

Universidade Estadual do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade
e Biotecnologia da Rede BIONORTE

ADAPTAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE *Cichla kelberi*
Kullander & Ferreira, 2006 (Cichliformes: Cichlidae) EM
DIFERENTES ESTÁGIOS REPRODUTIVOS

DENISE CARLA DA SILVA MENDES

SÃO LUÍS-MA

2025



Universidade Estadual do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade
e Biotecnologia da Rede BIONORTE

DENISE CARLA DA SILVA MENDES

**ADAPTAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE *Cichla kelberi* Kullander &
Ferreira, 2006 (Cichliformes: Cichlidae) EM DIFERENTES ESTÁGIOS
REPRODUTIVOS**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alcina Vieira de Carvalho Neta
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil

Co-orientador: Prof. Dr. José Ribamar de Souza Torres Júnior
Universidade Federal do Maranhão

**SÃO LUÍS-MA
2025**



Mendes, Denise Carla da Silva.

Adaptações morfofisiológicas de *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 (Cichliformes: Cichlidae) em diferentes estágios reprodutivos. / Denise Carla da Silva Mendes. – São Luís(MA), 2025.

93p.

Tese (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE) Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2025.

Orientadora: Profa. Dra. Alcina Vieira de Carvalho Neta.

1. Espécie exótica. 2. Morfofisiologia. 3. Peixe. 4. Reprodução. I.Título.

CDU:636.98



DENISE CARLA DA SILVA MENDES

**ADAPTAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DE *Cichla kelberi*
(Cichliformes: Cichlidae) EM DIFERENTES ESTÁGIOS
REPRODUTIVOS**

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

Aprovada em: 16/10/2025

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br ALCINA VIEIRA DE CARVALHO NETA
Data: 15/12/2025 14:19:37-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Prof.^a. Dr.^a. Alcina Vieira de Carvalho Neta (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br DEBORA MARTINS SILVA SANTOS
Data: 13/12/2025 17:02:03-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Prof. Dra. Débora Martins Silva Santos
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br LARISSA SARMENTO DOS SANTOS RIBEIRO
Data: 15/12/2025 14:12:49-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Larissa Sarmento dos Santos Ribeiro
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br FELIPE POLIVANOV OTTONI
Data: 12/12/2025 16:20:06-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Felipe Polivanov Ottoni
Universidade Federal do Maranhão

Documento assinado digitalmente
gov.br NANCYLENI PINTO CHAVES BEZERRA
Data: 12/12/2025 16:28:21-0300
Verifique em <https://validar.itf.gov.br>

Nancyleni Pinto Chaves Bezerra Universidade
Estadual do Maranhão



AGRADECIMENTOS

Agradecemos as instituições e laboratórios os quais auxiliaram na presente pesquisa, são elas:

Fundação de Amparo e Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão-FAPEMA

Universidade Estadual do Maranhão- UEMA

Universidade Federal do Maranhão- UFMA

Laboratório de Tecnologia Aplicada à Reprodução e Produção de Organismos Marinhos-
TARPON, UFMA

