

**Biomarcadores histológicos em brânquias e fígados de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) em uma área portuária e em uma de proteção ambiental – MA, Brasil**

**Histological biomarkers in *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) gills and livers in a port area and an environmental protection area - MA, Brazil**

DOI:10.34117/bjdv7n4-526

Recebimento dos originais: 07/03/2021

Aceitação para publicação: 20/04/2021

**Thalia Matos Aguiar Viana**

Graduanda em Ciências Biológicas Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA - Campus Centro Histórico).

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão.

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI. Av. Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Bairro: Jardim São Cristóvão. CEP: 65.055-310, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: thaliamatossav@gmail.com

**Suelen Rosana Sampaio de Oliveira**

Doutoranda pelo programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Instituição: Universidade Federal do Maranhão.

Endereço: Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga. CEP: 65080-805, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: suelenrsdo@gmail.com

**Hetty Salvino Torres**

Doutoranda pelo programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal da Rede BIONORTE pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão.

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI. Av. Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Bairro: Jardim São Cristóvão. CEP: 65.055-310, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: hettysalvino12@gmail.com

**Wanda Batista de Jesus**

Mestre em Recursos Aquáticos e Pesca pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão.

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI. Av. Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Bairro: Jardim São Cristóvão. CEP: 65.055-310, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: wandadossantosbatista@gmail.com

### **Alef Fontinele Teixeira**

Mestre em Recursos Aquáticos e Pesca pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão.

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI. Av. Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Bairro: Jardim São Cristóvão. CEP: 65.055-310, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: alefoceano@gmail.com

### **Raimunda Nonata Fortes Carvalho Neta**

Professora Doutora Adjunta da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) e coordenadora do Mestrado em Recursos Aquáticos e Pesca (PPGRAP)/Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais do Departamento de Biologia da Universidade Estadual do Maranhão.

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão.

Endereço: Universidade Estadual do Maranhão - Campus Paulo VI. Av. Lourenço Vieira da Silva, n.º 1000, Bairro: Jardim São Cristóvão. CEP: 65.055-310, São Luís do Maranhão, Brasil.

E-mail: raifortes@gmail.com

## **RESUMO**

Atividades portuárias são importantes economicamente, mas são consideradas fontes de substâncias tóxicas devido à presença de poluentes capazes de afetar negativamente os organismos dos ecossistemas aquáticos. Peixes se mostram sensíveis aos poluentes, podendo apresentar respostas como alterações morfológicas, bioquímicas e histológicas, conhecidas como biomarcadores. Analisar biomarcadores histológicos (alterações hepáticas e branquiais) no bagre estuarino *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794), contribuindo com informações científicas sobre a situação ambiental da região portuária e de uma área de proteção ambiental de São Luís - MA. Vinte espécimes foram coletados no período de estiagem, em marés de quadratura, utilizando-se armadilhas de pesca fixas, conhecidas como tapagem. Os peixes foram coletados, acondicionados e seus órgãos fixados em formol e submetidos ao procedimento histológico padrão. Foram realizados cortes transversais que passaram pelo processo de coloração, para montagem em lâminas para fins histológicos. Foram ainda obtidos dados abióticos da água e de morfometria dos peixes. As principais alterações branquiais encontradas em ambas as regiões foram: deslocamento do epitélio, com 35% (A1) e 39,53% (A2), e fusão das lamelas secundárias, com 16,66% (A1) e 30,23% (A2). Quanto ao fígado, as alterações mais observadas em ambas as regiões foram os centros de melanomacrófagos, correspondentes a 41,21% (A1) e 36,58% (A2), degeneração tecidual mais frequente em A1 com 19,50% e vacuolização bastante presente em A2, com 17,07%. Biomarcadores branquiais foram mais presentes nos peixes em Porto Grande e alterações hepáticas foram mais frequentes nos bagres na Ilha dos Caranguejos. A partir do somatório estatístico de biomarcadores em brânquias e fígado de cada organismo, os peixes da região do Porto apresentaram um maior número de alterações. Todavia, como os organismos da região de Proteção Ambiental também demonstraram alterações severas conforme os índices de Bernet, é possível inferir que ambas as regiões estudadas estão impactadas e influenciando nas respostas histológicas dos peixes analisados.

**Palavras-chave:** Biomonitoramento, Alterações, Peixes estuarinos, Baía de São Marcos.

## ABSTRACT

Port activities are economically important, but are considered sources of toxic substances due to the presence of pollutants capable of negatively affecting organisms in aquatic ecosystems. Fish are sensitive to pollutants and may respond with morphological, biochemical and histological changes, known as biomarkers. The aim of this study was to analyze histological biomarkers (hepatic and gill changes) in the estuarine catfish *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794), contributing with scientific information about the environmental situation of the port region and an environmental protection area of São Luís - MA. Twenty specimens were collected during the dry season, during quadrature tides, using fixed fishing traps. The fish were collected, conditioned, and their organs were fixed in formalin and submitted to the standard histological procedure. Cross-sections were made and stained to be mounted on slides for histological purposes. Abiotic data from the water and fish morphometry were also obtained. The main gill alterations found in both regions were: displacement of the epithelium, with 35% (A1) and 39.53% (A2), and fusion of the secondary lamellae, with 16.66% (A1) and 30.23% (A2). As for the liver, the most observed changes in both regions were melanomacrophage centers, corresponding to 41.21% (A1) and 36.58% (A2), tissue degeneration more frequent in A1 with 19.50% and vacuolization quite present in A2, with 17.07%. Gill biomarkers were more present in fishes at Porto Grande and hepatic changes were more frequent in catfishes at Ilha dos Caranguejos. From the statistical summation of biomarkers in gills and liver of each organism, fish from the Porto region showed a higher number of alterations. However, since the organisms in the Environmental Protection region also showed severe alterations according to Bernet's indices, it is possible to infer that both regions studied are impacted and influencing the histological responses of the fish analyzed.

**Keywords:** Biomonitoring, Alterations, Estuarine fishes, São Marcos Bay.

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades portuárias, mesmo sendo importantes economicamente, podem impactar negativamente a qualidade de vida da população que vive no entorno, assim como pode contaminar a fauna e a flora (ABRANTES; BARRELLA, 2019). Sendo assim, as áreas portuárias são consideradas fontes de substâncias tóxicas, nas quais existem poluentes capazes de afetar negativamente os ecossistemas marinhos (SOUSA; ALMEIDA; CARVALHO-NETA, 2013). Os ambientes estuarinos possuem grande produtividade biológica, que é ameaçada por atividades antrópicas, como pesca predatória e atividades portuárias, o que pode acarretar à perda de habitat, introdução de espécies e poluição ambiental (RIBEIRO et al., 2019).

