018>

SOUSA, E. R.; CASTRO, A. C. L. C.; AZEVEDO, J. W. J.; ARAUJO, G. M. C. Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra em áreas propostas para a implantação de unidades de conservação no município de Bacabeira-MA. **Espacios**. Vol. 37 (Nº 12). 2016. <https://www.revistaespacios.com/a16v37n12/16371227.html>

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, 23(4), 427-435. 2005. <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400006>

STEICHEN, J. L.; QUIGG, A. Fish species as indicators of freshwater inflow within a subtropical estuary in the Gulf of Mexico. **Ecological Indicators** Volume 85, Pages 180-189. 2018.

TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67(5):1167-1179. 1986.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a climatologia**. Ed. Geographica, 234p. 2008.

TROCA, D. F. A.; VIEIRA, J. P. Potencial invasor dos peixes não nativos cultivados na região costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, 38(2): 109 – 120. 2012.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA. **Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos**.

Cátedra Unesco da Universidade de Brasília/Sociedade Brasileira de Bioética. Brasília. 12p. 2005.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 168p.

VEIGA, P.; VIEIRA, L.; BEXIGA, C.; SÁ, R. & ERZINI, K. Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 70:27-38. 2006.

VIANA, A. P.; LUCENA FRÉDOU, F.; FRÉDOU, T.; TORRES, M. F.; BORDALO, O. Fish fauna as an indicator of environmental quality in an urbanised region of the Amazon estuary. **Journal of Fish Biology**, vol. 76, no. 3, p. 467-486. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02487.x>.

VIANA, A. P.; FRÉDOU, F. L.; FRÉDOU, T. Measuring the ecological integrity of an industrial district in the Amazon estuary, Brazil. **Mar. Pollut. Bull.** 64, pp. 489 - 499, 2012. 10.1016 / j.marpolbul.2012.01.006

VILAR, C. C.; SPACH, H. L.; JOYEUX, J. C. Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. **Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom** 91(3):635-648. 2011.

WILLEMS, T.; DE BACKER, A.; MOL, J. H.; VINCX, M.; HOSTENS, K. Distribution patterns of the demersal fish fauna on the inner continental shelf of Suriname. **Regional Studies in Marine Science**. Vol. 2, Pages 177-188. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2015.10.008>

WOLANSKI, E.; ELLIOT, M.; **Estuarine Ecohydrology**. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands 2007. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Estuarine%20Ecohydrology&publication\\_year=2007&author=E.%20Wolanski](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Estuarine%20Ecohydrology&publication_year=2007&author=E.%20Wolanski)

## 9 CAPÍTULO 3: METAL LEVELS IN WATER AND THE MUSCLE TISSUE OF FISHES IN THE CACHORROS RIVER, SÃO LUÍS ISLAND, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL

ARTIGO DA TESE PUBLICADO NA REVISTA **APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH** 17(4): 8037-8047. 2019.

SANTOS, D. C. C.<sup>1</sup> – AZEVEDO, J. W. J.<sup>2,3</sup> – FERREIRA, H. R. S.<sup>4</sup> – FRANÇA, V. L.<sup>1</sup> – SOARES, L. S.<sup>1</sup> – PINHEIRO, J. R. JR.<sup>2</sup> – REBÊLO, J. M. M.<sup>3</sup> – SILVA, M. H. L.<sup>3</sup> – CASTRO, A. C. L.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil  
(phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>2</sup>*Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil  
(phone: +55-98-3272-8561)*

<sup>3</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede Bionorte, Doutorado, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil  
(phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>4</sup>*Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Mestrado, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil  
(phone: +55-98-3272-8563)*

*\*Corresponding author  
e-mail: alec@ufma.br; phone: +55-98-3272-8563*

(Received ; accepted )

**Abstract.** The present study evaluates physicochemical variables, perform a microbiological analysis as well as determine heavy metal concentrations in the water and muscle tissue of fishes from the Cachorros River. The analysis of metal concentrations in the estuarine water revealed high levels of Fe and Al, with values above the limits established by Brazilian legislation. The concentration of total coliforms and thermotolerant coliforms tended to be higher in the rainy season. Regarding metal concentrations in the muscle tissue of fishes, high levels of Pb and Cd were found, especially in carnivorous and detritivorous species, with values above the limits established by national legislation. Two-factor analysis of variance revealed that only Pb demonstrated a significant interaction between seasonality and the feeding habits of the fish fauna, with higher concentrations of this metal in the dry season among detritivorous species in comparison to herbivorous species. The present findings demonstrate the contamination pattern that has been occurring in the Cachorros River, as evidenced by the concentration of trace metals in both the water and muscle tissue of fishes, which are an important source of protein as well as an economic resource for the population of this river basin.

**Keywords:** *estuarine fish, metal levels, microbiological contamination, physicochemical variables, health risk*

### Introduction

A large portion of the world's population lives in urban centers near estuarine coastlines, which places anthropogenic pressure on water resources due to the demands

and wastes of such populations (Cunha et al., 2005; Carmo et al., 2011; Barbosa, 2006). It is estimated that approximately 75% of the world's population will be living within 160 km of a coastline by the year 2025 (Moura, 2009). Thus, urbanization and industrialization have made the issue of the contamination of aquatic environments increasingly critical (Simões, 2007; Curcho, 2009). In Brazil, disorderly urbanization, the increase in the population and the indiscriminate construction over of natural areas have led to progressive environment degradation, which is directly associated with the health status of populations that reside around affected areas (Sanches Filho et al., 2013).

Estuaries and coastal regions are often used for the disposal of urban and industrial effluents, leading to the contamination of freshwater and marine life by diverse pollutants. From the public health standpoint, the degree of contamination of these ecosystems poses a risk to the river communities that use such water for the purposes of aquaculture, recreational fishing and leisure activities (Castro, 2009).

Pollution by trace metals constitutes a major source of contamination in aquatic environments. These elements are non-biodegradable and tend to accumulate in the tissues of living organisms, the consequences of which include the decimation of the biota and the intoxication of living beings throughout the food chain, which can eventually reach humans (Castro et al., 1999). Trace metals are chemically highly reactive, which explains the difficulty in finding these metals in their pure state in nature, since concentrations are normally very low and associated with other chemical elements.

Estuarine pollution can be evaluated by an analysis of trace metals found in the water, sediment and aquatic organisms. The characteristics of teleost fish, such as the rate at which they accumulate metals, abundance, sampling ease and adequate size for tissue analysis, make these organisms effective indicators of pollution in estuarine environments.

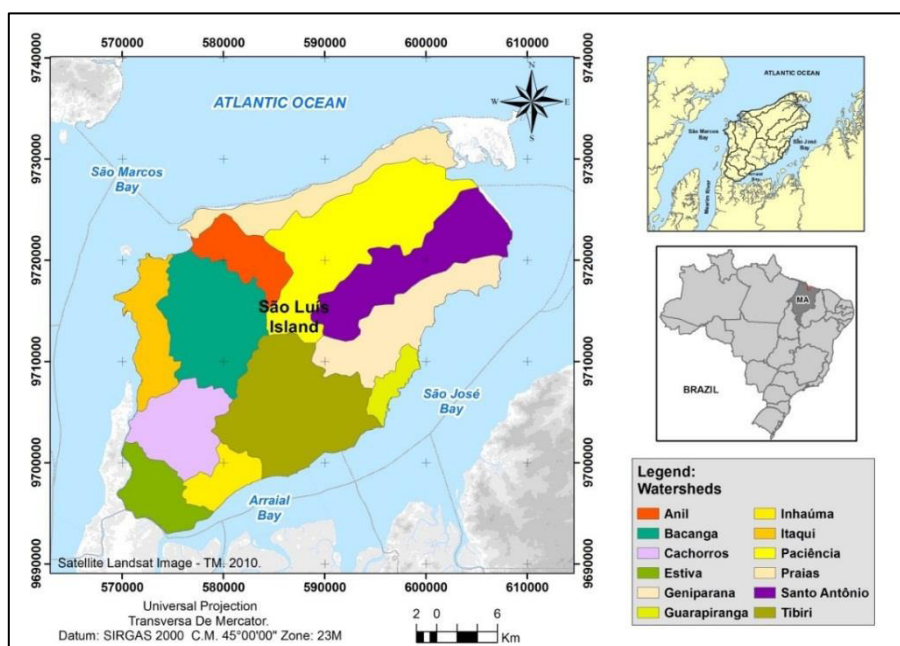
According to Lins et al. (2010), the close relationship between water quality and numerous illnesses that affect populations is widely known. It is therefore necessary to determine the source, mechanism of action and consequences of contaminants in aquatic environments. Exposure to industrial waste can affect human health in the form of headaches, nausea, skin irritation and lung irritation as well as serious reductions in neurological and hepatic functions (Moraes and Jordão, 2002). Thus, there is a need for research directed at the acquisition of knowledge regarding the environmental transformations that stem from the contamination of aquatic ecosystems as well as implications regarding the health of surrounding communities to assist in decision-making processes and the formulation of effective management policies.

The aims of the present study were to evaluate physicochemical variables, perform a microbiological analysis and determine heavy metal concentrations in the water and muscle tissue of fishes from the Cachorros River in the city of São Luís, state of Maranhão, Brazil.

## **Materials and methods**

A large part of the watersheds on São Luis island concentrate industrial activities developed in the city of São Luís, state capital of Maranhão in northeastern Brazil. The Cachorros River is the largest estuarine river basin in the southeastern portion of the island, covering an area of 63.7 km<sup>2</sup> (Figure 9-1), most of which is in the rural zone and near large industrial enterprises, such as the Itaqui Port Complex, ENESA and VALE, as well as smaller enterprises, such as slaughterhouses and mining activities. The river empties into the Coqueiro Strait in front of the ALUMAR port, where materials used in the production of aluminum (bauxite, coke, tar, coal and lye) are unloaded and alumina loading operations occur (Castro, 2009).

The estuary of the river is considered extremely important to the populations of the villages Parnauçu, Cajueiro, Porto Grande, Limoeiro and Taim that conduct fishing activities and use the estuary for other purposes, such as navigation and recreation (Carvalho, 2011). The watershed also has mineral reserves for use in civil construction, such as sand and clay, which supply the internal market. However, mineral extractions are in need of greater control in terms of public power, as these raw materials are removed without planning or authorization (Castro and Pereira, 2012).



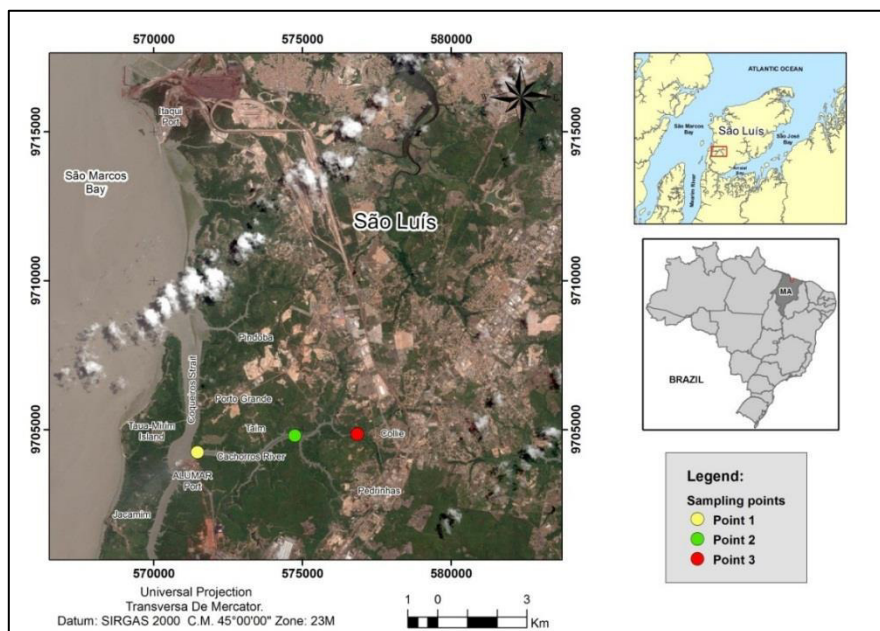
**Figure 9-1. Map of watersheds on São Luís Island, Maranhão, Brazil**

The evaluation of water quality involved the determination of physicochemical variables, a microbiological analysis and the determination of concentrations of heavy metals (Al, Fe, Zn, Cu, Cd and Pb). Four sampling campaigns were conducted in the rainy and dry seasons. Sampling was performed bimonthly from April to November 2014 at three points spatially distributed along the salinity gradient (Figure 9-2). The coordinates of the sampling points were determined using of a Global Positioning System: Point 1 – 0571470/9704228; Point 2 – 0574746/9704786; and Point 3 – 0576841/9704838.