Laboratório de Pesca e Ecologia Aquática- LABPEA, UEMA

Laboratório de Tecnologia do Pescado- LABTEC, UEMA

Laboratório de Biologia e Ambiente Aquático-LABIOAqua, UEMA

Laboratório de Patologia Molecular- LPMOL, UEMA

RESUMO

O tucunaré-amarelo *Ciclha kelberi* tem sido introduzido em reservatórios no Brasil e as informações acerca dos aspectos, energéticos, reprodutivos de maturação gonadal e perfil lipídico da espécie ainda são escassas, especialmente no estado do Maranhão. Tais estudos se encontram pontuais e restritos às regiões lacustres. Portanto, objetivou-se com o estudo avaliar as adaptações morfofisiológicas, energéticas e celulares de *C. kelberi* em diferentes estágios reprodutivos na região do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, município de Barreirinhas- Maranhão. Foram coletados 76 exemplares, 30 fêmeas e 46 machos. Em campo os espécimes capturados foram submetidos a biometria posteriormente eviscerados para posterior retirada dos fígados, estômagos e gônadas. Em laboratório foi realizada a mensuração para realização das variáveis biométricas e histológicas das gônadas e também foram retirados o músculo dorsal, fígado e ventrecha para a determinação da concentração de lipídios dos tecidos. Na avaliação microscópica das gônadas foram observados os seguintes estádios: em maturação (44,7 %), Maduro (28,9 %) e Esvaziado (26,3%). As fêmeas predominaram a no estágio esvaziado e os machos no estágio em maturação. Nas fêmeas foi possível visualizar células em todas as fases de desenvolvimento ovocitário. A proporção sexual para a amostragem foi de 1,5 macho para 1 fêmea. A maior frequência dos indivíduos foi nos comprimentos entre 31,0 a 41,0 cm (49,9%), os machos foram maiores havendo diferença significativa entre os sexos $p=0,01$. As fêmeas obtiveram alometria positiva ($b=3,1$) e machos negativa ($b=2,9$). O fator de condição e o índice Gonadosomático da espécie demonstraram elevações no estágio de desenvolvimento gonadal maduro, indicando bem estar e aptidão a reprodução. O índice Hepatosomático IHS dos machos (0,7) foi superior aos das fêmeas (0,5), os machos obtiveram aumento à medida que avançou a maturação da gônada, já em fêmeas o IHS obteve decclinou no estágio maduro. A análise de lipídios demonstrou que a ventrecha é onde se obtém a maior concentração (7,6%). As fêmeas apresentaram maiores flutuações de lipídios nos tecidos e órgão estudados, já nos machos as flutuações foram discretas e percentuais mais constantes. O coeficiente de determinação mostrou que 45% dos pesos dos estômagos sofreram influência do peso dos peixes. O fator de condição e peso do estômago foi menor em fêmeas que em machos. A espécie converte com eficiência os recursos do meio ambiente em energia voltada a manutenção de sua ecologia e reprodução. Estudos mais detalhados sobre ecologia mecanismos que influenciam o sucesso adaptativo e reprodutivo da espécie são necessários para implementar medidas de manejo e gestão eficazes.

Palavras-chave: Espécie exótica; Morfofisiologia; Peixe; Reprodução.

ABSTRACT

The yellow peacock bass (*Ciclha kelberi*) has been introduced into reservoirs in Brazil, and information on its energetic, reproductive, gonadal maturation, and lipid profile is still scarce, especially in the state of Maranhão. Such studies are limited and restricted to lake regions. Therefore, this study aims to evaluate the morphophysiological, energetic, and cellular adaptations of *C. kelberi* at different reproductive stages in the Lençóis Maranhenses National Park, Barreirinhas, Maranhão. Seventy-six specimens were collected: 30 females and 46 males. The captured specimens were weighed and their livers, stomachs, and gonads were removed for biometric and histological analysis. The dorsal muscle, liver, and venter were also removed to determine tissue lipid concentrations. In the microscopic evaluation of the gonads, the following stages were observed: maturing (44.7%), mature (28.9%), and emptied (26.3%). Females predominated in the emptied stage and males in the maturing stage. In females, cells were visible in all stages of oocyte development. The sex ratio for sampling was 1.5 males to 1 female. The highest frequency of individuals was in lengths between 31.0 and 41.0 cm (49.9%), males were larger, with a significant difference between the sexes ($p = 0.01$). Females obtained positive allometry ($b = 3.1$) and males negative ($b = 2.9$). The condition factor and the gonadosomatic index of the species showed elevations in the mature gonadal development stage, indicating well-being and reproductive fitness. The hepatosomatic index (HSI) of males (0.7) was higher than that of females (0.5). Males showed an increase as gonadal maturation progressed, while females showed a decline in the mature stage. Lipid analysis demonstrated that the venterchae is where the highest concentration is found (7.6%). Females presented greater lipid fluctuations in the tissues and organs studied, while in males, the fluctuations were discreet and the percentages were more constant. The coefficient of determination showed that 45% of stomach weights were influenced by fish weight. The stomach condition factor and weight were lower in females than in males. The species efficiently converts environmental resources into energy for maintaining its ecology and reproduction. More detailed studies on the ecology and mechanisms that influence the adaptive and reproductive success of the species are needed to implement effective management measures.