No Brasil há um total de 175 instalações portuárias de carga, que engloba portos, terminais marítimos e instalações aquaviárias, onde há 76 terminais fora da costa litorânea e 99 portos e terminais marítimos ao longo da costa brasileira (ANTAQ, 2018). Dentro de um dos pontos situados na Baía de São Marcos (Maranhão) há o Porto do Itaqui,

localizado a 11 km do centro da cidade, sendo uma grande estrutura portuária no Brasil é administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (CASTRO et al., 2018; EMAP, 2016).

Nessa região também existem diferentes populações de organismos aquáticos, tais como crustáceos decápodes (SOUSA et al., 2015) e moluscos de manguezal (RODRIGUES, 2016). Além disso, os peixes constituem uma biodiversidade importante economicamente, como a pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), conforme Almeida et al. (2016), os bagres de *Sciades herzbergii* e *Bagre bagre*, segundo Sousa; Almeida e Carvalho-Neta (2013), dentre outros.

Os animais aquáticos se mostram sensíveis aos poluentes podendo apresentar respostas, tais como alterações morfológicas, bioquímicas e histológicas (CASTRO et al., 2014; SOUSA et al., 2013). Em ambientes aquáticos impactados por poluentes é mais comum o surgimento de alterações nos organismos, que evita a morte em massa, de forma que os mesmos possam se adaptar e continuar sobrevivendo (SOUSA; ALMEIDA; CARVALHO-NETA, 2013). Dessa maneira, bioindicadores são organismos sentinelas que emitem respostas biológicas quanto às condições de seu habitat (VAN DER OOST et al., 2003). Nesses organismos é possível verificar respostas biológicas alteradas (biomarcadores) por contaminação da área em que vivem (VAN DER OOST et al., 2003).

Os Biomarcadores são respostas biológicas que mostram os efeitos dos poluentes nos organismos, apresentando uma visão sobre o potencial desses mecanismos de contaminação (VAN DER OOST et al., 2003). Estudos realizados por Sousa, Almeida, Carvalho-Neta (2013); Oliveira et al. (2016) e Castro et al. (2018) indicam a avaliação das alterações histológicas como instrumentos de avaliação e monitoramento da sanidade dos peixes, bem como o diagnóstico do nível de impacto dos poluentes nos ecossistemas aquáticos, onde são utilizadas técnicas biológicas como o uso de biomarcadores em peixes (DE OLIVEIRA et al., 2016).

Apesar de estarem presentes na alimentação, os peixes podem ser fonte de contaminação para seres humanos, uma vez que podem acumular poluentes, por meio da biomagnificação (CASTRO et al., 2014). Isto ocorre devido a presença de poluentes na água e nos sedimentos, que geram alterações morfológicas nos tecidos de peixes, como em brânquias e fígados, como registrado na espécie de bagre *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) na Baía de São Marcos (CASTRO et al., 2014).

As alterações hepáticas em peixes e que podem ser associadas à contaminação geralmente apresentadas são lipidose, necrose, infiltração leucocitária, vacuolização do

citoplasma, hemossiderina e centro de melanomacrófagos (CASTRO et al., 2014). E no referente às alterações branquiais em peixes são frequentes, a fusão lamelar, congestão, aneurisma lamelar, deslocamento e necrose do epitélio, proliferações de células do muco e dilatação capilar (CASTRO et al., 2018; CASTRO et al., 2014). Neste trabalho são analisados os biomarcadores histológicos no bagre estuarino *S. herzbergii*, que é uma espécie da família Ariidae dominante nos ambientes estuarinos do Maranhão, especialmente na Ilha dos Caranguejos (CARVALHO-NETA; ABREU-SILVA, 2010). Por isso, objetivou-se analisar biomarcadores histológicos (alterações hepáticas e branquiais) no bagre estuarino *S. herzbergii*, contribuindo com informações científicas sobre a situação ambiental da região portuária e de uma área de proteção ambiental de São Luís - MA.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

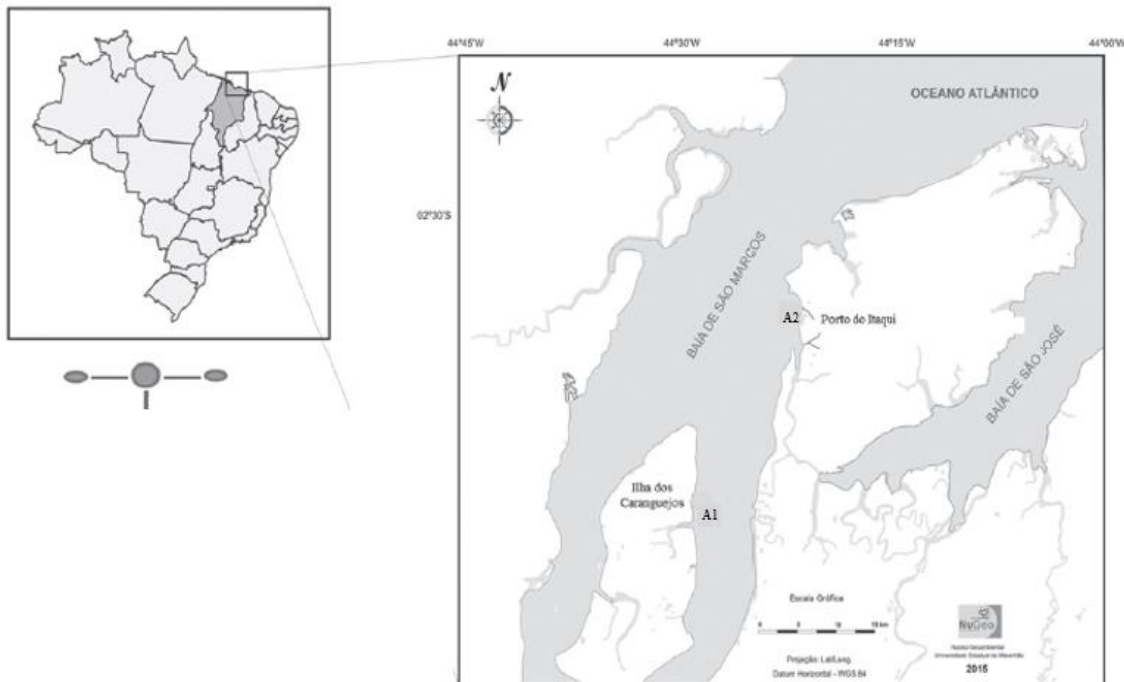
### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A ilha de São Luís está localizada entre as baías de São Marcos e de São José. Devido a profundidade da baía de São Marcos tornou-se interessante a instalação de grandes portos onde atracassem navios de grande porte, oferecendo condições para o transporte internacional (SANT'ANA JÚNIOR, 2016). A profundidade da baía de São Marcos varia, alcançando por volta de 80m na parte central e mais rasa nas regiões próximas às margens (IBGE, 2012).

