



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

FERNANDA TAVARES FEITOSA

CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DO ESTÔMAGO DAS ESPÉCIES *Hoplias malabaricus* BLOCH, 1974 (CHARACIFORMES: ERYTHRINIDAE) E *Hoplosternum littorale* HANCOCK, 1828 (SILURIFORMES: CALLICHTHYIDAE): IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA ALIMENTAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

FORTALEZA

2023

FERNANDA TAVARES FEITOSA

CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DO ESTÔMAGO DAS ESPÉCIES *Hoplias malabaricus* BLOCH, 1974 (CHARACIFORMES: ERYTHRINIDAE) E *Hoplosternum littorale* HANCOCK, 1828 (SILURIFORMES: CALLICHTHYIDAE): IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA ALIMENTAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Dissertação apresentada à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T23c Feitosa, Fernanda Tavares.

Caracterização histológica do estômago das espécies *Hoplias malabaricus* Bloch, 1974 (Characiformes: Erythrinidae) e *Hoplosternum littorale* Hancock, 1828 (Siluriformes: Callichthyidae) : implicações ecológicas na alimentação de duas espécies de peixes de água doce / Fernanda Tavares Feitosa. – 2023.

32 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva.

1. Histologia. 2. Epitélio. 3. Alimentação. 4. Traíra. 5. Tamoatá. I. Título.

CDD 577

FERNANDA TAVARES FEITOSA

CARACTERIZAÇÃO HISTOLÓGICA DO ESTÔMAGO DAS ESPÉCIES *Hoplias malabaricus* BLOCH, 1974 (CHARACIFORMES: ERYTHRINIDAE) E *Hoplosternum littorale* HANCOCK, 1828 (SILURIFORMES: CALLICHTHYIDAE): IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA ALIMENTAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Dissertação apresentada à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 30/11/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Roberto Feitosa Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Keilo Teixeira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^ª. Dr^ª. Caroline Vieira Feitosa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), processo nº BMD-0008-00060.01.46/21.

Àquela força maior, a qual chamo de Deus, que me sustentou diante perante os momentos difíceis, foi minha força e refúgio. Obrigada Senhor.

Aos meus pais Sebastião Tavares Feitosa e Maria Erismar do Nascimento Tavares, que sempre estiveram ao meu lado apoiando as minhas escolhas, entendendo a minha ausência, me dando amor, colo e carinho o meu muito obrigada. Tudo é por vocês e para vocês.

Ao meu companheiro Jean Ricardo Mesquita Machado, pela paciência, auxílio, compreensão e principalmente por me encorajar.

Ao meu grande amigo, Jean Vale, por participar de forma direta e indireta de todas as etapas desse trabalho. Você foi meu braço direito.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto Silva, por aceitar esse desafio, pela orientação e contribuições.

Aos colegas Tamara Maciel Pereira, Francisco Hélio Coelho de Lima e Patrícia Alejandra Velasquez Vottelerd, pela ajuda no campo e em laboratório. Sem vocês seria impossível a realização desse trabalho.

Ao técnico Robson de Jesus Mendes, por compartilhar comigo todo o seu conhecimento laboratorial em histologia e participar de atividades que fogem à sua obrigação em laboratório.

Aos colegas de curso Darlane Freitas Moraes da Silva, Maria Letícia Stefany Monteiro Brandão e Carlos Eduardo Carvalho, pela ajuda dentro e fora do ambiente acadêmico, tornando os momentos difíceis mais leves.

Aos colegas do Laboratório de Histologia Animal, que não compartilharam apenas o espaço em sala, mas também compartilham conhecimento.

À Profª Drª Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira, da Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo acolhimento, contribuições e ajuda genuína.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para esta pesquisa e para meu desenvolvimento profissional e pessoal, meu muito obrigada!

RESUMO

O sistema digestório dos animais está sujeito a modificações devido seu hábito alimentar, sua interação com o ambiente e a qualidade do ecossistema aquático em que está inserido. Dentre os órgãos que compõe esse sistema, o estômago é o responsável pela digestão e início do processo de absorção de nutrientes. Devido à sua constituição celular, destaca-se por ser um órgão propenso a alterações histológicas causadas por essas características, apresentando variações em seu formato e tamanho. Essas alterações podem comprometer a manutenção das espécies no ecossistema, por estarem sujeitas tanto a alterações morfológicas quanto celulares. Nesse contexto, foram escolhidas duas espécies, com diferentes hábitos alimentares, para investigar através da análise do tecido epitelial, as possíveis mudanças que possam ocorrer em seu estômago. Diante desse contexto, foi notada a escassez de estudos que analisem e descrevam possíveis alterações no tecido epitelial do estômago das espécies *H. malabaricus* e *H. littorale*, escolhidas como modelo biológico devido seu hábito alimentar e distribuição, sendo *H. malabaricus*, uma espécie carnívora e com ampla ocorrência pelo nordeste brasileiro e *H. littorale* pelo seu comportamento alimentar onívoro e ser considerada uma espécie invasora. A carência de pesquisas envolvendo características histológicas de seu trato digestório, com ênfase no estômago, evidenciou a necessidade de ampliar os níveis taxonômicos dessas espécies. Assim, foram incluídos ao trabalho estudos que envolvessem a família Callichthyidae e ordem Siluriformes, a qual pertence a espécie *H. littorale* e a família Erythrinidae e ordem Characiformes, correspondente a espécie *H. malabaricus*, afim do aumento de dados para comparação e discussão dos dados encontrados. Os resultados obtidos apontam a carência de estudos que descrevam o tecido epitelial do estômago de espécies com hábito alimentar carnívoro e onívoro, principalmente em representantes da ordem Caraciformes. *H. malabaricus* e *H. littorale* não apresentaram diferenças em relação as camadas que formam a parede do estômago. *H. malabaricus* não exibiu resultados discrepantes, dispondo de um tecido epitelial simples prismático. Já *H. littorale*, exibiu um tecido epitelial classificado como simples irregular, diferente do esperado. Nesse sentido, conclui-se que o tecido epitelial, sofre modificações relacionadas ao ambiente onde a espécie está inserida, acarretando mudança significativas em seu formato e altura.

Palavras-chave: traíra; tamoatá; histologia; epitélio; alimentação.

ABSTRACT

The digestive system of animals is subject to modifications due to their feeding habits, their interaction with the environment, and the quality of the aquatic ecosystem in which they are located. Among the organs composing this system, the stomach is responsible for digestion and the initiation of the nutrient absorption process. Due to its cellular constitution, it stands out as an organ prone to histological alterations caused by these characteristics, presenting variations in its shape and size. These alterations can compromise the maintenance of species in the ecosystem, as they are subject to both morphological and cellular changes. In this context, two species with different feeding habits were chosen to investigate, through the analysis of epithelial tissue, the possible changes that may occur in their stomachs. In this context, the scarcity of studies analyzing and describing possible alterations in the epithelial tissue of the stomachs of *H. malabaricus* and *H. littorale* species was noted. These species were chosen as a biological model due to their feeding habits and distribution. *H. malabaricus* is a carnivorous species widely distributed in the Brazilian northeast, while *H. littorale* exhibits omnivorous feeding behavior and is considered an invasive species. The lack of research involving histological characteristics of their digestive tract, with an emphasis on the stomach, highlighted the need to expand the taxonomic levels of these species. Thus, studies involving the Callichthyidae family and Siluriformes order, to which the *H. littorale* species belongs, and the Erythrinidae family and Characiformes order, corresponding to the *H. malabaricus* species, were included in the work to increase data for comparison and discussion of the findings. The obtained results indicate the lack of studies describing the epithelial tissue of the stomach in species with carnivorous and omnivorous feeding habits, especially in representatives of the Caraciformes order. *H. malabaricus* and *H. littorale* did not show differences in the layers forming the stomach wall. *H. malabaricus* did not exhibit discrepant results, showing a simple prismatic epithelial tissue. However, *H. littorale* exhibited epithelial tissue classified as irregularly simple, contrary to expectations. In this sense, it is concluded that the epithelial tissue undergoes modifications related to the environment in which the species is located, leading to significant changes in its shape and height.