Keywords: Exotic species; Morphophysiology; Fish; Reproduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Localização da área de estudo no Rio Preguiças, município de Barreirinhas, Maranhão-Brasil.....	24
Figura 02. Exemplar de <i>Cichla kelberi</i> capturado no Rio Preguiças Barreirinhas, Maranhão.....	24
Figura 03. Viveiro de acondicionamento dos exemplares de <i>Cichla kelberi</i>	25
Figura 04. Incisão ventral para visualização e extração da gônada.....	26
Figura 05- Rotina histológica para a obtenção de lâminas das gônadas de <i>Cichla kelberi</i> . A; desidratação. B; inclusão em parafina. C; corte em micrótomo. D; coloração em HE. E; Selagem. F; Leitura e registro fotográfico.....	27
Figura 06- Análises de lipídios do músculo, fígado e ventrecha de <i>Cichla kelberi</i> . Em A- Músculo, ventrecha na pré secagem; em B- tecidos em estufa para secagem; Em C- Fígados em secagem; em D- material triturado; Em E e F: filtragem das amostras.....	28
Figura 07- Frequência relativa dos estágios de maturação gonadal de Fêmeas e Machos de <i>Cichla kelberi</i> coletados no rio Preguiças, Maranhão. $P < 0,05$ (teste exato de Fisher).....	30
Figura 08- Estágios macroscópicos gonadal em fêmeas de <i>Cichla kelberi</i> : A-em maturação; B-madura; C e D- esvaziada.....	30
Figura 09- Estágios macroscópicos em machos de <i>Cichla kelberi</i> : A-imaturo; B-em maturação; C- maduro e D- esvaziado.....	31
Figura 10- Fotomicrografia dos ovários de <i>Cichla kelberi</i> : A, em maturação; B, maduro; C e D, Desovado. HE, aumento 400x, barra 500 μ m. I, Folículo primordial; II, Desenvolvimento primário; III, Alvéolo cortical; IV, Vitelogênese lipídica; V, Vitelogênese lipídica-proteica; VI, Vitelogênese completa; FA, Folículo atrésico; FV, Folículo vazio e CF, Células foliculares.....	32
Figura 11 A- Média do diâmetro da célula e núcleo (μ m) dos ovócitos de <i>Cichla kelberi</i>	35
Figura 11 B. Área da célula e núcleo (μ m) dos ovócitos de <i>Cichla kelberi</i>	35
Figura 12- Classes de comprimento (cm) de machos e fêmeas de <i>Cichla kelberi</i> no município de Barreirinhas, Maranhão.....	37
Figura 13. Média do Fator de condição de machos e fêmeas de <i>Cichla kelberi</i> no município de Barreirinhas, Maranhão.....	39
Figura 14. IHS entre machos e fêmeas de <i>Cichla kelberi</i> capturado em Barreirinhas MA.....	39
Figura 15-IHS médio entre estágios de desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de <i>Cichla kelberi</i>	40
Figura 16. Percentual médio de concentração de lipídios totais em fêmeas de <i>Cichla.kelberi</i>	41
Figura 17-Percentual de concentração de lipídios totais em machos de <i>Cichla kelberi</i>	41



LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Métricas dos ovócitos de *Cichla kelberi* em diferentes fases de desenvolvimento reprodutivo.....32

Tabela 02. Estágios de desenvolvimento ovocitário de *Cichla kelberi*.....36

Tabela 03. Parâmetros da relação peso-comprimento para machos e fêmeas de *Cichla kelberi*, no Rio preguiças, Barreirinhas Maranhão, Brasil.(n = número de indivíduos; CT = comprimento total mínimo e máximo; b = coeficiente de regressão; r= coeficiente de determinação).....36