At each sampling point, water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, dissolved oxygen ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and conductivity ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) were recorded using a HANNA HI 9828 multi-parameter kit. Turbidity (UNT) was determined using a HANNA HI 93703 turbidimeter and water transparency (cm) was determined using a SECCHI disc. Water samples were also collected 50 cm from the surface in duly labeled 500-mL glass recipients for the subsequent determination of dissolved metals. Nitric acid (1 mL) was added to each sample to maintain the physicochemical properties of the water (APHA, 2012). The samples were placed in a cooler with ice and transported to the lab for storage under refrigeration. For the subsequent analyses, an aliquot (100 mL) was removed from each sample and placed on a hot plate for chemical digestion until reaching a volume of 20 mL. Five mL of nitric acid were added every 15 min to facilitate the digestion. The samples were diluted to 100 mL with de-ionized water and filtered with a fiberglass filter with a porosity of  $0.45\ \mu\text{m}$ . Readings were performed in an atomic absorption spectrophotometer with a graphite furnace (SpectrAA240Z). Other water quality variables were determined



following the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). The collection methods and preservation of the samples followed the ABNT NBR 9897 and ABNT NBR 9898 guidelines, which stipulate the conditions for the sampling of domestic and industrial liquid effluents, sediments and water samples from receiving bodies of water.



**Figure 9-2. Map of sampling points**

For the microbiological analysis, water samples were collected approximately 50 cm from the surface, placed in sterilized beakers with a capacity of 250 mL and transferred in coolers to the Microbiology Lab of the Federal University of Maranhão (Brazil). The multiple tube method was used for the determination of the most probable number (MPN) of total and thermotolerant coliforms as well as the identification of *Escherichia coli* following the methods established by the American Public Health Association (APHA, 2005).

Fish species were acquired from local fishermen, stored in plastic packages and transported under refrigeration to the lab. The muscle tissue was removed and weighed to form five replicates of approximately 4 g each. The samples were dehydrated for 24 h at 105 °C and digested with nitric acid + water (HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O) (1:1) and 150 µL of octanol (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>O) following the recommendations proposed by Carvalho et al. (2000). The extracts were analyzed at the Soil Lab of Maranhão State University (Brazil) using atomic absorption spectrophotometry for the trace metals Al, Fe, Zn, Cu, Cd and Pb. The determination of the elemental concentrations was performed through analyses of the ash obtained by dry digestion after complete decomposition of the muscle tissue, as adapted from Jones and Case (1990) and Perkin-Elmer (1973). The solutions were analyzed in an inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer (model 720-ES, VARIAN). Specific calibration curves were used for each element and all analyses were conducted in triplicate. The blank reading was performed ten times to calculate the quantification limit (LQ) and the detection limit (LD) of the equipment, which were calculated considering the mean white signal plus 10 times the standard deviation (SD) for LQ and the mean white signal plus 3 times standard deviation (SD) to LD,, according to

definition and criteria established by the IUPAC (1997). The entire analytical procedure was tested for both measurement precision and accuracy in order to assess the degree of reliability which can be allocated to the data generated by this investigation. The precision of the method was established by a calculation of the between assay variation coefficients from data of ten independent analyses.

One-way analysis of variance (ANOVA) was used for the spatiotemporal comparison of the variables. In cases of significant values, Tukey's test was used for the association between sampling months and points. Levene's test was used to assess the equality of variances. Feeding habits of the species were defined based on information in Fishbase (Froese and Pauly, 2009) and two-way ANOVA was employed to determine possible associations between the concentration of metals in the muscle tissue of the fishes and both local seasonality and trophic level.

## Results and discussion

The distribution of dissolved metals in estuarine environments depends on the behavior of physicochemical variables and their controlling mechanisms. Many studies have demonstrated that the partition of trace metals between particulate and dissolved phases depends on factors such as pH, salinity, temperature, redox potential, dissolved organic carbon and the composition of suspended particulate matter (Hatje et al., 2003). The samples from the Cachorros River demonstrated quite homogenous physicochemical aspects on the spatial scale, with no statistically significant differences among the sampling points (ANOVA;  $p > 0.05$ ). On the temporal scale, a differentiation pattern was found for nearly all physicochemical variables ( $p < 0.05$ ). These differences mainly occurred when comparing the rainy months (April and June) to the dry months (September and November). Table 9-1 and Table 9-2 display descriptive statistics and the results of Tukey's test for the physicochemical variables in the study area on both temporal and spatial scales, respectively.

**Table 9-1. Mean and standard deviation ( $\pm$  SD) values and coefficient of variation (CV) for physicochemical variables in Cachorros River according to sampling month**

Variable	April		June		September		November	
	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV
Water temperature ( $^{\circ}$ C)	29.9 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	0.58	29.3 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	0.52	28.7 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup>	0.69	28.2 $\pm$ 0.51 <sup>c</sup>	1.02
pH	7.9 $\pm$ 0.16 <sup>abc</sup>	2.09	7.9 $\pm$ 0.11 <sup>abc</sup>	1.44	8.2 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	2.53	7.8 $\pm$ 0.29 <sup>c</sup>	0.74
Conductivity (mS/cm)	29.0 $\pm$ 2.71 <sup>a</sup>	9.35	19.3 $\pm$ 1.01 <sup>b</sup>	5.26	43.1 $\pm$ 3.49 <sup>c</sup>	7.98	49.1 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	3.60
Salinity	17.9 $\pm$ 1.91 <sup>a</sup>	10.71	29.1 $\pm$ 1.31 <sup>b</sup>	4.5	27.6 $\pm$ 2.48 <sup>b</sup>	8.99	32.3 $\pm$ 1.27 <sup>b</sup>	6.19
Total dissolved solids (mg/L)	14.6 $\pm$ 1.46 <sup>a</sup>	10.00	40.2 $\pm$ 29.8 <sup>a</sup>	74.07	21.7 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>	8.46	31.4 $\pm$ 2.89 <sup>a</sup>	3.69
Transparency (cm)	58.0 $\pm$ 11.26 <sup>a</sup>	19.43	13.3 $\pm$ 7.57 <sup>b</sup>	56.79	51.0 $\pm$ 10.53 <sup>a</sup>	20.66	32 $\pm$ 1.15 <sup>ab</sup>	39.03
Dissolved oxygen (mg/L)	5.2 $\pm$ 0.44 <sup>abc</sup>	8.46	5.4 $\pm$ 0.35 <sup>abc</sup>	6.57	4.3 $\pm$ 1.03 <sup>b</sup>	23.75	6.6 $\pm$ 12.49 <sup>c</sup>	9.10

Same letters on same line indicate statistical equality and different letters indicate significant differences

**Table 9-2. Mean and standard deviation ( $\pm$  SD) values and coefficient of variation (CV) for physicochemical variables in Cachorros River according to sampling point**

Variable	POINT 1		POINT 2		POINT 3	
	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV
Water temperature ( $^{\circ}$ C)	29.1 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	2.42	29.1 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	2.57	28.9 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>	2.74
pH	8.1 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	2.53	8.0 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	2.74	7.9 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	1.21
Conductivity (mS/cm)	37.2 $\pm$ 13.70 <sup>a</sup>	36.82	35.3 $\pm$ 14.05 <sup>a</sup>	39.73	32.8 $\pm$ 12.85 <sup>a</sup>	39.11
Salinity	28.3 $\pm$ 5.79 <sup>a</sup>	20.45	26.8 $\pm$ 6.52 <sup>a</sup>	24.29	24.9 $\pm$ 6.36 <sup>a</sup>	25.51

Variable	POINT 1		POINT 2		POINT 3	
	Mean ± SD	CV	Mean ± SD	CV	Mean ± SD	CV
Total dissolved solids (mg/L)	35.6 ± 24.48 <sup>a</sup>	68.71	20.0 ± 9.18 <sup>a</sup>	45.79	25.3 ± 11.04 <sup>a</sup>	43.65
Transparency (cm)	35.5 ± 26.75 <sup>a</sup>	75.36	43.0 ± 25.47 <sup>a</sup>	59.23	37.2 ± 10.37 <sup>a</sup>	27.84
Dissolved oxygen (mg/L)	5.9 ± 0.81 <sup>a</sup>	13.6	5.4 ± 0.98 <sup>a</sup>	18.08	4.8 ± 1.07 <sup>a</sup>	22.37

In the water column, concentrations of dissolved trace metals tend to vary by several orders of magnitude due to the large number of variables involved in the dynamics of the process, such as daily and seasonal variations in water flow, local discharges of urban and industrial effluents, variations in pH and redox conditions, detergent concentrations, salinity and temperature (Förstner and Wittmann, 1983). Despite these variations, the determination of concentrations of dissolved metals in water is a useful tool for the evaluation of the degree of contamination of a given ecosystem that has been employed by researchers throughout the world (Garbarino et al., 1995; Hurley et al., 1995, 1998; Marjanovic et al., 1995; Watras et al., 1995; Smith et al., 1996; Mastrine et al., 1999).

The analysis of metals in the estuarine water of Cachorros River revealed Fe and Al with values higher than the limits established by Brazilian legislation throughout all sampling months and points. The concentration of Cu was high at all sampling points only in September. Concentrations of Pb, Cr and Cd remained below the detection limit throughout the study (Table 9-3).

**Table 9-3. Concentrations of heavy metals (mg.L<sup>-1</sup>) in Cachorros River (limits established by CONAMA Resolution 357/05 in bold)**

Month	Sampling point	Heavy metals (mg.L <sup>-1</sup> )						
		Pb	Cr	Cd	Fe	Zn	Al	Cu
April	P1	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.108	< 0.01	0.409	< 0.005
	P2	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.11	< 0.01	0.386	< 0.005
	P3	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.158	< 0.01	0.487	< 0.005
June	P1	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.807	< 0.01	1.51	< 0.005
	P2	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.365	< 0.01	0.585	< 0.005
	P3	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.433	< 0.01	1.05	< 0.005
September	P1	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.0409	0.0105	0.0775	0.0276
	P2	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.429	< 0.01	0.371	0.0222
	P3	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.114	< 0.01	0.109	0.0192
November	P1	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.819	< 0.01	0.967	< 0.005
	P2	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.349	< 0.01	0.633	< 0.005
	P3	< 0.01	< 0.01	< 0.005	0.732	< 0.01	1.2	< 0.005
Limit - CONAMA Resolution 357/05		<b>0.21</b>	<b>1.1</b>	<b>0.04</b>	<b>0.3</b>	<b>0.12</b>	<b>0.1</b>	<b>0.005</b>

Total and thermotolerant coliforms ranged from 23 to 2400 MPN.100 mL<sup>-1</sup>, with the highest values in June (rainy season). *E. coli* was also detected in June, extending through to September at all sampling points. *E. coli* was only detected at Point 3 in November and was absent from all sampling points in April (

Table 9-4).