Na baía de São Marcos encontra-se a Ilha dos Caranguejos, entre as coordenadas 03°2'18''- 02°42'25'' S e 44°40'25''- 44°26'46'' W, considerada como “ilha de pequena altitude” e que contém a maior faixa contínua de manguezal da costa maranhense (RIBEIRO; ALMEIDA; CARVALHO-NETA, 2012). Em outro ponto dessa baía, encontra-se a região portuária, onde há o segundo maior Complexo Portuário em movimentação de cargas do Brasil (ANTAq, 2016). Dentro do Complexo Portuário, há o Porto do Itaqui situado no limite com o Distrito Industrial na região do Itaqui, na região litoral do oeste da Ilha a cerca de 11 km do centro da cidade, localizando-se entre os paralelos 02°34'S e 02°36'S e os meridianos 44°21'W e 44°24'W, dentre os limites das regiões Nordeste e Norte do País (EMAP, 2016). No Complexo Portuário de São Luís, o Porto do Itaqui abrange os terminais como: de Ponta da Madeira, da Vale, o Terminal da Alumiar, respondendo também pelos Terminais do Porto Grande, de Ferryboat, da Ponta da Espera e do Cujupe (EMAP, 2016).

Os dois pontos trabalhados foram: a) Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense - Ilha dos Caranguejos e, b) Área de influência direta do complexo portuário, em que foi escolhido o terminal do Porto Grande da Instalação do Porto do Itaqui. Onde a primeira região “a” representa a área A1 e a segunda “b” representa a área A2 (Fig. 1).

**Figura 1** - Localização da área de estudo da Baía de São Marcos, bem como seus dois pontos de coleta.



Fonte: SOUSA et al., 2015 (adaptado).

## 2.2 COLETA DO MATERIAL BIOLÓGICO

O protocolo de coleta em campo e de procedimentos laboratoriais deste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética institucional da Universidade Estadual do Maranhão (01/2018) e cumpriu com as diretrizes do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal/ Sociedade Brasileira da Ciência em Animais de Laboratório - SBCAL/Cobea (SBCAL/Cobea, <http://www.sbc.al.org.br>). A licença ambiental foi obtida junto ao órgão gestor da Unidade de Conservação, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – Sema (015/2019).

Foram coletados 20 exemplares de *S. herzbergii* no período de estiagem em 2019, onde dez desses peixes eram do ponto 1 (A1) e os outros dez do ponto 2 (A2). A coleta dos peixes ocorreu em marés de quadratura, com armadilhas fixas de pesca (tapagem), na época de estiagem. Paralelo à captura dos peixes, foram aferidos os dados *in situ* de salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos utilizando o equipamento de multiparâmetro de modelo (SX751 – SANXIN).

### 2.3 MEDIDAS BIOMÉTRICAS

Posteriormente à coleta dos peixes, os exemplares foram acondicionados em caixas isotérmicas a fim de evitar danos ao material biológico. Dessa maneira, o material foi transportado até o Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos (LABOAq), onde para cada exemplar de *S. herzbergii* foram registrados os dados de comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) em cm, peso total (PT) e o peso das gônadas (PG) em gramas, onde foram identificados os estádios gonodais das gônadas dos espécimes coletados.

### 2.4 ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Para as análises histológicas utilizou-se os primeiros arcos branquiais e a região mediana dos fígados dos bagres, que foram desidratados em séries crescentes de álcoois, diafanizados em xilol, impregnados e incluídos em parafina. Após isso, os cortes transversais, de aproximadamente 5 µm de espessura, passaram pelo processo de coloração com Hematoxilina e Eosina (HE). Por fim, analisou-se as lâminas através da utilização do microscópio óptico nas objetivas de 10x, 40x e 100x, assim as alterações encontradas foram fotografadas (Figs. 2 e 3).

A leitura das lâminas seguiu a metodologia proposta por Bernet et al. (1999), que considera cinco (5) padrões de reação como: 1- distúrbios circulatórios; 2 - alterações regressivas, como as alterações estruturais, alterações nucleares, atrofia e necrose; 3 - alterações progressivas, como a hipertrofia e hiperplasia; 4 – inflamação, como a infiltração de leucócitos e 5 - tumor (neoplasia), como os benignos e malignos.

A partir de cada reação padrão, incluíram-se várias alterações, que receberam um valor de importância (w) variando de 1 a 3 (propostos por Bernet), conforme o grau de reversibilidade do dano, bem como um valor de pontuação (a) variando de 0 a 6 (atribuído pelo observador), condizente com o grau de extensão do dano.

Para isso foram calculados dois índices:

- 1 Índice de reação de um órgão (Iorg rp) – expressa as alterações por tipo de reação padrão:

$$I_{org\ rp} = \sum_{alt} (a_{org\ rp\ alt} * w_{org\ rp\ alt})$$

- 2 Índice de órgãos (Iorg.) - Este índice representa o grau de dano a vários órgãos em um indivíduo:

$$I_{org} = \sum_{rp} \sum_{alt} (a_{org} \cdot w_{org})$$

Sendo: org = órgão (constante); rp = padrão de reação; alt = alteração; a = um valor de pontuação; w = valor de importância.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 DADOS ABIÓTICOS

Os dados abióticos obtidos para a água analisada na Ilha dos Caranguejos e na região de Porto Grande indicaram valores considerados normais padrões (tabela 1) conforme indicados pela Resolução do CONAMA nº357/2005.