Tabela 4- IGS de machos e fêmeas de *C.kelberi* no Rio preguiças, Barreirinhas Maranhão, Brasil.....38



Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO GERAL	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. TUCUNARÉ <i>Cichla</i> spp.	15
2.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DO GÊNERO <i>Cichla</i>	16
GAMETOGENESE DE <i>CICHLA</i>	17
2.3. INTRODUÇÃO DE <i>Cichla</i> spp.	18
2.4. INTRODUÇÃO DE <i>Cichla</i> NO BRASIL	20
2.5. BACIA DO RIO PREGUIÇAS	21
2.6. REPRODUÇÃO	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. ÁREA DE ESTUDO	24
3.2. COLETA DOS EXEMPLARES	25
3.3. BIOMETRIA	26
3.4. ANÁLISE MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA DAS GÔNADAS	27
3.5. HISTOLOGIA DAS GÔNADAS	28
3.6. DETERMINAÇÃO DE LIPÍDIOS (MÚSCULO, VENTRECHA E FÍGADO)	29
3.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
4. RESULTADOS	31
4.1. ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO OVOCITÁRIO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA	34
4.2. PROPORÇÃO SEXUAL DOS PEIXES POR CLASSES DE TAMANHO	38
4.3. RELAÇÃO PESO-COMPIMENTO	39
4.4. ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO-IGS	39
4.5. FATOR DE CONDIÇÃO- ΔK	40
4.6. ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO-IHS	40
4.7. TEOR DE LIPÍDIOS TOTAIS	42
5. DISCUSSÃO INTEGRADORA	44
6. CONCLUSÃO	49
REFERENCIAS	51
ANEXOS	62
ARTIGO I	62
ARTIGO II	80

1. INTRODUÇÃO

Os peixes são um grupo diverso de vertebrados aquáticos e se irradiaram para ocupar a maior parte dos habitats aquáticos do mundo (FRICKE *et al.*, 2022). Os teleósteos (Teleostei) são os peixes mais avançados com classe dominante, com cerca de 34.000 espécies, abrangendo aproximadamente 96% de todas as espécies de peixes existentes. Estes exibem um alto nível de biodiversidade que afeta sua morfologia, ecologia, reprodução e comportamento, incluem praticamente todos os peixes esportivos e comerciais importantes do mundo (NELSON *et al.*, 2016).

A sustentabilidade deste recurso pesqueiro está ameaçada, pois a sua exploração vem produzindo grandes impactos nas populações naturais. Principalmente no que se refere aos habitats de água doce, incluindo rios, lagos e pântanos, que são diversos e considerados pontos críticos para a biodiversidade. Eles cobrem menos de 1% da superfície total da Terra, mas abrigam quase 18.000 espécies de peixes, o que é um número representativo de vertebrados (SU *et al.*, 2021).

Estudos sobre biologia reprodutiva das espécies, associados a outros de cunho socioambiental, são necessários para que futuras medidas de manejo e conservação sejam adotadas, visando a manutenção dos ecossistemas (COCHRANE, 2002).

No Brasil os peixes do gênero *Cichla* Bloch & Schneider, 1801 são popularmente denominados como Tucunarés. São pertencentes a família Cichlidae que é considerada uma das mais ricas em espécies de peixes de água doce do mundo com aproximadamente 1.300 espécies registradas e estimativas de 1.900 existentes. Atualmente são conhecidas 16 espécies de tucunarés as quais são diferenciadas pela cor das escamas e padrão corporal (morfometria) (KULLANDER e FERREIRA, 2006; SABAJ *et al.*, 2020).

O tucunaré-amarelo *Cichla kelberi* Kullander e Ferreira, 2006 é endêmico da bacia do Rio Araguaia, Baixo Rio Tocantins e Pará. Porém como muitas outras espécies dessa família, ele tem sido introduzido em outros reservatórios de água doce pelo Brasil (CORDOVA JÚNIOR, 2022; KULLANDER, 1998). O *Cichla. kelberi* é um peixe sedentário que vive em grupos e habita ambientes lênticos de água transparente. Sua



alimentação varia de pequenos invertebrados a peixes adultos inclusive da mesma espécie (KULLANDER e FERREIRA, 2006; GOMIERO *et al.*, 2009). Esses ciclídeos possuem grande potencial para exploração pesqueira e extrativista devido a apreciação de sua carne visto que são animais que podem atingir de 40 a 45 cm de comprimento.