**Table 9-4. Most probable number (MPN) of total and thermotolerant coliforms and identification of *E. coli* throughout sampling months and points**

Sampling month/points	MPN/100 ml of total coliforms	MPN/100 ml of thermotolerant coliforms	<i>Escherichia coli</i>
April			
1	$9.3 \times 10^1$	$9.3 \times 10^1$	Absent
2	$2.4 \times 10^2$	$2.4 \times 10^2$	Absent
3	$1.1 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$	Absent
June			
1	$2.4 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$	Present
2	$2.4 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$	Present
3	$2.4 \times 10^3$	$2.4 \times 10^3$	Present
September			
1	$9.3 \times 10^1$	$9.3 \times 10^1$	Present
2	$2.3 \times 10^1$	$2.3 \times 10^1$	Present
3	$2.4 \times 10^2$	$2.4 \times 10^2$	Present
November			
1	$2.3 \times 10^1$	$2.3 \times 10^1$	Absent
2	$2.3 \times 10^1$	$2.3 \times 10^1$	Absent
3	$4.6 \times 10^2$	$4.6 \times 10^2$	Present

According to Schenone et al. (2014), fishes are good indicators of pollution by trace metals and can be used for the identification of the potential risk for human consumption. Fishes living in polluted waters can accumulate toxic trace metals through the food chain to levels that can compromise human health.

The determination of the concentration of metals in the muscle tissue of fishes caught in Cachorros River revealed Mn and Cd only in the dry season, occurring in three species. Mn was only detected in *M. curema*, whereas concentrations of Cd were found in the muscle tissue of both *C. acoupa* and *S. herzbergii* at levels above the limit established by Collegiate Board Resolution 42/13, which imposes greater restrictions in comparison to other Brazilian resolutions. Levels of Zn and Cu were higher, but below the limits established by Brazilian legislation. Zn was found in all species sampled and Cu was found in all except *G. luteus* and *M. curema*. Higher concentrations of these elements were found in the rainy season. Pb was the only metal analyzed with values above the limits established by all Brazilian legislation, with significantly higher values in the dry season for all species.

**Although there are no national laws regulating the concentrations of Fe or Al in the muscle tissue of fishes, high values were found in both the rainy and dry seasons. Fe levels were highest in *G. luteus* and *C. microlepidotus* in the rainy season, whereas the highest level in the dry season was found in *M. curema*, with concentrations twofold higher in comparison to the other species. It was not possible to analyze Al in the rainy season, but the results were notably high in the dry season, especially for *M. curema* and *C. microlepidotus*, both of which had concentrations greater than  $180.0 \text{ mg.kg}^{-1}$  (**

Table 9-5).

**Table 9-5. Concentrations of trace metals in different fish species caught in Cachorros River in rainy and wet seasons (limits established by Brazilian legislation in bold); Feeding habit: D – detritivorous; C – carnivorous; H – herbivorous**

Season	Species	Concentration of metals mg.kg <sup>-1</sup>							Feeding habit
		Mn	Zn	Pb	Fe	Al	Cu	Cd	
Rainy	<i>P. nodosu</i>	0	3.6	0.7	4.7	-	6.3	0	D
	<i>S. herzbergii</i>	0	9.5	0.0	9.3	-	1.9	0	D
	<i>G. luteus</i>	0	17.5	0.0	27.1	-	0	0	D
	<i>C. microlepidotus</i>	0	7.3	0.0	28.6	-	2.6	0	C
	<i>M. curema</i>	0	10.3	0.0	4.9	-	0	0	H
Dry	<i>C. acoupa</i>	0	5.7	6.4	6.2	69.2	0.04	0.09	C
	<i>C. microlepidotus</i>	0	3.6	8.4	5.1	185.8	0.56	0	C
	<i>S. herzbergii</i>	0	8.5	10.2	5.2	22.2	0.38	0.06	D
	<i>M. curema</i>	0.04	5.0	5.7	14.4	361.9	4.1	0	H
<b>Legislated limit (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>		-	<b>50.0<sup>b</sup></b>	<b>2.0<sup>a,b</sup></b>	-	-	<b>30.0<sup>b</sup></b>	<b>1.0<sup>a,b</sup></b>	
				<b>0.30<sup>c</sup></b>				<b>0.05<sup>c</sup></b>	

<sup>a</sup>ANVISA, Ordinance n° 685, August 27, 1998

<sup>b</sup>BRASIL, Decree n° 55.871, March 26, 1965

<sup>c</sup>Collegiate Board Resolution N° 42 from 2013

Two-way ANOVA was used to determine significant differences in metal concentrations in the muscle tissue of fishes as a function of season (dry and rainy) and feeding habit (detritivorous, carnivorous and herbivorous). The only significant interaction between factors regarded Pb, as concentrations of this metal were higher in the dry season in detritivorous species in comparison to herbivorous species (Table 9-6).

**Table 9-6. Results of two-factor ANOVA for evaluation of concentration of Pb as function of season and feeding habit**

Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )					
	SumSqrs	df	MeanSqr	F	p
Season	126.2	1	126.2	162.7	0.00104
Feeding habit	9.41	2	4.705	6.066	0.08827
Interaction	23.48	2	11.74	15.14	0.02707
Within	2.327	3	0.7756		
Total	139	8			

Knowledge on seasonal variability in the concentration of trace metals in the water and muscle tissue of fishes in estuarine environments is extremely useful to understanding the effects of human actions on transitional ecosystems and the toxicological impact on populations that depend on these fishing resources. Marine fishes constitute an important source of protein and are a representative component of the human diet for a multitude of people who live in the rural zones of coastal cities (Mziray and Kimirei, 2016). The gradual increase in industrialization and urban expansion of the Industrial District of the

city of São Luís, which potentiates the introduction of undesirable amounts of pollutants in the aquatic environment, underscores the need for studies on the determination and quantification of trace metals in different compartments and trophic levels of the aquatic biota.

Besides industrial expansion, the estuarine region of Cachorros River is submitted to other forms of environmental pressure, such as domestic sewage, effluents from agricultural activities and livestock farming and the extraction of sand. However, according to Coimbra (2003), these factors have less importance when compared to the potential risks of contamination due to industrial activities, which affect the quality of aquatic ecosystems, posing potential risks to organisms and an important portion of the local human population that depends on fishing resources as a source of income and food.

## Conclusion

The physicochemical variables of the water (temperature, pH, salinity and dissolved oxygen) only demonstrated temporal differences, thereby confirming seasonality as the determinant factor of such variations.

Concentrations of Al and Fe were high in both the water and muscle tissue of the fishes analyzed, although such concentrations could be attributed to natural processes, such as the breakdown of rocks and the transport of soils.

Concentrations of Cu and Pb were high in the water and muscle tissue of fishes, respectively, which raises concerns regarding the potential for the biomagnification of these elements and serious public health risks.

The interaction of season and feeding habits was significant with regard to the concentration of Pb in detritivorous species.

*Escherichia coli* in the water in June, September and November reveals contamination of a fecal origin due to the absence of adequate sanitation in the rural communities surrounding the Cachorros River.

Besides, further studies are needed to evaluate the extent of heavy metal contamination in sediment and other structures such as gills and liver, as well as whether feeding behavior, habitat preferences and life history patterns could influence heavy metal in fish. This study suggests a contamination of water resource due to the anthropogenic sources and a competent surveillance and monitoring program becomes extremely necessary to any attempt of managing the coastal areas in urbanized regions.

**Acknowledgements.** This study received financial support from the Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

## References

- [1] APHA (2005): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. – APHA; AWWA; WEF, Washington.
- [2] APHA (2012): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Ed. – American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF), Washington.
- [3] Barbosa, F. G. (2006): Variações temporais e espaciais de nutrientes dissolvidas e metais traço na área portuária da cidade do Rio Grande (Estuário Lagoa dos Patos - RS). Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

- [4] Carmo, C. A., Abessa, D. M. S., Neto, J. G. M. (2011): Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no Estuário de São Vicente-SP, Brasil. – *O Mundo da Saúde* 35(1): 64-70.
- [5] Carvalho, F. C. (2011): Gestão do território, lugar e conflitos socioambientais: o caso da usina termelétrica Porto do Itaqui em São Luís, MA. – Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília.
- [6] Carvalho, G. P., Cavalcante, P. R. S., Castro, A. C. L., Rojas, M. O. A. I. (2000): Preliminary assessment of heavy metals levels in *Mytella falcata* (Bivalvia, Mytilidae) from Bacanga River Estuary, São Luis, State of Maranhão, Northeastern Brazil. – *Rev. Brasil. Biol.* 60(1): 11-16.
- [7] Castro, A. C. L., Garcia, M. R. S., Cavalcante, P. R. S. (1999): Avaliação dos níveis de Cu e Zn no tecido muscular de *Mugil gaimardianus* (pisces, osteichthyes) no estuário do rio Tibiri. – *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia* 12: 23-47.
- [8] Castro, H. F. R., Pereira, E. D. (2012): Cartografia geológico-geotécnica da bacia hidrográfica do rio dos Cachorros. – *Revista Geonorte*. v. 3. n.4.
- [9] Castro, J. K. C. (2009): Avaliação de impactos ambientais causados por metais-traço em água, sedimento, material biológico, na Baía de São Marcos, São Luís, Maranhão. – Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- [10] Coimbra, A. G. (2003): Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de Coroa Grande e da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ. – Tese de Mestrado. Universidade Federal Fluminense - UFF.
- [11] Cunha, A. C., Cunha, H. F. A., Souza, J. A., Nazaré, A. S., Pantoja, S. (2005): Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado do Amapá sob Poluição Microbiológica. *Bol. Mus. Para. Emílio. Goeldi.* – Sér. Ciências Naturais 9(4): 191-199.
- [12] Curcho, M. R. S. M. (2009): Avaliação de micro e macroelementos tóxicos (Cd, Hg e Pb) e ácidos graxos, peixes disponíveis comercialmente para consumo em Cananéia e Cubatão, Estado de São Paulo. – Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [13] Förstner, U., Wittmann, G. T. W. (1983): *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. – Springer, New York.
- [14] Froese, R., Pauly, D. (eds.) (2016): *FishBase*. – World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2016).
- [15] Garbarino, J. R., Hayes, H. C., Roth, D. A., Antweiler, R. C., Rinton, T. I., Taylor, H. E. (1995): *Heavy Metals in the Mississippi River*. – US Geological Survey, Reston.
- [16] Hatje, V., Apte, S. C., Hales, L., Birch, G. F. (2003): Dissolved trace metal distributions in Port Jackson estuary (Sydney Harbour), Australia. – *Marine Pollution Bulletin* 46: 719-730.
- [17] Hurley, J. P., Cowell, S. E., Shafer, M. M., Hughes, P. E. (1998): Tributary loading of mercury to lake Michigan: importance of seasonal events and phase partitioning. – *The Science of the Total Environment* 213: 129-137.
- [18] Hurley, P. J., Benoit, J. M., Babiartz, C. L., Shafer, M. M., Andren, A. W., Sullivan, J. R., Hammond, R., Webb, D. A. (1995): Influences of watershed characteristics on mercury levels in Wisconsin rivers. – *Environmental Science and Technology* 29: 1867-1875.
- [19] Jones, J. B., Case, V. W. (1990): Sampling, Handling and Analyzing Plant Tissue Samples. – In: Westerman, R. L. (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 389-427.
- [20] Lins, J. A. P. N., Kirschnik, P. G., Queiroz, V. S., Círio, S. M. (out./dez. 2010): Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. – *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.* 8(4): 469-484.
- [21] Marjanovic, P., Miloradov, M., Cukic, Z. (1995): Heavy Metals in the Danube River Yugoslavia. – In: Salomons, W., Förstner, U., Mader, P. (eds.) *Heavy Metals: Problems and Solutions*. Springer, Berlin, pp. 301-321.
- [22] Mastrine, J. A., Bonzongo, J.-C. J., Lyons, W. B. (1999): Mercury concentrations in surface waters from fluvial systems draining historical precious metals mining areas in southeastern U.S.A. – *Applied Geochemistry* 14: 147-158.