**Tabela 1** – Dados abióticos da Ilha dos Caranguejos (A1) e do Porto Grande (A2).

Parâmetros Abióticos	Ilha dos Caranguejos (A1)	Porto Grande (A2)
pH	7.7	6.79
O2 dissolvido (m/kg)	6.3	5.8
Temperatura (°C)	29.2	30.3
Salinidade (m/kg)	14.2	15.5
Condutividade	22.5	33.8
TDS (m/kg)	14.5	18.6

Fonte: Autoria própria, 2019.

#### 3.2 DADOS BIOMÉTRICOS

O cálculo da média e desvio padrão indicou que os espécimes coletados na Ilha dos Caranguejos apresentaram pesos mais elevados para os órgãos de fígado e gônadas, inclusive de peso total (tabela 2).

A maioria dos exemplares analisados foram considerados juvenis (EG1 e EG2), sendo observado mais fêmeas que machos na Ilha dos Caranguejos e mais machos que fêmeas em Porto Grande (tabela 2). É possível observar que as oito fêmeas coletadas na Ilha do Caranguejos estão distribuídas nos quatro estádios gonadais.



**Tabela 2** - Médias e desvio-padrão dos dados biométricos e estádios gonodais de machos e fêmeas de *S. herzbergii* (Bloch, 1794) coletados na Ilha dos Caranguejos (A1) e na área portuária do Porto Grande (A2).

Dados Biométricos	Ilha dos Caranguejos (A1)	Porto Grande (A2)
CT (cm)	11,63±1,40	22,27±2,13
CP (cm)	9,69±1,18	18,77±1,68
CF (cm)	10,09±1,19	19,27±1,68
PG (g)	8,68±11,46	0,16±0,08
PF (g)	3,91±2,48	1,33±0,55
PT (g)	204,2±11,12	88,22±23,86
EG1	3 fêmeas	1 fêmea
	2 machos	6 machos
EG2	2 fêmeas	1 fêmea
		2 machos

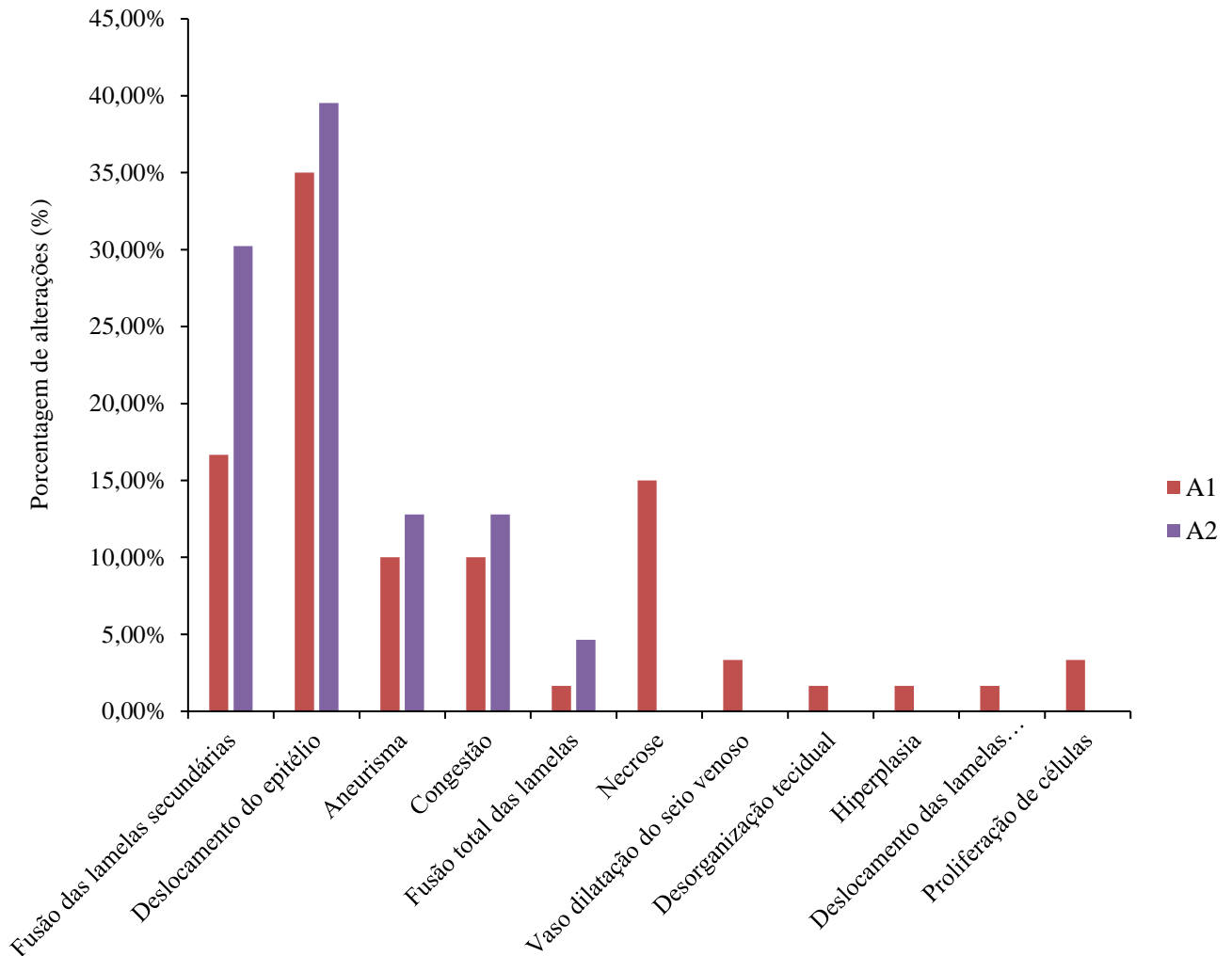
CT = Comprimento Total; CP = Comprimento padrão; CF= Comprimento furcal; PG = Peso das gônadas; PF =Peso do fígado; PT = Peso Total; EG1 = Estádio I Imaturo; EG2 = Estádio II em maturação.