Keywords: traíra; tamoatá; histology; epithelium; feeding.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas do protocolo de PRISMA.....	12
Figura 2 – Mapa da localização do estado do Ceará, com o respectivo município de Caucaia e pontos de coleta.....	14
Figura 3 – Fotomicrografias do estômago de <i>H. malabaricus</i> corado em Tricrômico de Gomori.....	20
Figura 4 – Fotomicrografias do estômago de <i>H. littorale</i> corado em Tricrômico de Gomori.....	22
Figura 5 – Média da altura do epitélio das espécies (μm).....	23
Figura 6 – Fotomicrografias do estômago de <i>H. littorale</i> corado em Tricrômico de Gomori.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do epitélio de acordo com o hábito alimentar.....	13
Tabela 2 - Classificação do epitélio de acordo com o hábito alimentar.....	18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1	Levantamento bibliográfico	11
2.2	Área de estudo	13
2.3	Licença ambiental	14
2.4	Coleta	14
2.5	Processamento histológico	15
2.5.1	<i>Desidratação</i>	15
2.5.2	<i>Diafanização</i>	16
2.5.3	<i>Impregnação</i>	16
2.5.4	<i>Inclusão e corte</i>	16
2.5.5	<i>Coloração</i>	16
2.6	Análises morfométricas	17
2.7	Análises estatísticas	17
3	RESULTADOS	17
3.1	Descrição histológica do tecido epitelial do estômago de duas espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares: um levantamento bibliográfico	17
3.2	Descrição histológica do estômago de <i>H. malabaricus</i>	19
3.3	Descrição histológica do estômago de <i>H. littorale</i>	21
3.4	Altura do epitélio	23
4	DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÃO	26
6	FINANCIAMENTO	27
	REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Dentre os órgãos que compõem o trato digestório, o estômago destaca-se pelas adaptações e diversidade de características morfofuncionais de acordo com a espécie e seu hábito alimentar, sendo o órgão com maior propensão às mudanças anatômicas (GHOSH & CHAKRABARTI, 2015). O estômago é o responsável pelo armazenamento temporário do alimento, auxiliando no processo de digestão por meio da quebra mecânica e da secreção de enzimas e ácidos que tardiamente irão facilitar o processo de absorção de nutrientes (ROTTA, 2003; BALDISSEROTTO, 2009; OLSSON, 2011; FACCIOLI, 2014). No entanto, episódios de estresse promovidos por mudanças ambientais acarretam modificações nas estruturas desse órgão, por estarem expostos a diversos agentes nocivos (UTETE *et al.*, 2019)

O tamanho e formato desse órgão varia de acordo a espécie, independente do hábito alimentar (OLSSON, 2011; FACCIOLI, 2014). Os peixes possuem uma ampla variedade de formas estomacais, variando desde formas retilíneas aos com formato de “Y”, “J” e “U”, podendo existir em algumas espécies, como as herbívoras, por necessitarem de um intestino mais longo para a digestão total do alimento.

Essas variações morfológicas estão intimamente relacionadas as adaptações desses animais ao ambiente onde estão inseridos e aos seus hábitos alimentares. Dados como estes demonstram o alto nível de plasticidade presente nesse grupo.

Popularmente conhecido como traíra, *Hoplias malabaricus* é um peixe carnívoro de água doce, com ampla distribuição nas bacias hidrográficas da América do Sul e Central. No Nordeste brasileiro, está presente na maioria dos ecossistemas aquáticos do semiárido, ocorrendo tanto em ambientes lênticos quanto lóticos. Tem dieta carnívora e oportunista, alimentando-se principalmente de pequenos peixes, crustáceos e invertebrados aquáticos (PERETTI & ANDRIAN, 2008), sendo considerada uma espécie com alto índice predatório. São animais resistentes às secas recorrentes da região, característica essa atribuída a sua respiração aérea, que a permite sobreviver aos longos períodos de estiagem (PESSOA *et al.* 2012; LEVIS *et al.*, 2013). No semiárido nordestino, representa uma das fontes de alimento e de renda das comunidades locais (PESSOA *et al.* 2012).

Quanto à morfologia estomacal. *H. malabaricus* exibe paredes consistentes e elásticas com formato retilíneo e dividido em três porções: a porção cárdia, a fúndica e a pilórica, dispondo de cecos pilóricos interligados a porção cárdia (PESSOA *et al.*, 2012; PESSOA *et*

al., 2013). Ao serem observadas, as porções iniciais destacam-se por sua extensão quando comparada com a porção pilórica, que apresenta redução significativa dessa extensão e se conecta as demais por meio da região da lateral final da porção fúndica, fugindo do padrão retilíneo.

Conhecido popularmente como “cascudo”, “tamoatá”, “tamotá, entre outros, *Hoplosternum littorale* é um encontrado em diversos pontos da América do Sul, especialmente em locais de drenagem fluvial Cis-Andias e ao norte de Buenos Aires, segundos dados da *FishBase* (2023). Devido sua respiração aérea, comumente é registrada em ambientes lênticos com águas pobres em oxigênio (OYAKAWA et al., 2005; LEVIS et al., 2013; FREITA et al., 2018).

Nas bacias dos rios Amazonas e Paraguai, *H. littorale* apresenta alto potencial econômico, o que fez com que ao longo dos anos, fosse introduzido nas bacias hidrográficas do nordeste brasileiro. O sucesso adaptativo a essa região se deu por meio de sua dieta onívora e a ausência de predadores naturais em potencial, devido a morfologia de seu corpo coberto por placas ósseas. Além disso, tem alta capacidade de sobrevivência em ambientes alterados, dificultando seu controle populacional no semiárido e favorecendo o aumento de sua população (GIAMAS, 1997; PINHEIRO et al. 2013).

H. littorale apresenta dois estômagos, um mecânico e outro químico, ambos com formato de “U” que atua na maceração de componentes sólidos e na liberação de substâncias químicas, respectivamente (KAPOOR; SMIT; VERIGHINA, 1976; GIAMAS et al., 2000). As paredes dos órgãos apresentam uma estrutura delgada com baixa elasticidade, além de ser uma espécie com alto índice de gordura em seu trato digestório, alertando possíveis danos nos tecidos que compõem este sistema do corpo desses animais.

O estômago de vertebrados apresenta um epitélio responsável por secretar substâncias que auxiliem no processo de digestão, por absorver parte dos nutrientes, assim como no intestino, e de revestir e proteger seu lúmen, o qual abaixo do epitélio encontra-se o tecido conjuntivo, os vasos sanguíneos e as células musculares (SANTOS et al., 2007; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008; DUARTE, 2022). Porém, o contato do alimento com epitélio pode acarretar danos as células epiteliais, alterando-as e sendo capaz de ocasionar o desenvolvimento de doenças, desnutrição, diminuição do número de indivíduos da população podendo levar a extinção local da espécie, o que implica em um efeito cascata que afeta

demais populações relacionadas, dentre elas, demais indivíduos dependentes destes indivíduos para subsistência. (PESSOA et al., 2012; MASTAN, 2014; COSTA et al., 2015; DA SILVA et al., 2022).

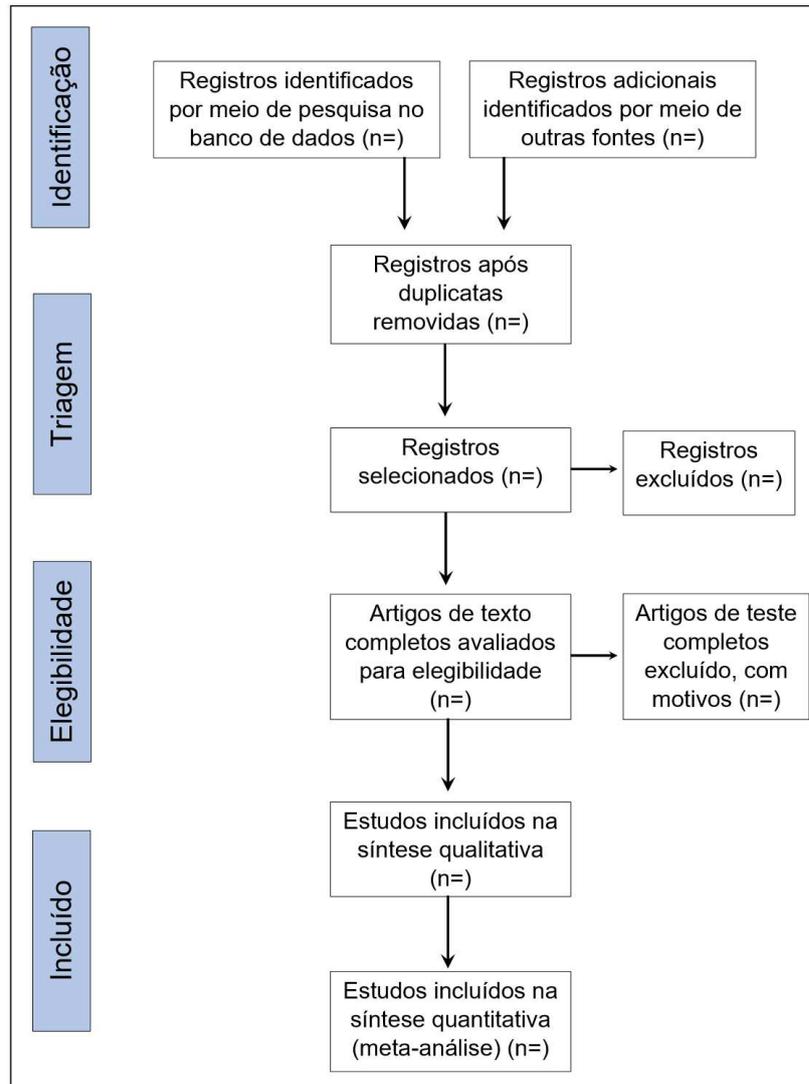
Considerando a carência de estudos que descrevem alterações no tecido epitelial do estômago de *H. malabaricus* e *H. littorale*, sendo este um órgão suscetível a danos decorrentes de alterações ambientais e capazes de interferir na saúde desses indivíduos e ocasionar o declínio de suas populações. Esse trabalho objetiva descrever e analisar as alterações sofridas no tecido epitelial do estômago destas duas espécies relacionando-as ao hábito alimentar. Os dados obtidos por meio desta pesquisa, contribuirão para a utilização da ferramenta histológica na inferência da manutenção das espécies em seus referidos ambientes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Levantamento bibliográfico