- [23] Moraes, D. S. L., Jordao, B. Q. (2002): Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. – Rev. Saúde Pública 36(3). [http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102002000300018&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102002000300018&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 04 out. 2013.
- [24] Moura, J. F. (2009): O boto-cinza (*Sotalia guianensis*) como sentinela da saúde dos ambientes costeiros: estudo das concentrações de mercúrio no estuário Amazônico e costa norte do Rio de Janeiro. – Dissertação (Mestrado em Ciências) - FIOCRUZ, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro.
- [25] Mziray, P., Kimirei, I. A. (2016): Bioaccumulation of heavy metals in marine fishes (*Siganus sutor*, *Lethrinus harak*, and *Rastrelliger kanagurta*) from Dar es Salaam Tanzania. – Regional Studies in Marine Science 7: 72-80. DOI: 10.1016/j.rsma.2016.05.014.
- [26] Sanches Filho, P. J., Fonseca, V. K., Holbig, L. (2015): Avaliação de metais em pescado da região do Pontal da Barra, Laguna dos Patos, Pelotas-RS. – Ecotoxicol. Environ. Contam 8(1): 105-111. DOI: 10.5132/eec.2013.01.015.
- [27] Schenone, N. F., Avigliano, E., Goessler, W., Cirelli, A. F. (2014): Toxic metals, trace and major elements determined by ICPMS in tissues of *Parapimelodus valenciennis* and *Prochilodus lineatus* from Chascomus Lake, Argentina. – Microchemical Journal 112: 127-131.
- [28] Simões, E. C. (2007): Diagnóstico ambiental em manguezais dos complexos estuarinos da Baixada Santista e da Cananéia - São Paulo, no tocante a metais e compostos organoclorados. – Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- [29] Smith, S., Chen, M. H., Bailey, R. G., Williams, W. P. (1996): Concentration and distribution of copper and cadmium in water, sediments, detritus, plants and animals in a hardwater lowland river. – Hydrobiologia 341: 71-80.
- [30] Watras, C. J., Morrison, K. A., Bloom, N. S. (1995): Mercury in remote Rocky Mountain lakes of Glacier National Park, Montana, in comparison with other temperate North American regions. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1220-1228.



## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresenta grande contribuição para o conhecimento da diversidade de peixes de uma região amazônica pouco investigada, muito embora já demonstre um acentuado potencial de exploração. Também trouxe uma revisão sistemática, no contexto amazônico, sobre as publicações com temas centrados em conservação e diversidade de peixes, linkando as discussões a uma declaração internacional que ratifica a necessidade de proteção da biodiversidade, do meio ambiente e da biosfera, colocando a humanidade como grande responsável pela busca de tais objetivos. Assim, a declaração por si só já justificaria as abordagens efetuadas ao longo dos três capítulos desta Tese, a qual foi possível obter as seguintes conclusões:

- Peixes da região amazônica têm sido pouco estudados, quando comparados a outros grupos bióticos, sobretudo, com abordagens em diversidade e conservação. A implementação de parcerias institucionais, inclusive público-privada, precisam fazer parte da cultura do desenvolvimento científico, de modo a permitir a resolução de problemas cada vez mais complexos existentes na Amazônia.
- As abordagens verificadas nas publicações científicas ainda não se apresentam totalmente vinculada ao artigo 17 da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos. Aparentemente, trata-se de um contexto ainda pouco divulgado no meio científico, e, por isso, no desenvolvimento dos projetos de pesquisa, os princípios da declaração da UNESCO não têm sido explorados de forma clara e com notória amplitude.
- Muitos órgãos financiadores exigem escopos específicos a serem trabalhos nos projetos aprovados, como no caso dos objetivos de desenvolvimento sustentável – ODS, algo semelhante poderia ser implantado para os princípios da Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos.
- Com base na declaração da UNESCO e entendendo que para proteger a biodiversidade precisa-se conhecê-la exaustivamente, destaca-se que na área do Golfão Maranhense, em trechos sujeito a dinâmica das massas de água de duas baías (São Marcos e São José), predominam as famílias Sciaenidae, Ariidae, Mugilidae, Tetraodontidae e Engraulidae.

- Os resultados quando comparados a um contexto histórico demonstram padrões semelhantes para riqueza e abundância de espécies, conferindo, ao local de estudo, um aparente status de área conservada.
- Das 52 espécies encontradas, 10 representaram quase 80% do total de peixes capturados na área, padrão muito comum em estuários tropicais. Espécies migrantes marinhas apresentaram boa presença ao longo do três anos de estudo, sinalizando importante contribuição do estuário do rio Perizes para conectividade produção e gerenciamento da pesca marítima, e, por conseguinte, promovendo a renda e o sustento de populações tradicionais e menos favorecidas, conforme estabelecido nos princípios da declaração da UNESCO.
- Os resultados para os índices de diversidade foram, normalmente, superiores aos encontrados em outras áreas do Golfão, sobretudo, quando comparado aos estudos efetuados próximos de zonas portuárias. Os valores dos índices de diversidade e equitabilidade apresentaram diferenças sazonais, sendo maiores no período de estiagem, e também espaciais, mesmo se tratando de um mesmo sistema estuarino, ou seja, mesmo em uma escala espacial reduzida, com valores mais elevados nos pontos localizados mais à montante.
- Percebeu-se mudanças significativas da ictiofauna em épocas com intensas precipitações, não sendo necessariamente episódios cíclicos, dando a entender que eventos climáticos globais, por exemplo, El Niño e La Niña, podem ser grandes influenciadores dessa dinâmica.
- Existem espécies, na área, que aproveitam características sazonais para efetuar diversas atividades do seu ciclo de vida tais como reprodução, alimentação, crescimento, etc. O tibi-ro (*O. palometa*), aparentemente, utilizou a área para reprodução em janeiro de 2018, devido ao grande número de indivíduos, registrados na área, em estágios avançados de desenvolvimento gonadal.
- A espécie *O. niloticus*, descrita como exótica, de ambiente dulcícola, também foi registrada na área de estudo, com ocorrência crescente diretamente proporcional à intensidade das chuvas.

- Nas duas áreas investigadas (Perizes e rio dos Cachorros) não houve variações espaciais para os parâmetros físico-químicos da água. Fatores sazonais apresentaram-se mais determinantes nas mudanças observadas.
- Atenção deve ser dada aos elevados resultados para o alumínio e o ferro, tanto na água quanto no tecido muscular dos peixes analisados, devido a capacidade limitadora desses elementos podendo causar prejuízos para a biodiversidade e para a saúde humana. O monitoramento da área certamente permitiria entender a origem desses metais, permitindo vincular a processos naturais de intemperismo das rochas ou às atividades industriais, portuárias e de mineração que ocorrem na bacia.
- As concentrações de cobre e chumbo foram altas, tanto na água como no tecido muscular dos peixes. A partir dos resultados encontrados para os metais no rio dos Cachorros, percebe-se a necessidade de estudos mais complexos de modo a detectar possíveis efeitos de biomagnificação nas espécies *S. herzbergii* e *C. acoupa*, as quais podem ser utilizadas como bioindicadoras na área, e, a partir disso, traçar um modelo efetivo de gestão da pesca para a região do Golfão, possivelmente delimitando a intensidade de consumo dos peixes em função do nível trófico, seguindo, por exemplo, metodologias definidas pela United States Environmental Protection Agency (US – EPA).
- O chumbo apresentou valores mais elevados nas espécies com hábito detritívoro indicando potencial acúmulo desse metal no sedimento e/ou biomagnificação, já que espécies com tais hábitos tendem a remover o fundo na busca de alimentos e, sendo algumas carcinofágicas, caso do *S. herzbergii*, estariam mais vulneráveis ao processo de biomagnificação logo, trata-se de um dos “gaps” a ser resolvido em trabalhos futuros.

As informações sobre a assembleia de peixes descrita para a região central do Golfão Maranhense auxiliam no entendimento da diversidade, composição e distribuição das espécies, ao mesmo tempo, sinaliza certa vulnerabilidade quanto ao risco de contaminação, por metais pesados que a médio-longo prazo poderá acarretar sérios problemas de saúde, sobretudo, em comunidades mais carentes. A Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos, uma vez que aborda princípios associados à dignidade humana, autonomia e responsabilidade individual, consentimento, igualdade, justiça e equidade, responsabilidade social e saúde, proteção das gerações futuras, proteção do meio ambiente e da biodiversidade, entre outros, precisa ser amplamente divulgada, respeitada, aplicada,

e, possivelmente, transformada em metas, para que os órgãos gestores possam ajustar-se e trabalhar de forma alinhada aos preceitos desta Declaração da UNESCO, gerando as ferramentas necessárias para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Artigo da tese publicado na Applied Ecology and Environmental Research - 2019

De Castro: Metal levels in water and fishes in the Cachorros River, Maranhão, Brazil  
- 8037 -

### METAL LEVELS IN WATER AND THE MUSCLE TISSUE OF FISHES IN THE CACHORROS RIVER, SÃO LUÍS ISLAND, STATE OF MARANHÃO, BRAZIL

SANTOS, D. C. C.<sup>1</sup> – AZEVEDO, J. W. J.<sup>2,3</sup> – FERREIRA, H. R. S.<sup>4</sup> – FRANÇA, V. L.<sup>1</sup> – SOARES, L. S.<sup>1</sup>  
– PINHEIRO, J. R. JR.<sup>2</sup> – REBÊLO, J. M. M.<sup>3</sup> – SILVA, M. H. L.<sup>3</sup> – CASTRO, A. C. L.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil (phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>2</sup>*Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil (phone: +55-98-3272-8561)*

<sup>3</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede Bionorte, Doutorado, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580, São Luís, Maranhão, Brasil (phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>4</sup>*Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Mestrado, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 196665085-580, São Luís, Maranhão, Brasil (phone: +55-98-3272-8563)*

*\*Corresponding author*

*e-mail: alec@ufma.br; phone: +55-98-3272-8563*

*(Received 9<sup>th</sup> Jan 2019; accepted 22<sup>nd</sup> Feb 2019)*

**Abstract.** The present study evaluates physicochemical variables, perform a microbiological analysis as well as determine heavy metal concentrations in the water and muscle tissue of fishes from the Cachorros River. The analysis of metal concentrations in the estuarine water revealed high levels of Fe and Al, with values above the limits established by Brazilian legislation. The concentration of total coliforms and thermotolerant coliforms tended to be higher in the rainy season. Regarding metal concentrations in the muscle tissue of fishes, high levels of Pb and Cd were found, especially in carnivorous and detritivorous species, with values above the limits established by national legislation. Two-factor analysis of variance revealed that only Pb demonstrated a significant interaction between seasonality and the feeding habits of the fish fauna, with higher concentrations of this metal in the dry season among detritivorous species in comparison to herbivorous species. The present findings demonstrate the contamination pattern that has been occurring in the Cachorros River, as evidenced by the concentration of trace metals in both the water and muscle tissue of fishes, which are an important source of protein as well as an economic resource for the population of this river basin.

**Keywords:** *estuarine fish, metal levels, microbiological contamination, physicochemical variables, health risk*

#### Introduction

A large portion of the world's population lives in urban centers near estuarine coastlines, which places anthropogenic pressure on water resources due to the demands and wastes of such populations (Cunha et al., 2005; Carmo et al., 2011; Barbosa, 2006). It is estimated that approximately 75% of the world's population will be living within 160 km of a coastline by the year 2025 (Moura, 2009). Thus, urbanization and

## Anexo 2. Artigo publicado no Brazilian Journal of Biology – 2018

Brazilian Journal of Biology

ISSN 1519-6984 (Print)

ISSN 1678-4375 (Online)



<https://doi.org/10.1590/1519-6984.182683>

### Feeding activity of the cayenne pompano *Trachinotus cayennensis* (Cuvier 1832) (Perciformes, Carangidae) in estuaries on the western coast of the state of Maranhão, Brazil

A. C. L. Castro<sup>a,b\*</sup>, J. W. J. Azevedo<sup>a,c</sup>, H. R. S. Ferreira<sup>d</sup>, L. S. Soares<sup>a</sup>, J. R. Pinheiro-Júnior<sup>a</sup>, L. M. R. Smith<sup>a</sup> and M. H. L. Silva<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil

<sup>b</sup>Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil

<sup>c</sup>Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia, Rede BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil

<sup>d</sup>Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, Av. dos Portugueses, 1966, CEP 65080-805, São Luís, MA, Brasil

\*e-mail: [alec@ufma.br](mailto:alec@ufma.br)

Received: July 13, 2017 – Accepted: 7 Nov. 2017 – Distributed: May 31, 2019  
(With 6 figures)

#### Abstract

The present paper addresses the feeding activity of *Trachinotus cayennensis*, collected in Lençóis Bay (1°18'S – 1°19'S; 44°51'W – 44°53'W) on the western coast of the state of Maranhão, Brazil. Sampling was conducted between June 2012 and June 2013 using driftnets with stretch mesh sizes from 95 to 100 mm. A total of 205 individuals (114 females and 91 males) were analyzed. Statistically significant differences in the sex ratio were found in June, September and December 2012. Food items were analyzed based on frequency of occurrence and volumetric method, with the subsequent calculation of the alimentary importance index. Three size groups were defined to determine possible ontogenetic changes in eating habits based on the size range of the individuals collected: I (< 29 cm), II (29.1 to 37.0) and III (≥ 37.1). Eleven food item categories were identified: mollusks, polychaetes, crustaceans, nematodes, insects, algae, bryozoans, ophiuroids, fishes, vegetal matter and sediments. The variety of items in the diet of *T. cayennensis* indicates considerable feeding plasticity and opportunistic behavior. Seasonal variations influenced the feeding pattern of the species, with greater feeding activity in the dry season. The considerable availability of resources in estuarine habitats of the western coast of Maranhão constitutes another factor that influences the feeding behavior of this species.