**Fonte:** Autoria própria, 2019.

### 3.3 ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES HISTOLÓGICAS

As alterações encontradas em brânquias dos exemplares de *S. herzbergii* obtidos nas duas áreas de estudo (Ilha dos Caranguejos e Porto Grande) estão representadas em porcentagem na Figura 2. As alterações encontradas com maior frequência foram: deslocamento do epitélio e fusão das lamelas secundárias, principalmente na região de maior impacto (região portuária).

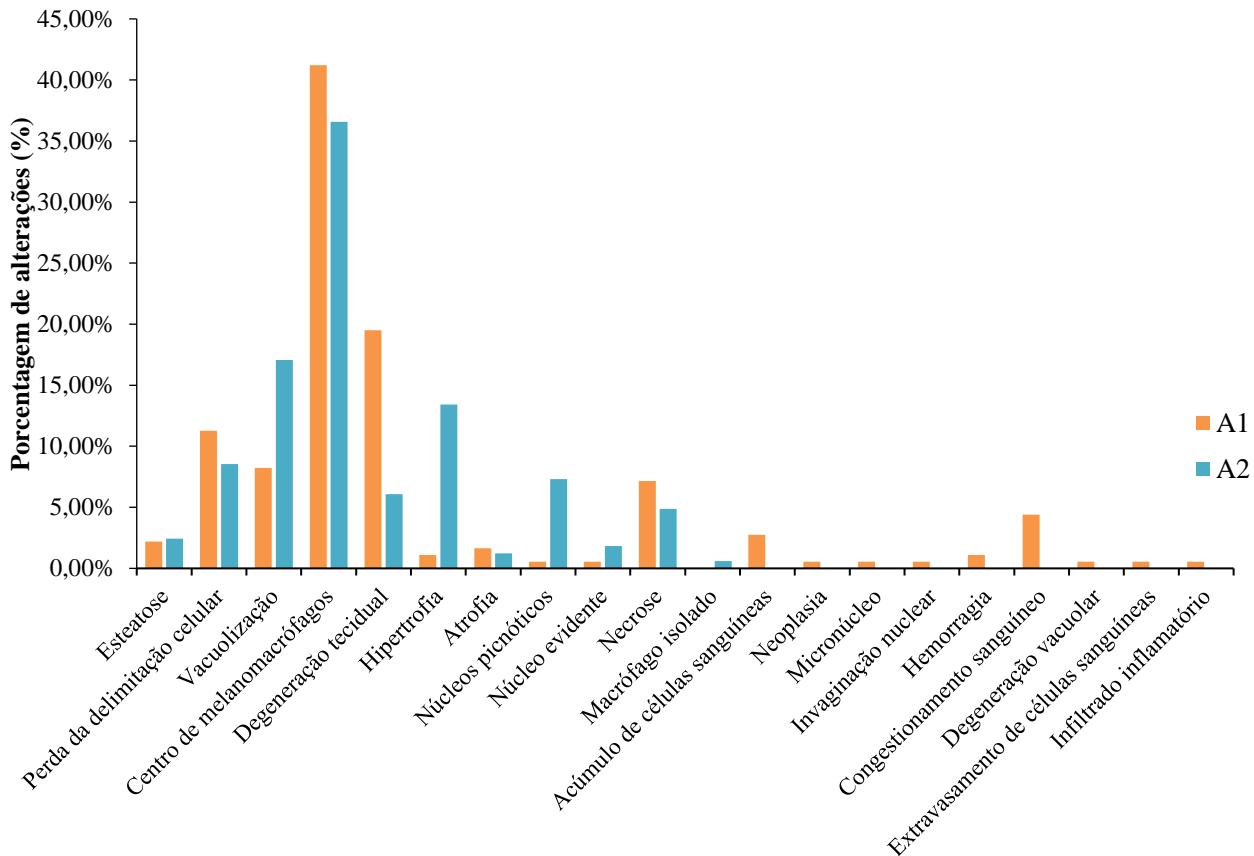
**Figura 2** – Alterações branquiais encontradas em *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) na Ilha dos Caranguejos e Porto Grande.



Fonte: Autoria própria, 2020.

As lesões encontradas nos fígados dos peixes estuarinos obtidos em ambas as áreas, A1 e A2, estão representadas em porcentagem (Fig. 3). As alterações mais incidentes foram centro de melanomacrófagos e desorganização tecidual para a área 1, já na área 2 as lesões mais frequentes foram centro de melanomacrófagos e vacuolização.

**Figura 3** – Alterações hepáticas encontradas em *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) na área 1 e área 2.



Fonte: Autoria própria, 2020.

### 3.4 ÍNDICES HISTOLÓGICOS COM O GRAU DE SEVERIDADE DAS ALTERAÇÕES

Obtivemos os índices de órgãos para as brânquias e fígados dos indivíduos da região da Ilha dos Caranguejos e do Porto Grande (tabela 3) conforme Bernet (1999).

Os índices para brânquias e fígado foram maiores nos organismos da Ilha dos Caranguejos, indicando que mesmo essa região sendo considerada menos impactada, já está sofrendo com a presença dos contaminantes aquáticos, que influenciam nas respostas do *S. herzbergii* da região.

Embora a frequência das alterações histológicas tenha sido maior nos peixes da área portuária (Porto Grande), os índices de órgãos tanto para brânquias como para os fígados apresentaram valores de danos superiores na região de proteção ambiental (A1).

**Tabela 3** - Cálculos dos índices de lesões nos órgãos de *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) analisados.

Índices de Alterações	Ilha dos Caranguejos (A1)	Porto Grande (A2)
Brânquias	Iorg = 50	Iorg = 42
Fígado	Iorg = 130	Iorg = 122

Fonte: Autoria própria, 2020.

#### 4 DISCUSSÃO

Segundo a Resolução Conama nº357/2005, os valores recomendados para os parâmetros da água são: para salinidade  $\geq 30$ , O<sub>2</sub> dissolvido (ppm) não inferior a 6 mg/L, para pH 6,5-8,5 e temperatura (°C) 28 - 32°C (BRASIL, 2005). Onde os valores abióticos apresentaram-se dentro do padrão permitido, com exceção da salinidade que está menor do que permitido em ambas as regiões. Além disso, os valores de temperatura, condutividade e TDS foram mais elevados na região portuária (área com maior impacto).