Essa etapa consistiu na leitura de artigos, que abordam a descrição e análise histológica dos órgãos que compõem o sistema digestório dos peixes, com foco especial no estômago. A mesma, foi baseada no protocolo de revisão sistemática e meta análise PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) conforme mostra a figura 1 (LIBERATI et al., 2009; MOHER et al., 2009).

Figura 1 - Fluxograma das etapas do protocolo de PRISMA.



Fonte: Liberati *et al.* (2009); Moher *et al.* (2009).

Nesta pesquisa bibliográfica foram elencados critérios para a seleção de trabalhos que envolvessem as espécies *H. malabaricus* e *H. littorale*, assim como espécies do mesmo gênero, as famílias, Erythrinidae e Characiformes; Callichthyidae e a ordem Siluriformes, respectivamente (Tabela 1). Além disso, foram consultados trabalhos referentes às palavras-chave desta pesquisa “estômago”, “epitélio”, “alimento”, “peixe”, “tamoatá” e “traíra”, utilizando-se as plataformas *Google Scholar*, *SciELO (Scientific Electronic Library Online)*, *Periódicos CAPES*, visando a comparação de dados.

Tabela 1 - Processo de seleção dos artigos avaliados durante a aplicação do protocolo PRISMA.

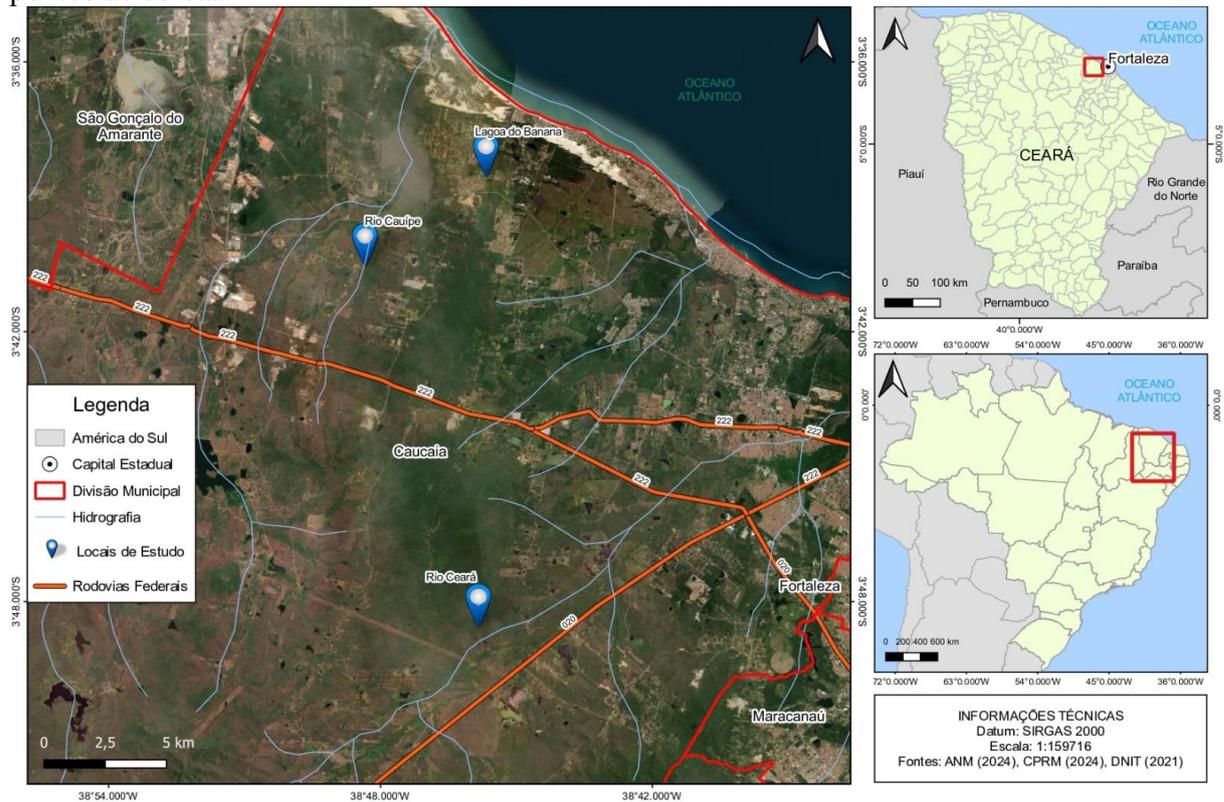
Itens avaliados	Periódicos CAPES	SciELO	Google scholar
Pesquisa de palavras-chave	37	25	42
Pesquisa por famílias	15	5	24
Pesquisa por gênero	12	3	12
Selecionados	4	3	7
Total		16	

2.2. Área de estudo

As coletas foram realizadas no município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), situado na Bacia Hidrográfica Metropolitana (BHM) do estado do Ceará. A região conta com os rios Ceará e Cauípe como dois de seus maiores cursos de água (MEDEIROS et al., 2012; SILVA et al., 2019) e com a Lagoa do Banana, que quando atinge o nível máximo, escoar em direção ao Lagamar do Cauípe, por meio do riacho Pirapora (MARINHO; VASCONCELOS, 2004). Com temperatura média anual entre 24 a 32°C, o município apresenta clima que varia entre tropical quente semiárido, tropical quente sub-úmido e tropical quente úmido e, pluviosidade de 1.243,2 mm onde as chuvas intensas se concentram entre os meses de janeiro a maio (FARRAPO, 2013; IPECE, 2017).

Na bacia foram selecionados os rios Ceará (3°51'34.8"S 38°48'39.2"W), Cauípe (3°42'31.8"S 38°51'47.4"W) e a Lagoa do Banana (3°37'40.9"S 38°45'41.0"W), para a coleta do material (Figura 2), onde os pontos de coleta foram determinados de forma aleatória para a obtenção de dados representativos das populações. Os requisitos para a escolha das espécies foram baseados em seu hábito alimentar, sua distribuição, abundância e uso na região pela população local para fins de subsistência.

Figura 2 - Mapa da localização do estado do Ceará, com o respectivo município de Caucaia e pontos de coleta.



Fonte: A autora (2023).

2.3. Licença ambiental

A coleta foi autorizada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) sob licença (Número 173/2022), em que aprovou a coleta de peixes.

2.4. Coleta

Na região, o período chuvoso se estende entre os meses de janeiro a maio (IPECE, 2017), no entanto, no ano de 2022, as chuvas se prolongaram até meados do mês de julho, isso resultou em um aumento significativo do nível de água nos rios e na lagoa, dificultando a realização das coletas das espécies. Por este motivo, as coletas foram realizadas entre os meses de setembro e dezembro de 2022, com o intuito de obter o máximo de amostras durante o período de menor vazão dos corpos d'água.

Apesar da dificuldade na captura as espécies, devido as questões supracitadas, no total, foram coletados 32 indivíduos, divididos igualmente entre as espécies *H. malabaricus* e *H.*

littorale, para que não houvesse diferença entre a quantidade de amostras. Todos os indivíduos coletados foram eutanasiados em solução de Eugenol. Nessa etapa os peixes foram anestesiados com 30mL de solução de óleo de cravo a 10% (óleo de cravo (10mL); álcool etílico (90mL)) em 970mL de água destilada (LUCENA *et al.* 2013).