**Keywords:** diet composition, food items, stomach, trophic pattern.

### Atividade alimentar do pampo *Trachinotus cayennensis* (Cuvier 1832) (Perciformes, Carangidae) em estuários do litoral ocidental do Estado do Maranhão, Brasil

#### Resumo

Atividade alimentar do pampo *Trachinotus cayennensis* (Cuvier 1832) (Perciformes, Carangidae) em estuários na costa ocidental do Maranhão, Brasil. O presente trabalho descreve a atividade alimentar do *Trachinotus cayennensis*, coletado na Baía de Lençóis (1°18'S – 1°19'S; 44°51'W – 44°53'W) na costa oeste do Maranhão. Amostras foram realizadas entre junho de 2012 e junho de 2013, utilizando redes de emalhar à deriva com tamanho de malha de 95 a 100 mm. Foram analisados 205 indivíduos (114 fêmeas e 91 machos). Encontraram-se diferenças estatisticamente significativas na proporção sexual nos meses de junho, setembro e dezembro de 2012. Os itens alimentares foram analisados com base na frequência de ocorrência e utilizando o método volumétrico, com o subsequente cálculo do índice de importância alimentar. Três grupos de tamanho foram definidos para determinar possíveis mudanças ontogenéticas nos hábitos alimentares com base na faixa de tamanho dos indivíduos coletados: I (< 29 cm), II (29,1 a 37,0) e III (≥ 37,1). Foram identificadas 11 categorias de alimentos: moluscos, poliquetas, crustáceos, nematoides, insetos, algas, briozoários, ophiuro, peixes, matéria vegetal e sedimentos. A variedade de itens na dieta de *T. cayennensis* indica uma plasticidade alimentar considerável e um comportamento oportunista. As variações sazonais influenciaram o padrão alimentar da espécie, com maior atividade de alimentação na estação seca. A considerável disponibilidade de recursos nos habitats estuarinos da costa oeste do Maranhão constitui outro fator que exerce influência sobre o comportamento alimentar desta espécie.

**Palavras-chave:** composição da dieta, itens alimentares, estômago, padrão trófico.



## Fish assemblage structure in a port region of the Amazonic coast

Marcelo H. L. Silva<sup>1,2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2579-5690>  
Auddílio R. Torres Júnior<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1864-2645>  
Antonio C. L. Castro<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8681-4587>  
James W. J. Azevedo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7034-4592>  
Cássia F. C. Ferreira<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8626-5007>  
Rayssa L. Cardoso<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6186-6866>  
Jorge L. S. Nunes<sup>1,2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6223-1785>  
Raimunda N. F. Carvalho-Neta<sup>1,2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3519-5237>

1. Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (BIONORTE), Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, 65080-805 São Luís, Maranhão, Brazil. (marceloh10@gmail.com)  
2. Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP), Campus Paulo VI, São Luís, Maranhão, Brazil.  
3. Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, 65080-805 São Luís, Maranhão, Brazil.

Received 27 April 2017

Accepted 15 April 2018

Published 11 June 2018

DOI: 10.1590/1678-4766e2018018

**ABSTRACT.** The fish assemblage structure in a port area in São Marcos Bay (Amazonic coast) was evaluated based on the spatial and temporal distributions to identify potential changes in response to anthropic pressure increases associated with industrial and port activities in region. The samples were taken between March 2011 and November 2015. The ichthyofauna was represented by a total of 56 species, distributed in 15 orders and 29 families. Captures were dominated by *Genyatrems luteus* (Bloch, 1790), but *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) was the most representative in terms of biomass. Seasonal distributions of fish assemblage did not reveal significant differences. However, there was a difference between catch sites, abundance, biomass and Shannon diversity index was higher in the Site 1 and evenness in Site 4. The analysis NMDS and the test ANOSIM between months and between sampling sites, based on species composition, revealed a seasonal differentiation associated with the rainy and drought months, as well as spatial differentiation, in function of a depth gradient and hydrodynamics, resulting from greater distance from mangrove areas. The low diversity recorded may be a reflection of port activities that historically occur in the area investigated. However, there was still a maintenance of regional diversity throughout the period under analysis. Thus, temporal and spatial scales become important for the detection and understanding of fish biodiversity in an Amazonian estuary, reflecting the importance of mangroves for the maintenance of the ichthyofaunistic diversity in the area. In this context, the present study may subsidize possible conservation projects in the area since information of this nature is almost non-existent for estuarine fish from the Maranhão Amazon.

**KEYWORDS.** Ichthyofauna, estuary, seasonal variability, spatial patterns, Maranhão Amazon.

**RESUMO.** Estrutura da assembleia de peixes em uma região portuária da costa amazônica. A estrutura da assembleia de peixes em uma área portuária na Baía de São Marcos (Costa Amazônica) foi analisada com base nas distribuições espaciais e temporais para identificar potenciais mudanças na resposta aos aumentos de pressão antrópica associados às atividades industriais e portuárias na região. As amostras foram realizadas entre março de 2011 a novembro de 2015. A composição da ictiofauna foi representada por um total de 56 espécies, distribuídas em 15 ordens e 29 famílias. As capturas foram dominadas por *Genyatrems luteus* (Bloch, 1790), mas *Sciades proops* (Valenciennes, 1840) foi o mais representativo em termos de biomassa. A avaliação sazonal da assembleia de peixe não revelou diferença significativa. Entretanto, houve diferença entre os locais de captura onde abundância, biomassa e diversidade de Shannon foram mais relevantes no Ponto 1 e a equitabilidade no Ponto 4. A análise NMDS e o teste ANOSIM entre os meses e entre os locais de amostragem, com base na composição de espécies, revelaram uma diferenciação sazonal associado aos meses chuvosos e de estiagem, bem como uma diferenciação espacial, em função de um gradiente de profundidade e hidrodinâmica, resultante da maior distância das áreas de mangue. A baixa diversidade registrada podem ser reflexos das atividades portuárias que historicamente ocorrem na área investigada. Porém, ainda sim, percebeu-se uma manutenção da diversidade regional, ao longo do período em análise. Assim, as escalas temporais e espaciais tornam-se importantes para detecção e compreensão da biodiversidade de peixes em um estuário amazônico, refletindo, a importância dos manguezais para a manutenção da diversidade ictiofaunística na área. Mediante este contexto, o presente estudo pode subsidiar possíveis projetos de conservação na área, uma vez que informações desta natureza são quase inexistentes para peixes estuarinos da Amazônia maranhense.

**PALAVRAS-CHAVE.** Ictiofauna, estuário, variabilidade sazonal, padrões espaciais, Amazônia maranhense.





## Anexo 4. Artigo publicado na revista Applied Ecology and Environmental Research – 2018

Castro et al.: Physicochemical properties and distribution of nutrients on the Gulf of Maranhão  
- 4829 -

### PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND DISTRIBUTION OF NUTRIENTS ON THE INNER CONTINENTAL SHELF ADJACENT TO THE GULF OF MARANHÃO (BRAZIL) IN THE EQUATORIAL ATLANTIC

CASTRO, A. L. C.<sup>1\*</sup> – ESCHRIQUE, S. A.<sup>2</sup> – SILVEIRA, P. C. A.<sup>2</sup> – AZEVEDO, J. W. J.<sup>3</sup> – FERREIRA, H. R. S.<sup>4</sup> – SOARES, L. S.<sup>2</sup> – MONTELES, J. S.<sup>5</sup> – ARAÚJO, M. C.<sup>6</sup> – NUNES, J. L.<sup>3</sup> – SILVA, M. H. L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580 São Luís, Maranhão, Brazil (phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>2</sup>*Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580 São Luís, Maranhão, Brazil (phone: +55-98-3272-8561)*

<sup>3</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal – Rede Bionorte, Doutorado, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580 São Luís, Maranhão, Brazil (phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>4</sup>*Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Mestrado, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Av. dos Portugueses, 1966, 65085-580 São Luís, Maranhão, Brazil (phone: +55-98-3272-8563)*

<sup>5</sup>*Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Mestrado, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01, 66075-110 Belém, Pará, Brazil*

<sup>6</sup>*Laboratório de Oceanografia Física Estuarina e Costeira (LOFEC), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. da Arquitetura s/n, 50740-540 Recife, Pernambuco, Brazil*

*\*Corresponding author*

*e-mail: alec@ufma.br; phone: +55-98-3272-8563*

(Received 17<sup>th</sup> May 2018; accepted 11<sup>th</sup> Jul 2018)

**Abstract.** The dynamics of the physical and chemical factors that regulate oceanographic processes on the continental shelf off the state of Maranhão (northeastern Brazil) was evaluated using a transect along São Marcos Bay (01°41'S-02°28'S and 43°47'W-44°13'W) in January, March, May, July and September 2014, with a total of seven sampling stations. Water samples were collected from the surface using a Van Dorn water sampler. The following hydrochemical variables were analyzed: water transparency (m), temperature (°C), salinity, conductivity (mS cm<sup>-1</sup>), total dissolved solids (TDS, g L<sup>-1</sup>), pH, dissolved oxygen (mg L<sup>-1</sup>), turbidity (NTU), total suspended solids (TSS) and dissolved nutrients (phosphate, nitrite and silicate). The relationship between these variables and seasonality in the region [rainy season (January to June) and dry season (July to December)] were also evaluated. For data with normality and equal variances, a one-way analysis of variance (ANOVA) was used for the spatial and temporal comparisons of the physicochemical variables. Results showed that the spatial and temporal variability of the physicochemical variables analyzed in this study is associated with local dynamics governed by river discharge, tidal movements, currents and meteorological events. The fluvial transport from the rivers of the state of Maranhão and other freshwater sources in the Amazon region are apparently the major contributors responsible for the maintenance of nutrient availability on the Maranhão continental shelf.

**Anexo 5. Carta de aceite para publicação de capítulo de livro pela editora ATENA a ser publicado em novembro/2019**



Ponta Grossa, 26 de julho de 2019.

DECLARAÇÃO DE ACEITE

Após avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta editora, tenho a honra de informar que o artigo intitulado "PARÂMETROS PRODUTIVOS DE MYTELLA CHARRUANA CULTIVADO EM MANGUEZAIS DE MACROMARÉ DA COSTA AMAZÔNICA, BRASIL" de autoria de "JOSINETE SAMPAIO MONTELES, IZABEL CRISTINA DA SILVA ALMEIDA FUNO, JAMES WERLLEN DE JESUS AZEVEDO, EDIVÂNIA OLIVEIRA SILVA, PAULO PROTÁSIO DE JESUS", foi aprovado e encontra-se no prelo para publicação no livro eletrônico "Aquicultura e Pesca: Adversidades e Resultados - Vol. 2" a ser divulgado em novembro de 2019.

Agradeço a escolha pela Atena Editora como meio de transmitir ao público científico e acadêmico o trabalho e parabeno os autores pelo aceite de publicação.

Reitero protestos de mais elevada estima e consideração.