Características voltadas às populações encontradas em diversos estados do Brasil tem sido estudadas, tais como sazonalidade reprodutiva, estágios de maturação gonadal, alimentação, dinâmicas e inter- específicas com a fauna nativa (SOUZA *et al.*, 2021; ANDRADE e PELICICE, 2022; LIMEIRA-FILHO *et al.*, 2023). No entanto, esses estudos detalhados são incipientes para o estado do Maranhão. Portanto, é premente a necessidade de estudos mais aprofundados que poderão gerar valiosas ferramentas de suporte ao diagnóstico, avaliação de parâmetros e decisões de manejo da espécie para a realidade local, além de fomentar iniciativas de exploração sustentável, para que os estoques pesqueiros e o equilíbrio da fauna aquática nativa sejam mantidos.



1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as adaptações morfofisiológicas de *Cichla kelberi* em diferentes estágios reprodutivos na região do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os estádios de maturação gonadal pela análise macroscópica e microscópica.
- Realizar a caracterização morfológica das células reprodutivas femininas em diferentes estágios.
- Determinar a proporção sexual dos peixes por classes de tamanho.
- Determinar o índice Gonadosomático e Hepatosomático.
- Determinar o fator de condição.
- Correlacionar aspectos fisiológicos e energéticos (pesos dos estômagos e dos animais).
- Determinar a concentração de lipídios no tubérculo nupcial, fígado, músculo e ventrecha dos peixes.
- Estabelecer relação entre os índices com os órgãos e tecidos estudados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. TUCUNARÉ *Cichla* spp.

O tucunaré, pertencente ao gênero *Cichla* (família Cichlidae), é considerado um dos peixes de água doce mais emblemáticos da América do Sul. Sua notoriedade se deve tanto à sua função ecológica como predador de topo quanto ao seu elevado valor na pesca esportiva e comercial (CORDOVA-JUNIOR *et al.*, 2022). No entanto, a introdução de espécies desse gênero em regiões fora de sua área de distribuição natural tem gerado preocupações ambientais, devido aos impactos negativos já registrados em diferentes áreas do Brasil (ANDRADE e PELICICE, 2022; KHALEEL, *et al.*, 2021; KULLANDER e FERREIRA, 2006).

Esse peixe ocorre naturalmente em grandes bacias hidrográficas tropicais, como as bacias Amazônica, Tocantins-Araguaia e do Orinoco, além de rios costeiros do norte do Brasil e da região das guianas (KULLANDER e FERREIRA, 2006; WILLIS *et al.*, 2007; LATINI *et al.*, 2016). Nesses ecossistemas, os tucunarés desempenham um papel essencial na regulação das comunidades aquáticas, controlando populações de peixes forrageiros e contribuindo para o equilíbrio ecológico (FRANCO *et al.*, 2021; SASTRAPRAWIRA *et al.* 2020).

As espécies do gênero *Cichla* são conhecidas por seu grande porte, hábitos piscívoros e morfologia corporal característica. Pesquisas internacionais destacam esse grupo como predadores altamente eficientes, capazes de capturar e engolir suas presas inteiras (HANSSON *et al.*, 1998; PACE *et al.*, 1999).

A identificação de espécies como *Cichla. temensis* Humboldt, 1821, *Cichla. ocellaris* Bloch e Schneider, 1801, *Cichla. monoculus* Agassiz, 1831 e *C. kelberi* Kullander e Ferreira, 2006 a partir da década de 1960 impulsionou seu uso na aquicultura, na pesca esportiva e no comércio de espécies ornamentais e exóticas em diversas regiões do mundo, incluindo Europa, América do Norte, América Central e Ásia (WINEMILLER *et al.*, 1997; FUGI *et al.*, 2008; PELICICE e AGOSTINHO, 2009; ESPINOLA *et al.*, 2014; FRANCO *et al.*, 2018).