Para a coleta, foram utilizadas duas metodologias: (i) rede de arrasto, com dimensões de 2,5 x 3,5m e malha de 5mm, onde o esforço amostral foi de cinco arrastos em três subpontos selecionados de forma aleatória, partindo da porção mais profunda para a margem. (ii) rede de espera, com dimensões de 2,0 x 50m e malhas de 20 e 35mm, suspensas durante o período de 24 horas, sendo realizada a verificação e coleta duas vezes ao dia, nos turnos matutino e vespertino.

Após a coleta, os animais foram dissecados, retirados os fragmentos do trato digestório e processados para análise no Laboratório de Histologia Animal, da Universidade Federal do Ceará. A fixação do trato digestório foi realizada em solução de formol a 10% durante o período de 24 horas e dissecados para a retirada do estômago, com predileção da região fúndica por ser a região responsável pela produção do suco gástrico e assim estando sujeita a alterações (ROTTA, 2003).

2.5. Processamento histológico

Neste estudo, os fragmentos dos órgãos foram preparados de acordo com o protocolo proposto por Junqueira e Junqueira (1983), sendo submetidos a processos de desidratação por meio de álcool, passando pelo procedimento de tornar o material translúcido através do xilol e por último, incluí-lo em parafina líquida.

Essa metodologia é amplamente utilizada para a investigação detalhada da estrutura do tecido estomacal, fornecendo informações valiosas para a compreensão de sua morfologia e características histológicas. Para possibilitar as análises microscópicas, foram seguidas as etapas: desidratação, diafanização, impregnação, inclusão, corte e coloração.

2.5.1. Desidratação

Os fragmentos foram postos em cassetes e organizados em um becker contendo o álcool 70% para dar início a bateria de desidratação, onde o tecido é levado para uma sequência de concentrações crescentes de álcool etílico, desde álcool 70% até álcool absoluto.

Em cada etapa de diluição do álcool, os fragmentos permaneceram imersos durante uma hora para o processo de retirada de água.

2.5.2. *Diafanização*

Nesta etapa, os fragmentos tornam-se translúcidos, cujos interstícios teciduais foram preenchidos com xilol, facilitando, portanto, a infiltração em parafina. Isso é realizado por meio da imersão em uma mistura de álcool-xilol (1:1) por 50 minutos, seguido pela transferência para duas soluções de xilol absoluto (xilol I e II), onde permaneceram por uma hora em cada solução.

2.5.3. *Impregnação*

Em sequência, o material foi transferido para duas imersões em parafina líquida em estufa, com temperatura média de 60°C, por 50 minutos cada imersão.

Durante esse processo os espaços deixados pela água na etapa de desidratação foram preenchidos pela parafina, facilitados pela presença do xilol, já que o álcool é imiscível com a parafina.

2.5.4. *Inclusão e corte*

Após isso, o material passa pela etapa de inclusão em que o fragmento é mergulhado em um recipiente contendo parafina líquida e deixado à temperatura ambiente por 24 horas até que se solidifique totalmente e possa estar pronto para serem seccionados.

Os blocos de parafina contendo o material, são levados para o micrótomo para a realização de cortes com 5 µm de espessura. Cada secção do corte é colocada em banho maria, contendo água em temperatura média de 50°C para que possam distender e serem distendidos em lâminas de vidro. Com a secção na lâmina, segue-se para a etapa de coloração e possibilitar assim, a análise ao microscópio de luz.

2.5.5. *Coloração*

Foi utilizado o método de coloração Tricrômico Gomori, que permite melhor distinção dos diferentes tecidos, onde as fibras colágenas e tecido conjuntivo propriamente dito coram-se em verde e o epitélio e fibras musculares em vermelho e núcleos celulares em roxo. Concluída a coloração, cada lâmina passa pelo processo de montagem permanente, com o uso

de gota de resina sobre o corte para aderência da lamínula. Assim, o material foi analisado e fotografado em microscópio óptico Leica DM 4000B LED com sistema de captura de imagens acoplado.

2.6. Análises morfométricas

As análises morfométricas das células epiteliais do estômago foram realizadas com o objetivo de medir suas alturas, utilizando-se o microscópio de luz Leica DM 4000 LED.

Para cada lâmina foram determinadas três regiões da secção: duas laterais e uma mediana, para a obtenção da média da altura das células. A medição foi realizada utilizando como unidade de medida, o micrômetro (μm), tendo o desvio padrão sido utilizado em todas as análises.

2.7. Análises estatísticas

As análises estatísticas da altura do epitélio foram executadas com o auxílio do *software* R Studio, versão 4.2.2. As amostras foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, com grau de confiança de 95% e nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Descrição histológica do tecido epitelial do estômago de duas espécies de peixes com diferentes hábitos alimentares: um levantamento bibliográfico

A carência de dados relacionados a histologia do trato digestório de peixes, em especial do estômago, estabeleceu a necessidade de ampliação dos níveis taxonômicos relacionados as espécies *H. littorale* e *H. malabaricus*, utilizadas como modelo biológico para este levantamento. Considerando este fator, foram utilizados trabalhos que envolvessem a espécie *H. littorale*, (família Callichthyidae, ordem Siluriformes), e a espécie *H. malabaricus* (família Erythrinidae, ordem Characiformes), visando a validação dos dados, que apontam escassez em sobre esse (Ver tabela 1).

As 16 espécies mencionadas nesse trabalho, apresentaram variações referentes a sua alimentação, dispondo de hábitos alimentares onívoro, carnívoro e herbívoro (tabela 2). Apesar da discrepância mencionada, todas tiveram o tecido epitelial presente no estômago descrito como um epitélio simples prismático (colunar), que exhibe glândulas secretoras de

muco e enzimas que atuam na proteção do revestimento interno do órgão (CASTRO *et al.*, 2003; BELLAVE *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2015).

Tabela 2 - Classificação do epitélio de acordo com o hábito alimentar e organização taxonômica. Epitélio Simples Prismático – SP.

Espécie	Tipo de epitélio	Hábito alimentar	Ordem: Família	Fonte
<i>Clarias gariepinus</i>	SP	Onívora	Siluriformes: Clariidae	Elwan & El Nahass (2019)
<i>Colossoma macropomum</i>	SP	Onívora	Characiformes: Serrasalminidae	Costa <i>et al.</i> (2015)
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	SP	Carnívora	Siluriformes: Pimelodidae	
<i>Hoplias malabaricus</i>	SP	Carnívora	Characiformes: Erythrinidae	Peretti & Andrian (2008); Pessoa <i>et al.</i> (2012); Pessoa <i>et al.</i> (2013)
<i>Hoplosternum littorale</i>	SP	Onívora	Siluriformes: Callichthyidae	Giamas <i>et al.</i> (2000)
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	SP	Carnívora	Siluriformes: Pseudopimelodidae	Castro <i>et al.</i> (2003); Mello <i>et al.</i> (2019)
<i>Megaleporinus reinhardtii</i>	SP	Onívora	Characiformes: Anostomidae	Faccioli <i>et al.</i> (2014)
<i>Mystus vittatus</i>	SP	Onívora	Siluriformes: Bagridae	Chakrabarti & Ghosh (2014)
<i>Mystus cavasius</i>	SP	Carnívora	Siluriformes: Bagridae	Ghosh & Chakrabarti (2015)
<i>Paracheirodon axelrodi</i>	SP	Carnívora	Characiformes: Characidae	Rincón <i>et al.</i> (2023)
<i>Pachypterus khavalchor</i>	SP	Carnívora	Siluriformes: Schilbeidae	Gosavi <i>et al.</i> (2019)
<i>Pimelodus maculatus</i>	SP	Onívora	Siluriformes: Pimelodidae	Santos <i>et al.</i> (2007)
<i>Prochilodus argenteus</i>	SP	Herbívora	Characiformes: Prochilodontidae	Santos <i>et al.</i> (2016)
<i>Salminus brasiliensis</i>	SP	Carnívora	Characiformes: Bryconidae	Castro <i>et al.</i> (2003)
<i>Schizodon knerii</i>	SP	Herbívora	Characiformes: Anostomidae	Santos <i>et al.</i> (2015a)
<i>Trachelyopterus striatulus</i>	SP	Onívora	Siluriformes: Auchenipteridae	Santos <i>et al.</i> (2015b)