Prof.ª Dr.ª Antonella Carvalho de Oliveira  
Editora Chefe  
ATENA EDITORA  
PREFIXO EDITORIAL ISBN 93243  
PREFIXO DOI 10.22533

## **Anexo 6. Instruções aos autores para submissão na revista Biota Neotropica ISSN 1676-0603.**

Os trabalhos submetidos à revista BIOTA NEOTROPICA devem ser enviados exclusivamente através do site de submissão eletrônica de manuscritos <http://biota.submitcentral.com.br/login.php>

Manuscritos que estejam de acordo com as normas serão enviados a assessores científicos selecionados pela Comissão Editorial. Em cada caso, o parecer será transmitido anonimamente aos autores. A aceitação dos trabalhos depende da decisão da Comissão Editorial. Ao submeter o manuscrito, defina em que categoria (Artigo, Short Communication etc.) deseja publicá-lo e indique uma lista de, no mínimo, quatro possíveis assessores(as), 2 do exterior no caso de trabalhos em inglês, com as respectivas instituições e e-mail. No caso de manuscritos em inglês, indicar pelo menos 2 revisores estrangeiros, de preferência de países de língua inglesa. O trabalho somente receberá data definitiva de aceitação após aprovação pela Comissão Editorial, quanto ao mérito científico e conformidade com as normas aqui estabelecidas. Essas normas valem para trabalhos em todas as categorias.

Desde 1º de março de 2007 a Comissão Editorial da Biota Neotropica instituiu a cobrança de uma taxa por página impressa de cada artigo publicado. A partir de 1º de julho de 2008 esta taxa passa a ser de R\$ 30,00 (trinta reais) por página impressa e publicada a partir do volume 8(3). Este valor cobre os custos de produção do PDF, bem como da impressão e envio das cópias impressas às bibliotecas de referência. Os demais custos - de manutenção do site e das ferramentas eletrônicas - continuarão a depender de auxílios das agências de fomento à pesquisa.

Ao submeter o manuscrito através do site de submissão eletrônica: a) defina em que categoria (Artigo, Short Communication etc.) deseja publicá-lo; b) indique uma lista de, no mínimo, quatro possíveis assessores(as), com as respectivas instituições e e-mail; c) no local apropriado, manifeste por escrito a concordância com o pagamento da taxa de R\$ 30,00 (trinta reais) por página impressa, caso seu trabalho seja aceito para publicação na Biota Neotropica.

No caso de citações de espécies, as mesmas devem obedecer aos respectivos Códigos Nomenclaturais. Na área de Zoologia todas as espécies citadas no trabalho devem estar, obrigatoriamente, seguidas do autor e a data da publicação original da descrição. No caso da área de Botânica devem vir acompanhadas do autor e/ou revisor da espécie. Na área de Microbiologia é necessário consultar fontes específicas como o International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.

Os trabalhos deverão ser enviados em arquivos em formato DOC (MS-Word for Windows versão 6.0 ou superior). Os trabalhos poderão conter os links eletrônicos que o autor julgar apropriados. A inclusão de links eletrônicos é encorajada pelos editores por tornar o trabalho mais rico. Os links devem ser incluídos usando-se os recursos disponíveis no MS-Word para tal. Antes de serem publicados, todos os trabalhos terão sua formatação gráfica refeita, de acordo com padrões pré-estabelecidos pela Comissão Editorial. Para cada categoria, antes de serem publicados. As imagens e tabelas pertencentes ao trabalho serão inseridas no texto final, a critério dos Editores, de acordo com os padrões previamente estabelecidos. Os editores se reservam o direito de incluir links eletrônicos apenas às referências internas a figuras e tabelas citadas no texto, assim como a inclusão de um índice, quando julgarem apropriado. O PDF do trabalho em sua formatação final será apresentado ao autor para que seja aprovado para publicação. Fica reservado ainda aos editores, o direito de utilização de imagens dos trabalhos publicados para a composição gráfica do site.

### **Editorial**

Para cada volume da BIOTA NEOTROPICA, o Editor Chefe convidará um(a) pesquisador(a) para escrever um Editorial abordando tópicos relevantes, tanto do ponto de vista científico quanto do ponto de vista de formulação de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade. O Editorial, com no máximo 3000 palavras, deverá ser escrito em português ou espanhol e em inglês. As opiniões nele expressas são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

### **Pontos de Vista**

Esta seção servirá de fórum para a discussão acadêmica de um tema relevante para o escopo da revista. A convite do Editor Chefe um(a) pesquisador(a) escreverá um artigo curto, expressando de uma forma provocativa o(s) seu(s) ponto(s) de vista sobre o tema em questão. A critério da Comissão Editorial, a revista poderá publicar respostas ou considerações de outros pesquisadores(as) estimulando a discussão sobre o tema. As opiniões expressas no Ponto de Vista e na(s) respectiva(s) resposta(s) são de inteira responsabilidade do(s) autor(es).

Ao serem submetidos, os trabalhos enviados à revista BIOTA NEOTROPICA devem ser divididos em dois arquivos: um primeiro arquivo contendo todo o texto do manuscrito, incluindo o corpo principal do texto (primeira página, resumo, introdução, material, métodos, resultados, discussão, agradecimentos e referências) e as tabelas, com os respectivos títulos em português e inglês; um segundo arquivo DOC contendo as figuras e as respectivas legendas em português e inglês. Estas deverão ser submetidas em baixa resolução (e.g., 72 dpi para uma figura de 9 x 6 cm), de forma que o arquivo de figuras não exceda 2 MBytes. Em casos excepcionais, poderão ser submetidos mais de um arquivo de figuras, sempre respeitando o limite de 2 MBytes por arquivo. É imprescindível que o autor abra os arquivos que preparou para submissão e verifique, cuidadosamente, se as figuras, gráficos ou tabelas estão, efetivamente, no formato desejado. Após o aceite definitivo do manuscrito o(s) autor(es) deverá(ão) subdividir o trabalho em um conjunto específico de arquivos, com os nomes abaixo especificados, de acordo com seus conteúdos, devem ser escritos em letras minúsculas e não devem apresentar acentos, hífen, espaços ou qualquer caractere extra. Nesta submissão final, as figuras deverão ser apresentadas em alta resolução. Em todos os textos deve ser utilizada, como fonte básica, Times New Roman, tamanho 10. Nos títulos das seções usar tamanho 12. Podem ser utilizados negritos, itálicos, sublinhados, subscritos e superscritos, quando pertinente. Evite, porém, o uso excessivo desses recursos. Em casos especiais (ver fórmulas abaixo), podem ser utilizadas as seguintes fontes: Courier New, Symbol e Wingdings.

### **Documento principal**

Um único arquivo chamado Principal.rtf ou Principal.doc com os títulos, resumos e palavras-chave em português ou espanhol e inglês, texto integral do trabalho, referências bibliográficas e tabelas. Esse arquivo não deve conter figuras, que deverão estar em arquivos separados, conforme descrito a seguir. O manuscrito deverá seguir o seguinte formato:

#### **Título conciso e informativo**

Títulos em português ou espanhol e em inglês (Usar letra maiúscula apenas no início da primeira palavra e quando for pertinente, do ponto de vista ortográfico ou de regras científicas pré-estabelecidas);

Título resumido

Autores

Nome completo dos autores com numerações (sobrescritas) para indicar as respectivas filiações

Filiações e endereços completos, com links eletrônicos para as instituições. Indicar o autor para correspondência e respectivo e-mail

Resumos/Abstract - com no máximo 350 palavras

Título em inglês e em português ou espanhol

Resumo em inglês (Abstract)

Palavras-chave em inglês (Keywords) evitando a repetição de palavras já utilizadas no título

Resumo em português ou espanhol

Palavras-chave em português ou espanhol evitando a repetição de palavras já utilizadas no título. As palavras-chave devem ser separadas por vírgula e não devem repetir palavras do título. Usar letra maiúscula apenas quando for pertinente, do ponto de vista ortográfico ou de regras científicas pré-estabelecidas.

### **Corpo do Trabalho**

#### **1. Seções**

Introdução (Introduction)

Material e Métodos (Material and Methods)

Resultados (Results)

Discussão (Discussion)

Agradecimentos (Acknowledgments)

Referências bibliográficas (References)

Tabelas

A critério do autor, no caso de Short Communications, os itens Resultados e Discussão podem ser fundidos. Não use notas de rodapé, inclua a informação diretamente no texto, pois torna a leitura mais fácil e reduz o número de links eletrônicos do manuscrito.

## **2. Casos especiais**

No caso da categoria "Inventários" a listagem de espécies, ambientes, descrições, fotos etc., devem ser enviadas separadamente para que possam ser organizadas conforme formatações específicas. Além disso, para viabilizar o uso de ferramentas eletrônicas de busca, como o XML, a Comissão Editorial enviará aos autores dos trabalhos aceitos para publicação instruções específicas para a formatação da lista de espécies citadas no trabalho. Na categoria "Chaves de Identificação" a chave em si deve ser enviada separadamente para que possa ser formatada adequadamente. No caso de referência de material coletado é obrigatória a citação das coordenadas geográficas do local de coleta. Sempre que possível a citação deve ser feita em graus, minutos e segundos (Ex. 24°32'75" S e 53°06'31" W). No caso de referência a espécies ameaçadas especificar apenas graus e minutos.

## **3. Numeração dos subtítulos**

O título de cada seção deve ser escrito sem numeração, em negrito, apenas com a inicial maiúscula (Ex. Introdução, Material e Métodos etc.). Apenas dois níveis de subtítulos serão permitidos, abaixo do título de cada seção. Os subtítulos deverão ser numerados em algarismos arábicos seguidos de um ponto para auxiliar na identificação de sua hierarquia quando da formatação final do trabalho. Ex. Material e Métodos; 1. Subtítulo; 1.1. Sub-subtítulo).

## **4. Citações bibliográficas**

Colocar as citações bibliográficas de acordo com o seguinte padrão:

Silva (1960) ou (Silva 1960)

Silva (1960, 1973)

Silva (1960a, b)

Silva & Pereira (1979) ou (Silva & Pereira 1979)

Silva et al. (1990) ou (Silva et al. 1990)

(Silva 1989, Pereira & Carvalho 1993, Araújo et al. 1996, Lima 1997)

Citar referências a resultados não publicados ou trabalhos submetidos da seguinte forma: (A.E. Silva, dados não publicados). Em trabalhos taxonômicos, detalhar as citações do material examinado, conforme as regras específicas para o tipo de organismo estudado.

## **5. Números e unidades**

Citar números e unidades da seguinte forma:

escrever números até nove por extenso, a menos que sejam seguidos de unidades;

utilizar, para número decimal, vírgula nos artigos em português ou espanhol (10,5 m) ou ponto nos escritos em inglês (10.5 m);

utilizar o Sistema Internacional de Unidades, separando as unidades dos valores por um espaço (exceto para porcentagens, graus, minutos e segundos);

utilizar abreviações das unidades sempre que possível. Não inserir espaços para mudar de linha caso a unidade não caiba na mesma linha.

## **6. Fórmulas**

Fórmulas que puderem ser escritas em uma única linha, mesmo que exijam a utilização de fontes especiais (Symbol, Courier New e Wingdings), poderão fazer parte do texto. Ex.  $a = p.r^2$  ou  $Na_2HPO_4$ , etc. Qualquer outro tipo de fórmula ou equação deverá ser considerada uma figura e, portanto, seguir as regras estabelecidas para figuras.

## **7. Citações de figuras e tabelas**

Escrever as palavras por extenso (Ex. Figura 1, Tabela 1, Figure 1, Table 1)

## **8. Referências bibliográficas**

Adotar o formato apresentado nos seguintes exemplos, colocando todos os dados solicitados, na seqüência e com a pontuação indicadas, não acrescentando itens não mencionados:

FERGUSON, I.B. & BOLLARD, E.G. 1976. The movement of calcium in woody stems. *Ann. Bot.* 40(6):1057-1065.

SMITH, P.M. 1976. *The chemotaxonomy of plants*. Edward Arnold, London.

SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1980. *Statistical methods*. 7 ed. Iowa State University Press, Ames.