No referente à morfometria dos espécimes, os tamanhos dos peixes da região do Porto Grande indicaram que os peixes são bem maiores quando comparados aos coletados na Ilha dos Caranguejos. Isto está relacionado com o fato de que os indivíduos coletados em Porto Grande eram a maioria macho e segundo a literatura os machos são bem maiores que as fêmeas (LIMA et al., 2017). Todavia, os peixes coletados da Ilha dos Caranguejos mostraram-se bem mais pesados, isso se deve devido as fêmeas serem mais pesadas que os machos e também por ser uma área de proteção ambiental, sendo considerada menos impactada que a portuária. Assim, o ambiente impactado também influencia no peso e tamanho dos peixes tais diferenças podem estar relacionadas com as diferenças de condições ambientais (LIMA et al., 2017).

Estudos anteriores indicaram essa região como sendo local de grande potencial de desenvolvimento da espécie que se reproduz durante todo o ano nos igarapés locais (CARVALHO NETA; CASTRO, 2008). No entanto, dos oito machos coletados no Porto Grande, a maioria encontra-se no primeiro estágio gonadal (EG1). A captura de apenas exemplares imaturos de machos pode indicar que os eventos reprodutivos dos peixes na região não estão ocorrendo adequadamente (FERRAZ; CERQUEIRA, 2018).

As brânquias são órgãos com muitas funções, como as trocas gasosas, regulação da pressão osmótica, equilíbrio ácido-base, transporte de íons e excreção de resíduos nitrogenados, que estão expostas diretamente ao meio aquático (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). Onde as alterações que surgem nas brânquias apresentam um efeito agudo. Os biomarcadores apresentados nos peixes analisados no presente trabalho (tais como deslocamento do epitélio, fusão lamelar e hiperplasia) aparecem como um mecanismo de defesa branquial, uma vez que o epitélio das brânquias se modifica para evitar o contato com os poluentes, o que vai dificultar o processo das trocas gasosas dos peixes (CASTRO et al., 2018).

Dentre as alterações encontradas, o deslocamento do epitélio é um dos biomarcadores branquiais mais comuns, que pode ser observado nos peixes que foram

expostos à toxicidade aguda, o que aumenta a distância entre o meio e a lamela, dificultando as trocas gasosas (PEREIRA et al., 2014). A fusão das lamelas secundárias, que também é uma alteração frequentemente apresentada nos organismos afetados pelos contaminantes, tem como característica a proliferação de células (PEREIRA et al., 2014). Já a lamela primária com estreitamento lamelar, é um biomarcador capaz de gerar a perda na troca dos gases, devido à da superfície de contato entre o epitélio com as lamelas primárias (TORRES, 2015).

Outro biomarcador encontrado nas análises histológicas é o aneurisma nas lamelas secundárias, que por sua vez é oriundo do desenvolvimento do espessamento lamelar a partir do aumento do espaço capilar (GREGÓRIO, 2017). A hiperplasia, que surge também como uma resposta do sistema imunológico, onde a mesma pode inibir a absorção de O<sub>2</sub>, além da remoção de CO<sub>2</sub>, acarretando a hipóxia e dificulta a respiração do organismo (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). Segundo Bernet et al. (1999), aneurismas são dilatações de vasos arteriais, estas que podem ser oriundas de contaminantes. Embora os peixes da área potencialmente impactada (Porto Grande) tenham apresentado mais lesões que a área 1, foi na Ilha dos Caranguejos que os organismos apresentaram necroses. Assim, necroses são alterações irreversíveis, onde o estado morfológico da célula e/ou do tecido tem a perda da sua função (BERNET et al., 1999).

Observou-se que as brânquias de *S. herzbergii* do Porto Grande apresentaram mais alterações do que os peixes da Ilha dos Caranguejos. A severidade de algumas lesões encontradas na Ilha dos Caranguejos (como as necroses) é um indício de que esta região de Proteção Ambiental já está sofrendo impactos por conta dos contaminantes aquáticos. Neste sentido, as alterações branquiais irreversíveis e mais severas afetam de forma mais evidenciada a sanidade dos organismos (PEREIRA et al., 2020).

O fígado é o órgão principal de vias metabólicas, sendo muito sensível nos peixes, principalmente os teleósteos, que pode apresentar alterações em sua histoarquitetura, bioquímica e fisiologia, devido à exposição a poluentes (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). À vista disso, encontramos diversos tipos de biomarcadores a partir das análises histológicas, como os centros de melanomacrófagos, que foram as alterações mais frequentes nos fígados.

Os centros de melanomacrófagos são agregados de macrófagos, que surgem como uma resposta imune do sistema imunológico e foram encontrados em muitos peixes analisados. Essas células realizam a reciclagem de ferro, além de possuir em sua

composição o pigmento da hemossiderina, subprodutos da degradação da hemoglobina (QUATALHO et al., 2018). O aumento da quantidade dos centros de melanomacrófagos no organismo indica a presença de contaminantes no ambiente aquático, sendo assim, essas alterações podem ser consideradas como biomarcadores (QUATALHO et al., 2018). Em ambas as regiões analisadas neste estudo, observou-se que os centros de melanomacrófagos foram presentes, o que indica que tanto a Ilha dos Caranguejos como Porto Grande estão sofrendo com a presença de xenobióticos.

A degeneração tecidual e celular também foi observada nos peixes analisados. Essa alteração, assim como a necrose, podem estar relacionadas à inibição da síntese proteica, bem como a desagregação de microtúbulos e alterações no uso de substratos, acarretando precipitação parcial do citoplasma e do núcleo (PUNTORIERO; CIRELLI; VOLPEDO, 2018). A vacuolização de hepatócitos pode ser causada devido ao acúmulo de gordura no fígado exposto às substâncias tóxicas (RODRIGUES et al., 2017). No entanto, na presente pesquisa não foi encontrado um índice significativo de esteatose no tecido hepático, ou seja, de gorduras. Todavia, a vacuolização é uma alteração comum em peixes que estão expostos a ambientes degradados (VIEIRA, 2019).

Algumas alterações histológicas (como a hiperplasia e necroses nas brânquias, e hemorragia e neoplasia em fígados) só apareceram nos peixes da Ilha dos Caranguejos, o que indica que essa região, embora seja de proteção ambiental, encontra-se bastante impactada. Uma dessas alterações que apareceu em um dos peixes foi o infiltrado inflamatório, este pode ser relacionado à degeneração de hepatócitos (JAVED et al., 2016). Verificou-se que o único peixe que apresentou o infiltrado inflamatório foi também acometido por necroses. Além disso, o mesmo organismo obteve alterações só vistas neles em relações aos demais coletados, tais como a presença de micronúcleo em eritrócito e hemorragia.