Das 16 espécies analisadas, a maioria pertence a ordem dos Siluriformes, com nove representantes, sendo cinco onívoras e quatro carnívoras. Já as espécies que pertencem a ordem dos Characiformes, dispõe de sete representantes, sendo três carnívoras, duas onívora e

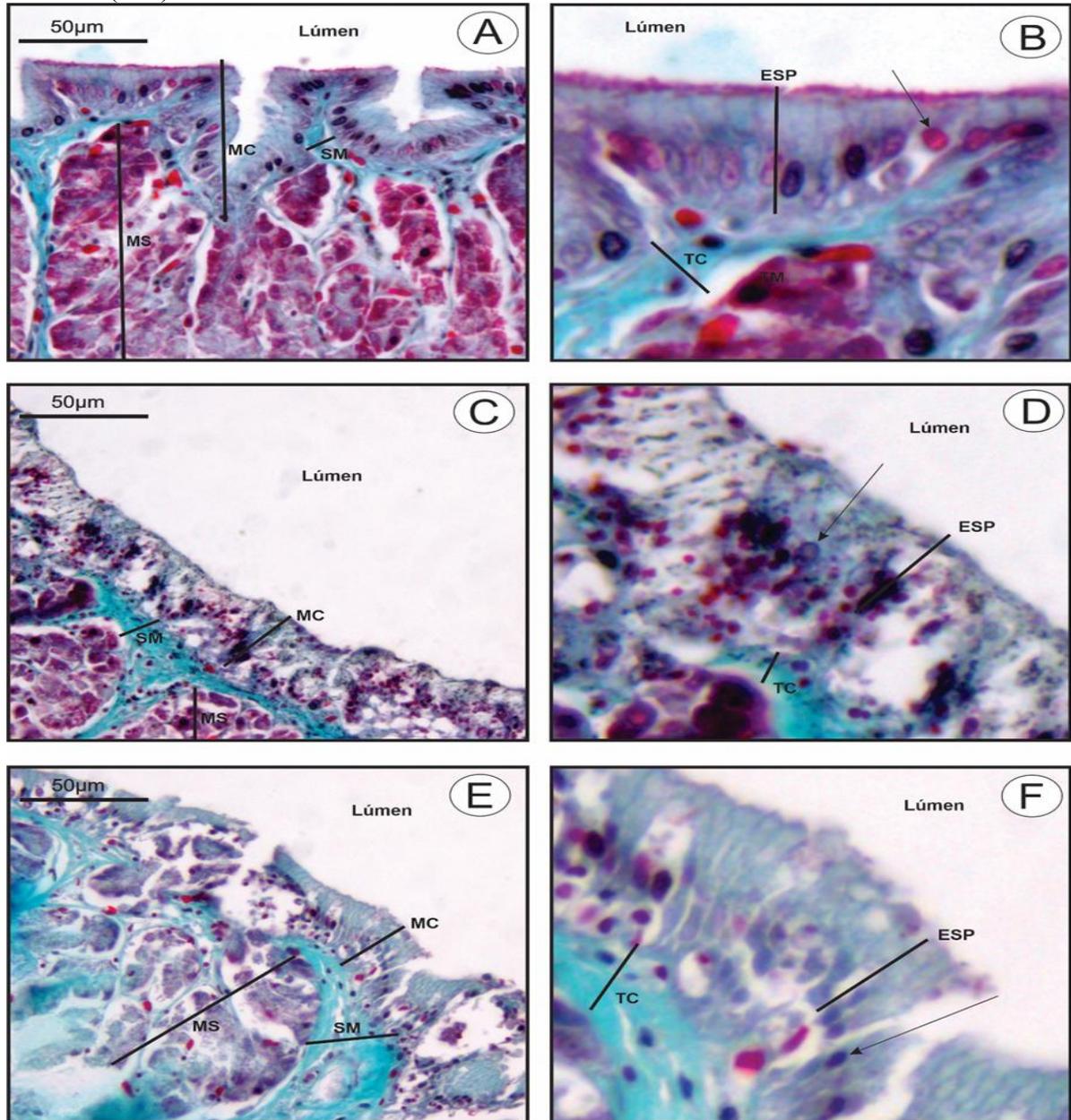
duas herbívoras. Embora os dados apontem hábitos alimentares distintos, todas as espécies compartilharam as mesmas características em relação ao tecido epitelial do estômago.

Neste levantamento, destaca-se a carência de dados de outras espécies. A falta de dados mais robustos justifica este trabalho, que pode avançar na compreensão dos padrões estruturais do tecido epitelial desses animais.

3.2. Descrição histológica do estômago de *Hoplias malabaricus*

Os estômagos de *H. malabaricus* apresentaram estruturas básicas similares às descritas na literatura histológica (Figura 3). Os órgãos são revestidos por uma camada mucosa, em contato com o lúmen formada por um epitélio colunar (prismático) simples apoiado no tecido conjuntivo, o qual é denominado de lâmina própria. As células epiteliais apresentam um núcleo basal, com formato elíptico no sentido da altura da célula. O epitélio forma criptas gástricas, com as células apresentando-se mais altas na região em contato com o lúmen e um pouco mais baixas na porção das criptas. O epitélio apresenta células de revestimento e células secretoras intercaladas.

Figura 3 - Fotomicrografias de secções do estômago de *H. malabaricus* corado em Tricrômico de Gomori. A e B – Rio Ceará; C e D – Rio Cauípe; E e F – Lagoa do Banana. Em A, C e E, estão destacadas as camadas: mucosa (MC), submucosa (SM), muscular (MS) e serosa (S). Em B, D e F, a ampliação das fotomicrografias destaca um epitélio simples colunar (prismático) (ESP), núcleo celular indicado pela seta, tecido conjuntivo (TC) e tecido muscular (TM).



Fonte: A autora (2023).

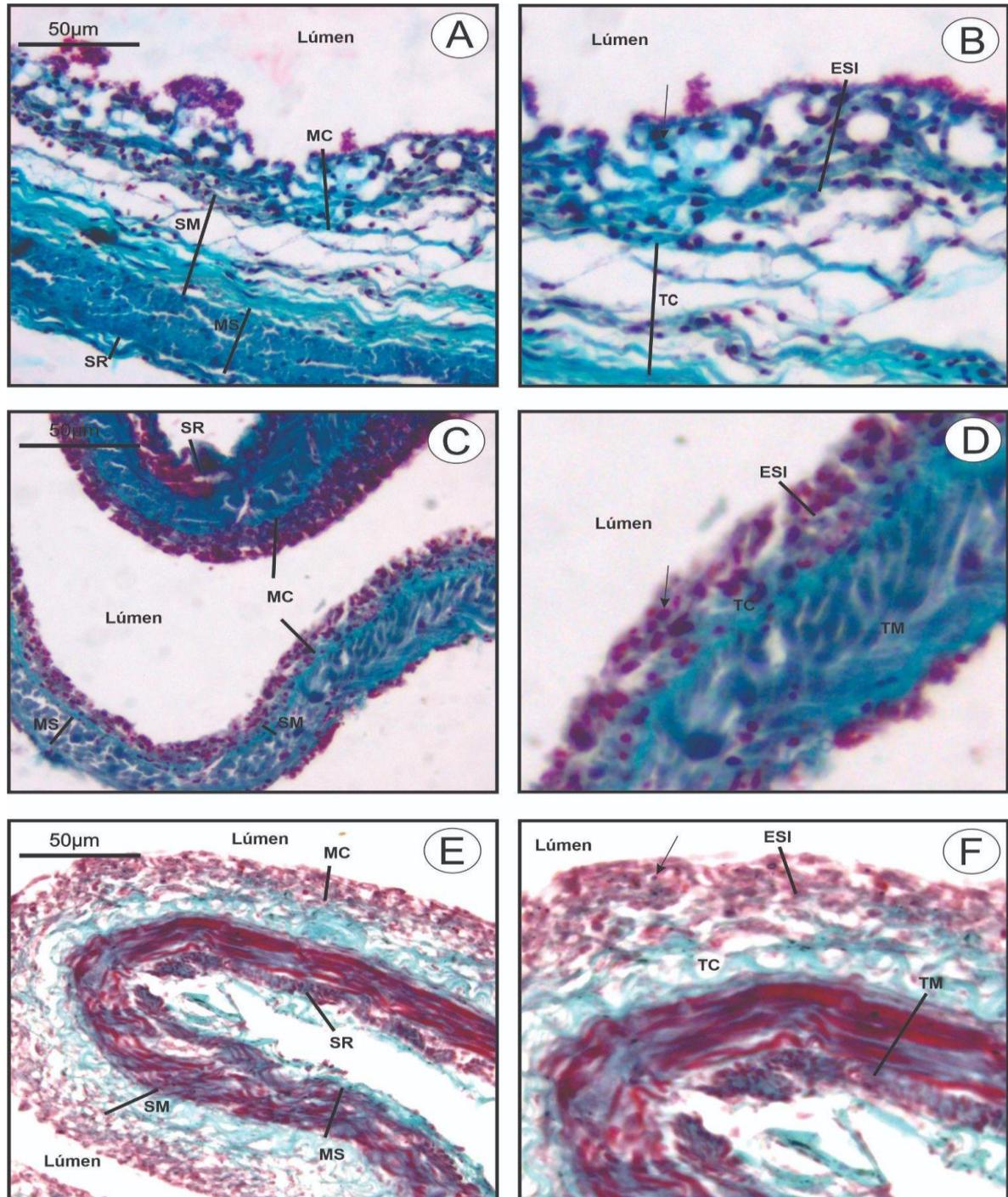
A lâmina própria é formada por tecido conjuntivo denso, na base de todo o epitélio, inclusive das pregas gástricas. Este tecido conjuntivo conecta essa camada à submucosa, onde estão dispostos vasos sanguíneos e linfáticos. Entre as fibras de conjuntivo encontra-se a camada muscular da mucosa, com células dispostas em feixes musculares organizados de forma circular, facilitando os movimentos peristálticos.