SUNDERLAND, N. 1973. Pollen and anther culture. In *Plant tissue and cell culture* (H.F. Street, ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.205-239.

BENTHAM, G. 1862. Leguminosae. Dalbergiae. In *Flora Brasiliensis* (C.F.P. Martius & A.G. Eichler, eds). F. Fleischer, Lipsiae, v.15, pars 1, p.1-349.

MANTOVANI, W., ROSSI, L., ROMANIUC NETO, S., ASSAD-LUDEWIGS, I.Y., WANDERLEY, M.G.L., MELO, M.M.R.F. & TOLEDO, C.B. 1989. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi-Guaçu, SP, Brasil. In *Simpósio sobre mata ciliar* (L.M. Barbosa, coord.). Fundação Cargil, Campinas, p.235-267.

STRUFFALDI-DE VUONO, Y. 1985. *Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica de São Paulo, SP*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FISHBASE. <http://www.fishbase.org/home.htm> (último acesso em dd/mmm/aaaa)

Abreviar títulos dos periódicos de acordo com o "World List of Scientific Periodicals" (<http://library.caltech.edu/reference/abbreviations/>) ou conforme o banco de dados do Catálogo Coletivo Nacional (CCN -IBICT) (busca disponível em <http://ccn.ibict.br/busca.jsf>).

Para citação dos trabalhos publicados na BIOTA NEOTROPICA seguir o seguinte exemplo:

PORTELA, R.C.Q. & SANTOS, F.A.M. 2003. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa x altura. *Biota Neotrop.* 3(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00503022003>

(último acesso em dd/mm/aaaa)

Todos os trabalhos publicados na BIOTA NEOTROPICA têm um endereço eletrônico individual, que aparece imediatamente abaixo do(s) nome(s) do(s) autor(es) no PDF do trabalho. Este código individual é composto pelo número que o manuscrito recebe quando submetido (005 no exemplo acima), o número do volume (03), o número do fascículo (02) e o ano (2003).

## 9 - Tabelas

Nos trabalhos em português ou espanhol os títulos das tabelas devem ser bilíngües, obrigatoriamente em português/espanhol e em inglês, e devem estar na parte superior das respectivas tabelas. O uso de duas línguas facilita a compreensão do conteúdo por leitores do exterior quando o trabalho está em português. As tabelas devem ser numeradas sequencialmente com números arábicos.

Caso uma tabela tenha uma legenda, essa deve ser incluída nesse arquivo, contida em um único parágrafo, sendo identificada iniciando-se o parágrafo por Tabela N, onde N é o número da tabela.

## 10 - Figuras

Mapas, fotos, gráficos são considerados figuras. As figuras devem ser numeradas sequencialmente com números arábicos.

Na submissão inicial do trabalho, as imagens devem ser enviadas na menor resolução possível, para facilitar o envio eletrônico do trabalho para assessoria "ad hoc". O tamanho da imagem deve, sempre que possível, ter uma proporção de 3x2 ou 2x3 cm entre a largura e altura.

No caso de pranchas os textos inseridos nas figuras devem utilizar fontes sans-serif, como Arial ou Helvética, para maior legibilidade. Figuras compostas por várias outras devem ser identificadas por letras (Ex. Figura 1a, Figura 1b). Utilize escala de barras para indicar tamanho. As figuras não devem conter legendas, estas deverão ser especificadas em arquivo próprio.

Quando do aceite final do manuscrito, as figuras deverão ser apresentadas com alta resolução e em arquivos separados, que serão encaminhados diretamente a Cubomultimidia, empresa responsável pela produção dos PDFs.

As legendas das figuras devem fazer parte do arquivo texto Principal.rtf ou Principal.doc. inseridas após as referências bibliográficas. Cada legenda deve estar contida em um único parágrafo e deve ser identificada, iniciando-se o parágrafo por Figura N, onde N é o número da figura. Figuras compostas podem ou não ter legendas independentes.

Nos trabalhos em português ou espanhol todas as legendas das figuras devem ser bilíngues, obrigatoriamente, em português/espanhol e em inglês. O uso de duas línguas facilita a compreensão do conteúdo por leitores do exterior quando o trabalho está em português.

## **Anexo 7. Instruções aos autores para submissão na revista *Biodiversity and Conservation* ISSN 1572 - 9710.**

### **GERAL**

#### **Língua**

O idioma da revista é o inglês. Ortografia e terminologia em inglês britânico ou inglês americano podem ser usadas, mas qualquer uma delas deve ser seguida de forma consistente ao longo do artigo. Os autores são responsáveis por garantir a qualidade do idioma antes do envio.

#### **Espaçamento**

Coloque espaço duplo em todo o material, incluindo notas e referências.

#### **Nomenclatura**

Este não é um periódico taxonômico e não publica novos nomes científicos de espécies ou outras classificações, exceto em circunstâncias excepcionais. Os nomes corretos de organismos em conformidade com as regras internacionais da nomenclatura devem ser usados, mas as citações dos nomes dos autores devem ser omitidas, exceto em casos excepcionais em que se justificam referências bibliográficas completas à publicação original.

### **SUBMISSÃO DE MANUSCRITO**

#### **Submissão de manuscrito**

A submissão de um manuscrito implica: que o trabalho descrito não tenha sido publicado anteriormente; que não está sendo considerado para publicação em nenhum outro lugar; que sua publicação foi aprovada por todos os co-autores, se houver, e pelas autoridades responsáveis - tácita ou explicitamente - no instituto em que o trabalho foi realizado. O editor não se responsabilizará legalmente se houver pedidos de indenização.

#### **Permissões**

Os autores que desejam incluir figuras, tabelas ou passagens de texto que já foram publicadas em outros locais devem obter permissão do (s) proprietário (s) dos direitos autorais para o formato impresso e online e incluir evidências de que essa permissão foi concedida ao enviar seus trabalhos. Qualquer material recebido sem tais evidências será assumido como originário dos autores.

#### **Submissão Online**

Por favor, siga o hiperlink "Enviar online" à direita e carregue todos os seus arquivos de manuscrito seguindo as instruções fornecidas na tela.

Certifique-se de fornecer todos os arquivos de origem editáveis relevantes. Não enviar esses arquivos de origem pode causar atrasos desnecessários no processo de revisão e produção.

### **TIPOS DE ARTIGOS**

#### **Pesquisa original (9.000):**

Manuscritos baseados em dados recém-gerados que não foram publicados anteriormente ou novas análises de conjuntos de dados existentes. Os tópicos que provavelmente interessam a uma ampla gama de cientistas e conservacionistas da biodiversidade têm prioridade, embora estudos locais ou restritos a uma ou poucas espécies possam ser considerados se servirem como estudos de caso ou incluírem uma nova abordagem. Artigos que lidam com vários grupos de organismos e áreas geográficas amplas são geralmente bem-vindos. Trabalhos ecológicos ou genéticos serão considerados apenas quando contribuírem para os temas centrais da revista. Além disso, este não é um periódico taxonômico, e trabalhos que descrevam novas espécies ou proponham novos arranjos sistemáticos normalmente não serão considerados. Além disso, não devem ser incluídas citações de autores de nomes científicos. A página de título deve ser organizada como na seção "Página de título". Isso deve ser seguido por um resumo (150-250 palavras) e palavras-chave (que não estão no título). A Introdução deve colocar o trabalho em um contexto mais amplo e tornar os objetivos claros. As seções Métodos e Resultados normalmente seguem e os artigos são encerrados com uma Discussão dos resultados. Subtítulos e títulos alternativos podem ser utilizados quando apropriado. As referências devem seguir o estilo indicado em "Referências" e ser seguidas por legendas, figuras e tabelas de figuras (nessa ordem). e os artigos fecham com uma discussão dos resultados. Subtítulos e títulos alternativos podem ser utilizados quando apropriado. As referências devem seguir o estilo indicado em "Referências" e ser seguidas por legendas, figuras e tabelas de figuras (nessa ordem). e os artigos fecham com uma discussão dos



resultados. Subtítulos e títulos alternativos podem ser utilizados quando apropriado. As referências devem seguir o estilo indicado em "Referências" e ser seguidas por legendas, figuras e tabelas de figuras (nessa ordem).

#### **Artigo de revisão (12.000):**

Revisões não solicitadas são incentivadas, geralmente devem ter uma perspectiva global ou regional e podem envolver grupos específicos de organismos ou metodologias. Eles geralmente são preparados por pesquisadores experientes com um conhecimento profundo e profundo do tópico. Listas extensas de referências são esperadas. As orientações gerais fornecidas para os envios de pesquisas originais devem ser seguidas, mas o sistema de títulos e subtítulos geralmente varia de acordo com o tópico. As revisões geralmente incluem indicações de questões pendentes a serem abordadas e orientações para o trabalho futuro para elucidar essas questões. Em caso de dúvida sobre a adequação de um tópico de revisão, entre em contato com o Editor Chefe antes da preparação e envio.

#### **Revisões Convidadas (12.000):**

Revisões Convidadas são aquelas que o Editor de Revisões convidou e geralmente tratam de assuntos de interesse amplo ou tópico, ou que podem ser controversos. O Editor de Críticas faz convites com base em sua própria experiência com contribuições dos Editores Associados da revista. Caso contrário, as orientações fornecidas em "Artigo de Revisão" acima se aplicam.

#### **Resenha do Livro (12.000):**

O diário não publica mais resenhas de livros individuais como itens separados, mas combina resenhas e avisos de livros em lotes que são emitidos uma ou duas vezes por ano. Os autores que desejam enviar resenhas dos livros que receberam devem primeiro verificar com o Editor Chefe se os títulos já estão sendo cobertos. Os editores que desejam ter títulos considerados para inclusão devem enviá-los ao Editor-Chefe.

#### **Comentário (2.000):**

Comentários sobre assuntos tópicos específicos ou críticas de trabalhos publicados neste ou em outros periódicos, geralmente controversos e chamam a atenção para assuntos de interesse. Eles devem seguir as orientações gerais em "Artigos originais" e exigir um Resumo, mas a estrutura interna dependerá do tópico. Os comentários geralmente não incluem dados originais não publicados anteriormente.

#### **Carta ao Editor (1.000):**

Opiniões ou críticas que chamam a atenção para questões de interesse ou apontam erros ou inadequações nos artigos da pesquisa original publicados nesta revista ou em outras revistas são agora bem-vindas. Eles podem ser controversos, mas precisam citar evidências de apoio às opiniões expressas. Nenhum resumo é obrigatório, geralmente não são necessários cabeçalhos ou subtítulos, e as referências normalmente não devem exceder 10-15.

A contagem de palavras deve incluir título, resumo, palavras-chave, corpo do texto, figuras e tabelas, mas excluindo afiliações de autores, referências e material suplementar on-line.

#### **Folha de rosto**

A página de título deve incluir:

O (s) nome (s) do (s) autor (es)

Um título conciso e informativo

A afiliação do (s) autor (es), ou seja, instituição, (departamento), cidade, (estado), país

Uma indicação clara e um endereço de e-mail ativo do autor correspondente

Se disponível, o ORCID de 16 dígitos do (s) autor (es)

Se as informações de endereço forem fornecidas com a (s) afiliação (ões), elas também serão publicadas.

Para autores que não são afiliados (temporariamente), apenas capturaremos sua cidade e país de residência, e não seu endereço de e-mail, a menos que seja especificamente solicitado.

#### **Abstrato**

Forneça um resumo de 150 a 250 palavras. O resumo não deve conter abreviações indefinidas ou referências não especificadas.

## Palavras-chave

Forneça de 4 a 6 palavras-chave que podem ser usadas para fins de indexação.

## Formatação de texto

Os manuscritos devem ser enviados no Word.

Use uma fonte normal e simples (por exemplo, Times Roman de 10 pontos) para o texto.

Use itálico para enfatizar.

Use a função de numeração automática de páginas para numerar as páginas.

Não use funções de campo.

Use paradas de tabulação ou outros comandos para recuos, não a barra de espaço.

Use a função de tabela, não planilhas, para criar tabelas.

Use o editor de equações ou MathType para equações.

Salve seu arquivo no formato docx (Word 2007 ou superior) ou no formato doc (versões anteriores do Word).