A hemorragia hepática foi registrada nos peixes analisados. Essa alteração resulta de distúrbios circulatórios devido à condição de fluxo de fluido sanguíneo (BERNET et al., 1999). Ademais, o micronúcleo é uma lesão nuclear que pode sugerir que a exposição a genotóxicos está causando modificando geneticamente os peixes (BUENO et al., 2017).

Também foi encontrado em um organismo da Ilha dos Caranguejos a presença de uma neoplasia um tumor benigno. Esse tumor é formado de diferenciadas células que substituem ou deslocam o tecido, se assemelhando às células do tecido original (BERNET et al., 1999). Os biomarcadores branquiais encontrados no presente estudo para *S. herzegii* coletados no Complexo Estuarino de São Marcos foram encontrados também

por outros autores como Castro et al. (2018), Pereira et al. (2014), Santos et al. (2014) e Carvalho- Neta et al. (2014).

Observou-se ainda que diferente das lesões branquiais que foram mais presentes no Porto Grande, as alterações hepáticas foram mais frequentes na Ilha dos Caranguejos. Em uma visão convergente estatística, a região do Porto apresentou peixes com um maior número de biomarcadores. Mas devido à severidade das alterações encontradas em ambas as regiões, AI e A2, conforme visto nos cálculos dos índices de Bernet. Onde os cálculos dos índices histológicos consideram o grau de severidade das alterações, segundo Bernet (1999), sendo importantes para identificar o grau de dano causado aos órgãos dos peixes.

O estudo de biomarcadores para avaliação de contaminantes aquáticos usando biomarcadores é um método eficiente e de baixo custo nos estudos de monitoramento ambiental, uma vez que este avalia as repostas emitidas pelos seres vivos expostos ao ambiente contaminado de forma precoce (DA SILVA et al., 2020).

## 5 CONCLUSÃO

Em relação aos dados biométricos, os exemplares de *S. herzbergii* coletados na Ilha dos Caranguejos apresentaram todos os estádios gonadais, bem como pesos maiores para os órgãos de fígado e gônadas, mostrando assim pelo ponto de vista da morfometria, uma estrutura populacional pouco impactada.

As alterações branquiais foram mais presentes nos peixes do Porto Grande, já as alterações hepáticas foram mais frequentes na Ilha dos Caranguejos. Mas em uma visão convergente dos biomarcadores branquiais e hepáticos presentes em *S. herzbergii* coletados na baía de São Marcos, podemos destacar que os peixes apresentaram o maior número total de alterações na área portuária. Vale ressaltar que devido a severidade das alterações encontradas na Ilha dos Caranguejos, apresenta pelos cálculos dos índices de severidade das lesões (Bernet), percebe-se que ambas as regiões se encontram impactadas e influenciando nas respostas biológicas dos peixes que ali vivem.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa, bem como à UEMA, ao Laboratório de Biomarcadores em Organismos Aquáticos (LABOAq) e ao grupo de pesquisa GEPMAAq da Universidade Estadual do Maranhão.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. C.; BARRELLA, W. Análise do IDA—Índice de Desempenho Ambiental como ferramenta para aprimoramento da Gestão Ambiental portuária no Brasil. **Unisanta BioScience**, v. 8, n. 3, p. 282-298, 2019.

ALMEIDA, Z. S.; SANTOS, N. B.; SOUSA, H. L.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; ANDRADE, T. S. O. M. Biologia reprodutiva da pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) capturada na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 1, p. 46-54, 2016.

ANTAQ. **Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários)** Anuário de 2018. CBIE – Centro Brasileiro de Infraestrutura. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/quantos-portos-temos-no-brasil/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

ANTAQ. Principais Portos do Brasil. **Antaq (Agência Nacional de Transportes Aquaviários)**, 2016. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acesso em: 19 de novembro de 2019.

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of fish diseases**, v. 22, n. 1, p. 25-34, 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357. de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.58-63, 2005.

BUENO, A. P. M.; DA GRAÇA VASCONCELOS, M.; FRANCISCO, C. M.; PAVANIN, L. A. Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físico-químicos da água da represa Cocais, Minas Gerais. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 3, p. 32-36, 2017.

CANTANHEDE, L. G.; PEREIRA, L. R. M.; VERAS, P. F.; SILVA, W. B. T.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; ALMEIDA, Z. S. Environmental perception of fishermen: use and conservation of fisheries resources. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 4, 2018.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; CASTRO, A. C. L. Diversidade das assembléias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 41, p. 48-57, 2008.

CARVALHO-NETA, R. N. F.; ABREU-SILVA, A. L. *Sciades herzbergii* oxidative stress biomarkers: an in situ study of estuarine ecosystem (São Marcos' Bay, Maranhão, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 58, p.11-17, 2010.

CARVALHO-NETA, R.N.F.; TORRES JUNIOR, A.R.; SILVA, D.; CORTEZ, C.M.A simple mathematical model based on biomarkers in stress-resistant catfish species,



*Sciades herzbergii* (Pisces, ariidae), in São Marcos Bay, Brazil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.174, p.2380-2391, 2014.

CASTRO, J. S.; SILVA, J. S.; FREITAS, L. C.; CARVALHO-NETA, R. N. Biomarcadores histopatológicos na espécie *Hoplias malabaricus* (Pisces, Osteichthyes, Erythrinidae) em uma unidade de conservação de São Luís (MA). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1687-1694, 2014.

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**, v. 70, n. 2, p. 410-418, 2018.

DA SILVA, M. R. F.; SOUZA, K. S.; DE ASSIS, C. R. D.; SANTOS, M. D. V.; DE OLIVEIRA, M. B. M. Biomarcadores como ferramenta para monitorar o impacto ambiental nos Ecossistemas Aquáticos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75702-75720, 2020.

DE OLIVEIRA, S. R. S.; PINHEIRO-SOUSA, D. B.; DE ALMEIDA, Z. D. S.; DA SILVA CASTRO, J.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes, Cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 9, n. 1, p. 12-26, 2016.