A camada serosa desses órgãos apresentou características de um tecido conjuntivo frouxo, que é recobrindo externamente o órgão com um epitélio simples pavimentoso, também denominado de mesotélio. Em locais de transição, onde os órgãos do sistema digestório se conectam com outros órgãos, essa estrutura recebe o nome de camada adventícia por ter além do tecido conjuntivo, o tecido adiposo, como tecido de preenchimento-

3.3. Descrição histológica do estômago de *Hoplosternum littorale*

H. littorale também apresentou um padrão em relação a estruturas das camadas que formam a parede do estômago, onde não foi possível observar a presença de criptas gástricas. A mucosa possui características de um epitélio simples e irregular com variações no formato e na altura, desde pavimentoso a cúbico (Figura 4).

Figura 4 - Fotomicrografias do estômago de *H. littorale* corado em Tricrômico de Gomori. A e B – Rio Ceará; C e D – Rio Cauípe; E e F – Lagoa do Banana. Em A, C e E, estão destacadas a camada mucosa (MC), submucosa (SM), muscular (MS) e serosa (S). Em B, D e F, a ampliação das fotomicrografias destaca um epitélio simples irregular (ESI), núcleo celular indicado pela seta, tecido conjuntivo (TC) e tecido muscular (TM).



Fonte: A autora (2023).

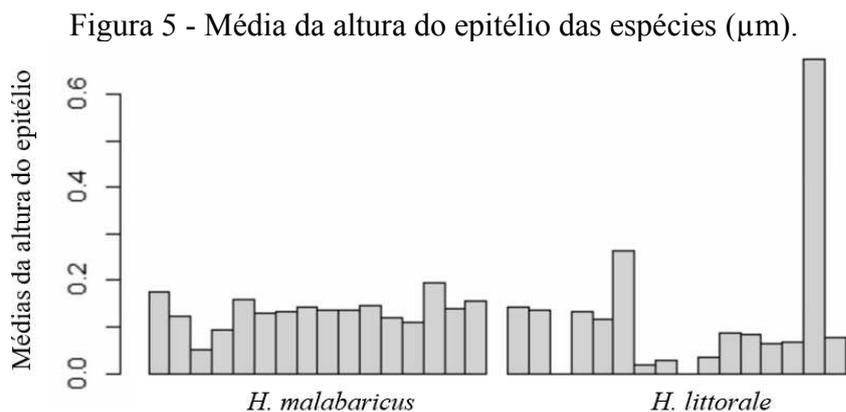
A submucosa formada por tecido conjuntivo, na maioria das vezes frouxo, que diferente da espécie anterior, não formam pregas, conectando as camadas. Com feixes musculares um pouco mais delgados, a muscular da mucosa é formada por células musculares

lisas. A camada serosa exibe uma variação no epitélio, dispendo desde um epitélio simples pavimentoso bem definido, a um epitélio irregular, ambos recobrindo o tecido conjuntivo que também forma esta camada.

Um tanto diferente de *H. malabaricus*, *H. littorale* mantém, praticamente, uma altura constante ao longo do tecido epitelial do estômago, independentemente da fotomicrografia de uma parede com característica retilínea ou curva. Essa característica pode estar relacionada com seu hábito alimentar, uma vez que a espécie não necessita de um tecido muscular denso e conseqüentemente não necessita de tanta elasticidade, isso faz com que seu estômago seja pouco elástico, sem necessidade de se expandir com a chegada do alimento.

3.4. Altura do epitélio

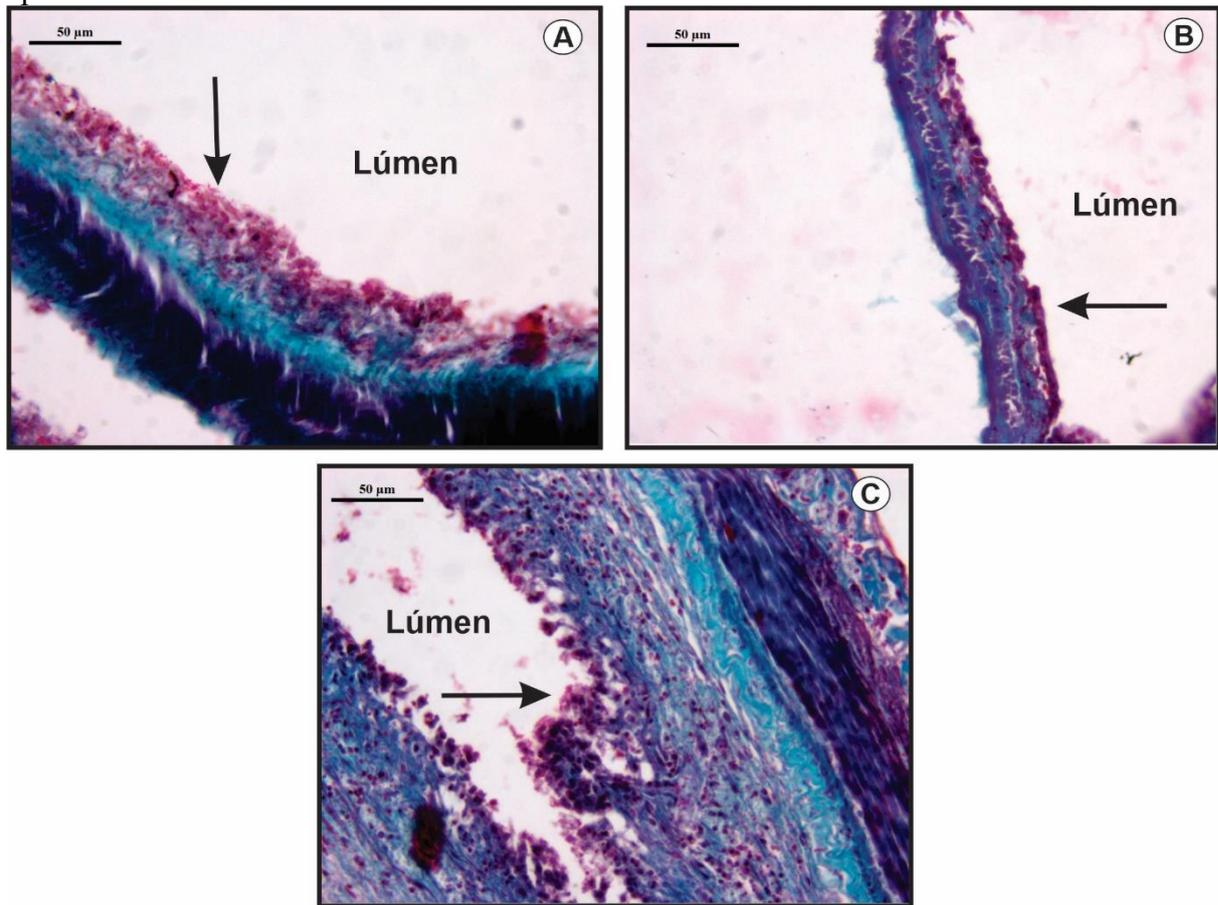
As médias das alturas do epitélio das espécies variaram relativamente, mas sem diferenças significativas entre os valores ($p = 0.572$; $p = 3.604$). *H. malabaricus* exibiu um epitélio com poucas variações entre as médias de seus indivíduos, dispendo de certa regularidade no que se diz respeito aos valores obtidos, como mostra a figura 5.