Manuscritos com conteúdo matemático também podem ser enviados no LaTeX.

Pacote macro LaTeX (zip, 183 kB)

## Cabeçalhos

Por favor, use não mais que três níveis de títulos exibidos.

## Abreviações

As abreviaturas devem ser definidas à primeira menção e usadas de forma consistente a partir de então.

## Notas de rodapé

As notas de rodapé podem ser usadas para fornecer informações adicionais, que podem incluir a citação de uma referência incluída na lista de referências. Eles não devem consistir apenas em uma citação de referência e nunca devem incluir os detalhes bibliográficos de uma referência. Eles também não devem conter figuras ou tabelas.

As notas de rodapé do texto são numeradas consecutivamente; aqueles nas tabelas devem ser indicados por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos). As notas de rodapé do título ou dos autores do artigo não recebem símbolos de referência.

Sempre use notas de rodapé em vez de notas de fim.

## Agradecimentos

Agradecimentos de pessoas, subsídios, fundos etc. devem ser colocados em uma seção separada na página de rosto. Os nomes das organizações financiadoras devem ser escritos na íntegra.

## Citação

Cite referências no texto por nome e ano entre parênteses. Alguns exemplos:

A pesquisa de negociação abrange muitas disciplinas (Thompson, 1990).

Este resultado foi posteriormente contradito por Becker e Seligman (1996).

Este efeito tem sido amplamente estudado (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso e Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

## Lista de referência

A lista de referências deve incluir apenas trabalhos citados no texto e publicados ou aceitos para publicação. Comunicações pessoais e trabalhos não publicados devem ser mencionados apenas no texto. Não use notas de rodapé ou notas finais como um substituto para uma lista de referência.

As entradas da lista de referências devem ser alfabetizadas pelos sobrenomes do primeiro autor de cada trabalho. Solicite publicações com vários autores do mesmo primeiro autor em ordem alfabética em relação

ao segundo, terceiro etc. autor. Publicações exatamente do mesmo autor (s) devem ser ordenadas cronologicamente.

artigo de jornal

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Efeito do treinamento intermitente de alta intensidade na variabilidade da frequência cardíaca em crianças pré-púberes. *Eur J Appl Physiol* 105: 731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Idealmente, os nomes de todos os autores devem ser fornecidos, mas o uso de "et al" em longas listas de autores também será aceito:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Futuro do seguro de saúde. *N Engl J Med* 965: 325–329

Artigo por DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Implicações clínicas da produção desregulada de citocinas. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

Livro

J sul, Blass B (2001) O futuro da genômica moderna. Blackwell, Londres

Capítulo de livro

Brown B, Aaron M (2001) A política da natureza. In: Smith J (ed) O surgimento da genômica moderna, 3ª edn. Wiley, Nova York, pp 230-257

Documento online

Cartwright J (2007) Grandes estrelas também têm clima. *PIO Publicando PhysicsWeb*. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Acessado em 26 de junho de 2007

Dissertação

Trent JW (1975) Insuficiência renal aguda experimental. Dissertação, Universidade da Califórnia

Sempre use a abreviação padrão do nome de um periódico de acordo com a Lista ISSN de abreviações de palavras do título, consulte

ISSN LTWA

Se não tiver certeza, use o título completo da revista.

Para autores que usam o EndNote, o Springer fornece um estilo de saída que suporta a formatação de citações no texto e lista de referências.

Estilo EndNote (zip, 2 kB)

## **TABELAS**

Todas as tabelas devem ser numeradas usando algarismos arábicos.

As tabelas devem sempre ser citadas no texto em ordem numérica consecutiva.

Para cada tabela, forneça uma legenda (título) explicando os componentes da tabela.

Identifique qualquer material publicado anteriormente, fornecendo a fonte original na forma de uma referência no final da legenda da tabela.

As notas de rodapé das tabelas devem ser indicadas por letras minúsculas sobrescritas (ou asteriscos para valores de significância e outros dados estatísticos) e incluídas abaixo do corpo da tabela.

## **Submissão Eletrônica de Figuras**

Forneça todas as figuras eletronicamente.

Indique qual programa gráfico foi usado para criar a arte.

Para gráficos vetoriais, o formato preferido é EPS; para meios-tons, use o formato TIFF. Os arquivos do MSOffice também são aceitáveis.

Os gráficos vetoriais que contêm fontes devem ter as fontes incorporadas nos arquivos.

Nomeie seus arquivos de figuras com "Fig" e o número da figura, por exemplo, Fig1.eps.

Linha artística

Linha BW

Definição: Gráfico em preto e branco sem sombreado.

Não use linhas e / ou letras esbatidas e verifique se todas as linhas e letras nas figuras são legíveis no tamanho final.

Todas as linhas devem ter pelo menos 0,1 mm (0,3 pt) de largura.

Desenhos de linha digitalizados e desenhos de linha no formato bitmap devem ter uma resolução mínima de 1200 dpi.

Os gráficos vetoriais que contêm fontes devem ter as fontes incorporadas nos arquivos.

Arte De Meio-tom

Cor cinza de meio-tom

Definição: Fotografias, desenhos ou pinturas com sombreado fino, etc.

Se alguma ampliação for usada nas fotografias, indique isso usando barras de escala nas próprias figuras.

Os meios-tons devem ter uma resolução mínima de 300 dpi.

### **Arte Combinada**

Combinado

Definição: uma combinação de meio-tom e arte de linha, por exemplo, meios-tons contendo desenho de linha, letras extensas, diagramas de cores etc.

O trabalho artístico combinado deve ter uma resolução mínima de 600 dpi.

### **Arte colorida**

A arte em cores é gratuita para publicação on-line.

Se preto e branco for mostrado na versão impressa, verifique se as informações principais ainda estarão visíveis. Muitas cores não são distinguíveis uma da outra quando convertidas em preto e branco. Uma maneira simples de verificar isso é fazer uma cópia xerográfica para ver se as distinções necessárias entre as diferentes cores ainda são aparentes.

Se as figuras forem impressas em preto e branco, não faça referência às cores nas legendas.

As ilustrações coloridas devem ser enviadas como RGB (8 bits por canal).

### **Figura Lettering**

Para adicionar letras, é melhor usar Helvetica ou Arial (fontes sem serifa).

Mantenha as letras de tamanho consistente em todo o trabalho artístico final, geralmente cerca de 2 a 3 mm (8 a 12 pt).

A variação do tamanho do tipo em uma ilustração deve ser mínima, por exemplo, não use o tipo de 8 pontos em um eixo e o tipo de 20 pontos no rótulo do eixo.

Evite efeitos como sombreado, letras de contorno etc.

Não inclua títulos ou legendas nas suas ilustrações.

### **Numeração de figuras**

Todas as figuras devem ser numeradas usando algarismos arábicos.

As figuras devem sempre ser citadas no texto em ordem numérica consecutiva.

As partes da figura devem ser indicadas por letras minúsculas (a, b, c, etc.).

Se um apêndice aparecer no seu artigo e ele contiver uma ou mais figuras, continue a numeração consecutiva do texto principal. Não numere as figuras do apêndice,

"A1, A2, A3, etc." Os números nos apêndices on-line (material suplementar eletrônico) devem, no entanto, ser numerados separadamente.

### **Legendas das Figuras**

Cada figura deve ter uma legenda concisa descrevendo com precisão o que a figura representa. Inclua as legendas no arquivo de texto do manuscrito, não no arquivo de figuras.

As legendas das figuras começam com o termo Fig. Em negrito, seguido pelo número da figura, também em negrito.

Nenhuma pontuação deve ser incluída após o número, e nenhuma pontuação deve ser colocada no final da legenda.

Identifique todos os elementos encontrados na figura na legenda da figura; e use caixas, círculos, etc., como pontos de coordenadas nos gráficos.

Identifique o material publicado anteriormente, fornecendo a fonte original na forma de uma citação de referência no final da legenda da figura.

### **Posicionamento e tamanho da figura**

As figuras devem ser enviadas separadamente do texto, se possível.

Ao preparar suas figuras, dimensione as figuras para caber na largura da coluna.

Para jornais de tamanho grande, as figuras devem ter 84 mm (para áreas de texto com coluna dupla) ou 174 mm (para áreas de texto com coluna única) de largura e não mais que 234 mm.

Para periódicos de pequeno porte, os números devem ter 119 mm de largura e não exceder 195 mm.

### **Permissões**

Se você incluir figuras que já foram publicadas em outros lugares, deverá obter permissão do (s) proprietário (s) dos direitos autorais para os formatos impresso e online. Esteja ciente de que alguns editores não concedem direitos eletrônicos de graça e que a Springer não poderá reembolsar quaisquer custos que possam ter ocorrido para receber essas permissões. Nesses casos, deve ser utilizado material de outras fontes.

### **Acessibilidade**

Para dar às pessoas de todas as habilidades e deficiências acesso ao conteúdo de suas figuras, verifique se

Todas as figuras têm legendas descritivas (usuários cegos podem usar um software de conversão de texto em fala ou um hardware de texto em braille)

Os padrões são usados em vez de ou além das cores para transmitir informações (os usuários daltônicos poderão distinguir os elementos visuais)

Qualquer letra de figura tem uma relação de contraste de pelo menos 4,5: 1

O Springer aceita arquivos eletrônicos de multimídia (animações, filmes, áudio etc.) e outros arquivos suplementares a serem publicados on-line junto com um artigo ou um capítulo de livro. Esse recurso pode adicionar dimensão ao artigo do autor, pois determinadas informações não podem ser impressas ou são mais convenientes em formato eletrônico.

Antes de enviar os conjuntos de dados de pesquisa como material eletrônico complementar, os autores devem ler a política de dados de pesquisa da revista. Incentivamos os dados da pesquisa a serem arquivados nos repositórios de dados sempre que possível.

Submissão, obediência, inscrição, candidatura

Forneça todo o material suplementar em formatos de arquivo padrão.

Inclua em cada arquivo as seguintes informações: título do artigo, nome da revista, nome do autor; afiliação e endereço de e-mail do autor correspondente.

Para acomodar downloads de usuários, lembre-se de que arquivos de tamanho maior podem exigir tempos de download muito longos e que alguns usuários podem ter outros problemas durante o download.

### **Áudio, Vídeo e Animações**

Proporção da imagem: 16: 9 ou 4: 3

Tamanho máximo do arquivo: 25 GB

Duração mínima do vídeo: 1 seg

Formatos de arquivo suportados: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxfl, mts, m4v, 3gp

Texto e Apresentações

Envie seu material em formato PDF; Os arquivos .doc ou .ppt não são adequados para viabilidade a longo prazo.

Uma coleção de figuras também pode ser combinada em um arquivo PDF.

### **Planilhas**

As planilhas devem ser enviadas como arquivos .csv ou .xlsx (MS Excel).

Formatos especializados

Também podem ser fornecidos formatos especializados como .pdb (produto químico), .wrl (VRML), .nb (notebook Mathematica) e .tex.

Coletando vários arquivos

É possível coletar vários arquivos em um arquivo .zip ou .gz.

### **Numeração**

Ao fornecer qualquer material suplementar, o texto deve fazer menção específica ao material como citação, semelhante ao das figuras e tabelas.

Consulte os arquivos suplementares como “Recurso Online”, por exemplo, "... conforme mostrado na animação (Recurso Online 3)", "... dados adicionais são fornecidos no Recurso Online 4".

Nomeie os arquivos consecutivamente, por exemplo, “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

### **Legendas**

Para cada material suplementar, forneça uma legenda concisa descrevendo o conteúdo do arquivo.

Processamento de arquivos suplementares

O material suplementar eletrônico será publicado conforme recebido do autor, sem qualquer conversão, edição ou reformatação.

### **Acessibilidade**

Para dar às pessoas de todas as habilidades e deficiências acesso ao conteúdo de seus arquivos suplementares, verifique se

O manuscrito contém uma legenda descritiva para cada material suplementar

Os arquivos de vídeo não contêm nada que pisque mais de três vezes por segundo (para que os usuários propensos a convulsões causadas por esses efeitos não sejam colocados em risco)