GREGÓRIO, R. O. **Lesões histopatológicas dos tecidos sanguíneo, hepático e branquial de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em áreas suscetíveis à contaminação por pesticidas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável. Área de concentração: Impactos ambientais da atividade de Aquicultura). Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2017.

LIMA, E. M. M.; SOUSA, K. N. S.; SANTOS, P. R. B.; FERREIRA, L. A. R.; RODRIGUES, A. F.; PANTOJA, A. S. Relação peso-comprimento e fator de condição da pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*, Heckel 1840) comercializada no município de Santarém, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 2, p. 44-48, 2017.

E. B. RIBEIRO, Z. S; ALMEIDA, R. N. F.; CARVALHO-NETA. Hábito alimentar do bagre *Sciades herzbergii* (Siluriformes, Ariidae) da Ilha dos caranguejos, Maranhão, Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 6, p. 1761-1765, 2012.

EMAP. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**. Itaqui. Disponível em: <<http://observatorioantaq.info/index.php/2016/06/05/itaqui/>>. Acesso em: 21 de setembro de 2019.

EMAP. Localização do Porto do Itaqui. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**, 2016. Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/porto-do-itaqui/localização>>. Acesso em: 21 de novembro de 2019.

EMAP. Localização do Porto do Itaqui. **EMAP (Empresa Maranhense de Administração Portuária)**, 2016. Disponível em: <<http://www.portodoitaqui.ma.gov.br/porto-do-itaqui/localizacao>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

FERRAZ, E. M.; CERQUEIRA, V. R. Influência da temperatura na maturação gonadal da robala-comum *Centropomus undecimalis*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 73 - 83, 2018.

IBGE. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. **Diretoria de Geociências - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 176p, 2012.

JAVED, M.; AHMAD, I.; USMANI, N.; AHMAD, M. Studies on biomarkers of oxidative stress and associated genotoxicity and histopathology in *Channa punctatus* from heavy metal polluted canal. **Chemosphere**, v. 151, p. 210-219.

JÚNIOR, H. A. S. A. Complexo Portuário, Reserva Extrativista e desenvolvimento no Maranhão. **Caderno CRH**, v. 29, n. 77, p. 281-294, 2016.

PEREIRA, D.P.; SANTOS, D.M.S.; CARVALHO NETA, A. V. C.; CRUZ, C. F.; CARVALHO NETA, A.V. et al. Alterações morfológicas em brânquias de *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) como biomarcadores de poluição aquática na Laguna da Jansen, São Luís, MA (Brasil). **Bioscience Journal**, v.30, p.1213-1221, 2014.

PEREIRA, N. J.; DOS SANTOS, M. M.; DA SILVA MAIÃO, J. P. L.; DE PINHO CAMPOS, J. S.; DA SILVA, N. D.; DA SILVA MENDES, D. C.; LENZ, T. M.; SANTOS, D. M. S. Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do rio Mearim, nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68063-68079, 2020.

PUNTORIERO, María Laura; CIRELLI, Alicia Fernández; VOLPEDO, Alejandra Vanina. Histopathological changes in liver and gills of *Odontesthes bonariensis* inhabiting a lake with high concentrations of arsenic and fluoride (Chasicó Lake, Buenos Aires province). **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 34, n. 1, p. 69-77, 2018.

QUALHATO, G., DE SABÓIA-MORAIS, S. M. T.; SILVA, L. D.; ROCHA, T. L. Melanomacrophage response and hepatic histopathologic biomarkers in the guppy *Poecilia reticulata* exposed to iron oxide (maghemite) nanoparticles. **Aquatic Toxicology**, v. 198, p. 63-72, 2018.

RIBEIRO, G. C.; CATTANI, A. P.; HOSTIM-SILVA, M.; CLEZAR, L.; DOS PASSOS, A. C.; SOETH, M.; CARDOSO, O. R.; SPACH, H. L. Marine ichthyofauna of Santa Catarina Island, Southern Brazil: checklist with comments on the species. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 3, 2019.

RODRIGUES, C. A. L.; RIBEIRO, R. P.; SANTOS, N. B.; ALMEIDA, Z. S. Patterns of mollusc distribution in mangroves from the São Marcos Bay, coast of Maranhão State, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 4, p. 391-400, 2016.

RODRIGUES, S.; ANTUNES, S. C.; NUNES, B.; CORREIA, A. T. Histological alterations in gills and liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after exposure to the antibiotic oxytetracycline. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 53, p. 164-176, 2017.

SANT'NA JÚNIOR, H. A. S. A. Complexo Portuário, Reserva Extrativista e desenvolvimento no Maranhão. **Caderno CRH**, v. 29, n. 77, p. 281-294, 2016.

SANTOS, D.M.S.; MELO, M.R.S.; MENDES, D.C.S.; ROCHA, I.; SILVA, J.; CANTANHÊDE, S.; MELETTI, P. Histological changes in gills of two fish species as indicators of water quality in Jansen Lagoon (São Luís, Maranhão State, Brazil). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.11, p.12927-12937, 2014.

SOUSA, D. B.; SANTOS, N. B.; OLIVEIRA, V. M.; CARVALHO-NETA, R. N.; ALMEIDA, Z. S. Carcinofauna bêntica estuarina de dois manguezais da costa amazônica maranhense, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, p. 339-347, 2015.

SOUSA. D.B.S.; ALMEIDA, Z.S.; CARVALHO-NETA, R.N.F. Biomarcadores histológicos em duas espécies de bagres estuarinos da Costa Maranhense, Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, p.369-376, 2013.

TORRES, H. S. **BIOMARCADORES HISTOPATOLÓGICOS EM DUAS ESPÉCIES DE BAGRES (PISCES, ARIIDAE) DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA NA BAÍA DE SÃO MARCOS, MARANHÃO**. 2015. Dissertação (Metrado em Recursos Aquáticos e Pesca). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2015

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; NICO, P. E.; VERMEULEN. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

VIEIRA, C. E. D.; COSTA, P. G.; CALDAS, S. S.; TESSER; M. E.; RISSO, W. E.; ESCARRONE, A. L.; V; PRIMEL, E. G.; BIANCHINI, A.; MARTINEZ; C. B. R. Uma abordagem integrada nos agroecossistemas subtropicais: biomonitoramento ativo, contaminantes ambientais, bioacumulação e vários biomarcadores em peixes. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 666, p. 508-524, 2019.