Fonte: A autora (2023).

Em *H. littorale* apenas um exemplar apresentou uma média fora dos padrões gerais encontrados na pesquisa, tendo em vista que esse indivíduo se diferenciou por apresentar uma parede mais espessa, isso sugere que ele pode ser um indivíduo mais jovem com um epitélio preservado (Figura 6). Por outro lado, as médias caíram relativamente nessa espécie, de modo que alguns exemplares apresentaram um epitélio extremamente delgado, o que dificultou a verificação das medidas, mas que era possível a visualização da estrutura ao microscópio.

Figura 6 - Fotomicrografias do estômago de *H. littorale* corado em Tricrômico de Gomori. A – Rio Ceará; B – Rio Cauípe; C – Lagoa do Banana. A seta aponta as diferentes alturas do epitélio. C – Indivíduo com maior média de altura.



Fonte: A autora (2023).

No geral, os dados de *H. malabaricus* e *H. littorale* não apresentaram diferenças significativas na distribuição de suas médias de acordo com o teste de Shapiro-Wilk ($W = 0.9550$; $W = 0.6359$, respectivamente).

4. DISCUSSÃO

A realização da pesquisa foi dificultada devido a introdução de *Cichla* sp., conhecido popularmente como tucunaré, nos pontos previamente selecionados. Neles, a coleta foi interrompida devido à ausência de outras espécies além de *Cichla* sp. ou por encontrar, junto a mesma, outras espécies que não correspondiam ao objetivo da pesquisa. Vale salientar que *Cichla* sp. é um predador de topo, com altas taxas de natalidade e que não tem nenhum predador natural no semiárido, fazendo dele um invasor, em alto potencial (FRANCO et al., 2022).

Os níveis da água também foram um fator limitante para a quantidade de

exemplares coletados. O grande volume pluviométrico durante o período chuvoso de 2022, que se prolongou até meados de julho de 2022, resultou no aumento significativo do nível da água nos ecossistemas aquáticos da bacia e dificultou a realização da coleta das espécies. Além disso, o valor amostral também foi afetado por meio da dificuldade em encontrar as espécies selecionadas para a pesquisa.

Os animais geralmente apresentam uma organização histológica semelhante de acordo com o órgão e sua respectiva função. As mudanças na organização histológica podem ocorrer conforme a história evolutiva dos grupos, onde adaptações são necessárias para garantir a sobrevivência, entre elas, uma das mais relevantes adaptações é o hábito alimentar (GHOSH & CHAKRABARTI, 2015; UTETE *et al.* 2019).

Nesta pesquisa, as espécies *H. malabaricus* e *H. littorale* apresentaram na parede do órgão, as quatro camadas responsáveis pela sua formação e sustentação: (i) mucosa, responsável pela produção do suco gástrico e proteção das células contra o ácido e enzimas digestivas. (ii) submucosa, atuando na oxigenação e nutrição celular devido a presença de vasos sanguíneos. (iii) muscular da mucosa, que auxilia na movimentação do alimento por meio de suas contrações musculares. (iv) serosa ou adventícia, que protege o órgão da fricção com outros órgãos e o mantém em uma posição estável dentro do abdome. Esses dados corroboram com os resultados obtidos por Castro *et al.* (2003); Bellave *et al.* (2012) e Costa *et al.* (2015) nas espécies *M. reinhardti*, *P. argenteus*, *S. brasiliensis*, *P. pirinampu* e *C. macropomum*, em estudos envolvendo espécies com diferentes hábitos alimentares. Esses dados são corroborados com os atingidos nesta pesquisa, uma vez que a estrutura da parede dos estômagos de *H. malabaricus* e *H. littorale* não apresentou modificações em relação as espécies estudadas por esses autores.

Além disso, foi possível observar diferenças significativas na organização histológica do estômago das espécies estudadas, especialmente no que se refere a estrutura comum de seu tecido epitelial. O epitélio do estômago é retratado por George & Castro (1998); Junqueira & Carneiro, (2008); Böckelmann; Ochandio e Bechara (2010); Sales *et al.* (2017); Elwan & El Nahass (2019) e Okuthe; Bhomela (2021) como uma estrutura responsável pelo revestimento da região interna do órgão, classificado como epitélio colunar (prismático) simples.

Em relação ao epitélio da espécie *H. malabaricus*, os resultados apontaram um epitélio classificado como simples colunar (prismático), com núcleos localizados na região basal e

com células de revestimento, secretoras de muco afim de proteger seu revestimento interno, conforme dados de Mohsin (1962); Medeiros *et al.* (1962); Giamas *et al.* (2000); Santos *et al.* (2007) e Wilson & Castro (2010).

Em contrapartida, a espécie *H. littorale*, apresentou um epitélio simples e irregular, com núcleos centralizados e variações significativas no formato e na altura dessas estruturas. Isso destoa completamente dos padrões observados em outros trabalhos realizados nas espécies *C. gariepinus*, *M. vittatus*, *P. maculatus* e *T. striatulus*, que pertencem a mesma ordem e apresentam o mesmo hábito alimentar, no entanto, possuem epitélio cilíndrico simples (SANTOS *et al.* 2007; CHAKRABARTI & GHOSH, 2014; SANTOS *et al.* 2015b e ELWAN & EL NAHASS 2019). Giamas *et al.* (2000), também trabalharam na espécie *H. littorale* e seus resultados apontaram epitélio simples e cilíndrico, o que também difere dos resultados aqui obtidos. Dessa maneira, aponta-se aqui um padrão epitelial raro quando se trata dessa espécie.

Diante desse cenário, é admitido que a espécie *H. malabaricus* não sofreu grandes influências e/ou modificações no seu estômago, apesar das possíveis alterações que o hábitat dessa espécie pode ter sofrido. Em contraponto, considera-se que a espécie *H. littorale* sofreu modificações epiteliais severas, possivelmente oriundas do ambiente onde se estabeleceu, provavelmente como consequência da sua capacidade de adaptação a ambientes intensamente modificados. Dessa forma, presume-se que as mudanças no tecido epitelial nesta espécie observadas nesta pesquisa possam ser resultado de uma adaptação a um novo ambiente em que ela está inserida, uma vez que se trata de uma espécie invasora.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados da pesquisa, o hábito alimentar das espécies sofre influência do meio ambiente e modifica as características do epitélio, também apresentado variações de medidas em indivíduos da mesma espécie. No tecido epitelial de *H. malabaricus* encontra-se preservado, visto que as células deste tecido apresentaram características compatíveis com os dados existentes e não houve mudanças significativas em relação à altura do mesmo. Já em *H. littorale*, apesar do estômago dispor de todas as camadas descritas e esperadas para a formação da parede do órgão, o epitélio não apresentou um padrão esperado na estrutura estomacal, com alterações significativas a sua altura, em comparação com os dados de *H. malabaricus* e dispendo de um epitélio simples com um formato irregular de

células. Tais modificações podem ser oriundas da dieta desses animais, que pode ser resultado da adaptação ao ambiente no qual estão introduzidos e das alterações do mesmo, sendo essas alterações limitantes para a preservação e desenvolvimento celular e sobrevivência.

6. FINANCIAMENTO

Esta pesquisa recebeu suporte financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), processo n° BMD-0008-00060.01.46/21 e da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio do Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP).

REFERÊNCIAS

- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2. ed. Rev. ampl. Santa Maria: UFSM, 2009. 349 p.
- BELLAVE, S. M. *et al.* Descrição morfológica do estômago do barbado, *Pinirampus pirinampu* (Teleostei, Pimelodidae). **Rev Cienc Agro-Ambient [Internet]**, [S. l], v. 10, n. 2, p. 213-8, 2012.
- BÖCKELMANN, P. K.; OCHANDIO, B. S.; BECHARA, I. J. Histological study of the dynamics in epidermis regeneration of the carp tail fin (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758). **Brazilian Journal of Biology**, [S. l], v. 70, n. 1, p. 217-223, 2010.
- CASTRO, E. F. *et al.* Caracterização histológica e detecção de células endócrinas no estômago de peixes de água doce, com diferentes hábitos alimentares. **Biotemas**, [S. l], v. 16, n. 2, p. 105-130, 2003.
- CHAKRABARTI, P.; GHOSH, S. K. A comparative study of the histology and microanatomy of the stomach in *Mystus vittatus* (Bloch), *Liza parsia* (Hamilton) and *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Journal of Microscopy and Ultrastructure**, [S. l], v. 2, n. 4, p. 245-250, 2014.
- COSTA, G. M. *et al.* Aspectos morfológicos do estômago de *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818), Tambaqui. **Enciclopédia biosfera**, [S. l], v.11, n. 22, p. 2844-2851, 2015.
- DA SILVA, *et al.* Environmental Monitoring for Genomic Damage After an Environmental Accident in a River in the Brazilian Northeast. **Water, Air, & Soil Pollution**, [S. l], v. 233, n. 12, p. 506, 2022.
- DUARTE, A. L. S. **Efeitos dos metais pesados no intestino de três espécies de peixes no Alto Rio Doce cinco anos após o rompimento da barragem de Mariana-MG**. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- ELWAN, M. M. M.; EL NAHASS, E. E. S. M. Comparitive histological and ultrastructural studies on the stomach of African catfish (*Clarias gariepinus*) and (*Oreochromis niloticus*). **J. Histol. Histopathol**, [S. l], v. 6, p. 7, 2019.
- FACCIOLI, C. K. *et al.* Morphology and histochemistry of the digestive tract in carnivorous freshwater *Hemisorubim platyrhynchos* (Siluriformes: Pimelodidae). **Micron**, [S. l], v. 64, p. 10-19, 2014.
- FARRAPO, S. de P. **A Lagoa do Banana, Caucaia/Ce e os impactos socioambientais do veraneio e turismo**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

- FRANCO, A. C. S. *et al.* Global distribution of the South American peacock basses *Cichla* spp. follows human interference. **Fish and Fisheries**, [S. l], v. 23, n. 2, p. 407-421, 2022.
- FREITA, F. R. V. *et al.* Occurrence Records of *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (Siluriformes: Callichthyidae) in the Salgado River basin in the South of Ceará-Brazil. **Biota Amazônia**, [S. l], v. 8, n. 2, p. 56-57, 2018.
- GEORGE, L. L.; CASTRO, R. R. L. Métodos de estudos e introdução ao estudo dos tecidos. In: **Histologia comparada**. p. 3-10. Roca, 1998.
- GHOSH, S. K.; CHAKRABARTI, P. Histological and histochemical characterization on stomach of *Myxus cavasius* (Hamilton), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) and *Gudusia chapra* (Hamilton): Comparative study. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, [S. l], v. 70, p. 16–24, 2015.
- GIAMAS, M. T. D. **Ciclo reprodutivo do tamboatá *Hoplosternum littorale*, Hancock, 1828 (Callichthyidae, Osteichthyes)**. 1997. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- GIAMAS, M. T. D. *et al.* Dinâmica da alimentação e observações histológicas do estômago e intestino do Tamboatá *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae) na represa de Bariri, estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S. l], v. 26, n. 1, p. 25-31, 2000.
- GOSAVI, S. M. *et al.* Structural adequacy of the digestive tract supports dual feeding habit in catfish *Pachypterus khavalchor* (Siluriformes: Horabagridae). **Acta Histochemica**, [S. l], v. 121, n. 4, p. 437-449, 2019.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Caucaia. **Perfil Básico Municipal**. Fortaleza, Secretaria de Planejamento e Coordenação. 2017. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/2009/caucaia.pdf. Acesso de 21 jan. 2023.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- JUNQUEIRA, L. C.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. São Paulo: Livraria e Editora Santos, 1983. 123p.
- KAPOOR, B. G.; SMIT, H.; VERIGHINA, I. A. The alimentary canal and digestion in teleosts. **Advances in marine biology**. Academic Press, [S. l], v. 13, p. 109-239, 1976.
- LEVIS, C.; RAMOS, T. P. A.; LIMA, S. M. Q. A disputa desigual entre peixes nativos e exóticos do semiárido. **Natal: EDUFRRN**. p. 67, 2013.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration.

Journal of clinical epidemiology, [S. l], v. 62, n. 10, p. e1-e34, 2009.

LUCENA, C. A. S. *et al.* O uso de óleo de cravo na eutanásia de peixes. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, [S. l], v. 105, p. 20-24, 2013.

MARINHO, J. M. L.; VASCONCELOS, S. M. S. Bacia Costeira do Rio Cauípe, Caucaia, Ceará: Levantamentos Geométrico e Hidrogeológico. **Revista de Geologia**, [S. l], v. 17, n. 1, p. 22-37, 2004.

MASTAN, S. A. Heavy metals concentration in various tissues of two freshwater fishes, *Labeo rohita* and *Channa striatus*. **African Journal of Environmental Science and Technology**, [S. l], v. 8, n. 2, p. 166-170, 2014.

MEDEIROS, C. N. de, MOREIRA GOMES, D. D., ALBUQUERQUE, E. L. S., & SOUZA, M. J. N. de. (2012). Caracterização sócioambiental do município de Caucaia (Ce) utilizando sistema de informação geográfica (SIG): subsídios para o ordenamento territorial. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l], 16(2), 163–182.

MELLO, G. C.G *et al.* Morphological characterisation of the digestive tract of the catfish *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes, Pseudopimelodidae). **Acta Zoologica**, [S. l], v. 100, n. 1, p. 14-23, 2019.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of internal medicine**, [S. l], v. 151, n. 4, p. 264-269, 2009.

MOHSIN, S. M. Comparative morphology and histology of the alimentary canals in certain groups of Indian teleosts. **Acta Zoologica**, [S. l], v. 43, n. 1, p. 79-133, 1962.

OKUTHE, G. E.; BHOMELA, B. Morphology, histology and histochemistry of the digestive tract of the Banded tilapia, *Tilapia sparrmanii* (Perciformes: Cichlidae). **Zoologia (Curitiba)**, [S. l], v. 37, p. 14, 2021.

OLSSON, C. The gut. Gut anatomy and morphology: Gut anatomy. In: FARRELL, A.P. (Ed.). **Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment**. San Diego, CA, USA: Academic Press, 2011. p. 1268-1275.

PERETTI, D.; ANDRIAN, I. F. Feeding and morphological analysis of the digestive tract of four species of fish (*Astyanax altiparanae*, *Parauchenipterus galeatus*, *Serrasalmus marginatus* and *Hoplias aff. malabaricus*) from the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l], v. 68, n. 3 p. 671-679, 2008.

- PESSOA, E. K. R. *et al.* Anatomy and histology of the digestive tract and feeding habits of *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes: erythrinidae). **Animal Biology Journal**, [S. l], v. 3, n. 4, p. 145-158, 2012.
- PESSOA, E. K. R. *et al.* Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e *Hypostomus pusalum* do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, [S. l], v. 1, pág. 48-57, 2013.
- PINHEIRO, D. A. Primeiro registro da ocorrência de protozoários em Tamoatá *Hoplosternum littorale* no Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S. l], v. 39, n. 2, p. 169 – 177, 2013.
- RINCÓN, L. *et al.* Morphological study of the digestive tract of the cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* (Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, [S. l], v. 21, p. e220092, 2023.
- ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. 2003. 48 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 53). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Corumbá, MS.
- SALES, C. F. *et al.* Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost. **Neotropical Ichthyology**, [S. l], n. 15, v. 1, p. 14, 2017.
- SANTOS, A. E. *et al.* Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [S. l], v. 38, p. 9-16, 2016.
- SANTOS, C. M. *et al.* Histologia e caracterização histoquímica do tubo gastrointestinal de *Pimelodus maculatus* (Pimelodidae, Siluriformes) no reservatório de Funil, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, [S. l], v. 97, p. 411-417, 2007.
- SANTOS, M. L. Dos *et al.* Morphological characteristics of the digestive tract of *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875), (Characiformes: Anostomidae): An anatomical, histological and histochemical study. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S. l], v. 87, p. 867-878, 2015a.
- SANTOS, M. L. dos *et al.* Morphological, histological and histochemical analysis of the digestive tract of *Trachelyopterus striatulus* (Siluriformes: Auchenipteridae). **Zoologia (Curitiba)**, [S. l], v. 32, p. 296-305, 2015b.
- SILVA, G. de M. *et al.* O geoprocessamento na delimitação da bacia hidrográfica do rio cauípe, região metropolitana de Fortaleza-Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l], v. 21, n. 2, p. 686-695, 2019.
- UTETE, B. *et al.* Histological alterations of selected tissues (gill, liver, kidney and stomach) in two common fish species within two eutrophic peri-urban lakes in Zimbabwe. **African Journal of Aquatic Science**, [S. l], v. 44, n. 2, p. 155-162, 2019.

WILSON, J. M.; CASTRO, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: **Fish physiology**. Academic Press, 2010. p. 1-55.