Acredita-se que eventos como enchentes e a construção de represas tenham possibilitado a dispersão desses peixes para corpos d'água previamente isolados e inacessíveis no Brasil, Peru e Venezuela (LATINI e PETRERE JR., 2004; ESPINOLA *et al.*, 2014; AGOSTINHO *et al.*, 2018; FRANCO *et al.*, 2018). Como resultado, ao longo de 25 anos, foram descritas 16 espécies de *Cichla* na América do Sul (KULLANDER e FERREIRA, 2006; SABAJ *et al.* 2020).

2.2. ASPECTOS BIOLÓGICOS DO GÊNERO *Cichla*

O gênero *Cichla* é caracterizada por formato corporal semelhante ao do robalo e padrões corporais marcantes e coloridos (ZARET e PAINE, 1973; FUGI *et al.*, 2008; VIEIRA *et al.*, 2009; OTA *et al.*, 2019; ANDRADE e PELICICE, 2022). Um conjunto de três barras verticais pretas e um ocelo dourado circundado por uma borda escura na base da nadadeira caudal são características morfológicas comuns à maioria das espécies de *Cichla*, com exceção de *C. pleiozona* Kullander e Ferreira, 2006 e *C. piquiti*. A cor vermelha na região central da quilha caudal é uma marca visível em várias espécies.

Com base na coloração corporal, *Cichla spp.* pode ser agrupado em quatro categorias principais: Amarelo-dourado (*C. jarina* Kullander e Ferreira, 2006, *C. pinima* Kullander e Ferreira, 2006, *C. kelberi*, *C. orinocensis* Humboldt, 1821, *C. ocellaris*, *C. monoculus*, *C. vazzoleri* Kullander e Ferreira, 2006, *C. thyrurus* Kullander e Ferreira, 2006, *C. nigromaculata* Jardine e Schomburgk, 1843, *C. pleiozona*); Marrom-esverdeado (*C. intermedia*, *C. temensis*, *C. mirianae* Kullander e Ferreira, 2006); Cinza-claro (*C. temensis*, *C. piquiti*) e Azul-esverdeado (*C. melaniae* Kullander e Ferreira, 2006).

Em seu habitat natural, os tucunarés apresentam tamanho variando entre 30 e 60 cm, podendo atingir massas corporais entre 3 e 6 kg quando adultos, com registros de longevidade de até 69 anos (JEPSEN *et al.*, 1999; DE SOUZA *et al.*, 2011; WILLIS *et al.*, 2012). Esses animais preferem ambientes de águas profundas, entre 10 e 20 metros, com substratos rochosos ou compostos por troncos submersos. Sua área de distribuição pode variar de 100 a 1.000 metros, dependendo das dimensões do corpo hídrico (HOEINGHAUS *et al.*, 2003; JANUARIO *et al.*, 2019). As espécies do gênero habitam águas tropicais com temperaturas entre 23°C e 28°C (ESPINOLA *et al.*, 2014; FRANCO *et al.*, 2018).

2.3. GAMETOGENESE DE *CICHLA*

A gametogênese no gênero *Cichla* um dos principais grupos de ciclídeos neotropicais, segue o padrão geral descrito para teleósteos, apresentando etapas morfológicas bem definidas e forte influência sazonal. Nos machos, a espermatogênese ocorre ao longo de túbulos seminíferos ramificados, onde espermatogônias diferenciam-se sucessivamente até formarem espermatozoides funcionais. Estudos com espécies do gênero indicam que a atividade espermatogênica intensifica-se no período reprodutivo coincidente com o pulso de inundação amazônico, quando ocorre maior disponibilidade de habitat e alimento (GOMIERO & BRAGA, 2004).

Nas fêmeas, a oogênese envolve a progressão de ovócitos desde fases iniciais (cromatina-nucleolar e perinucleolar) até vitelogênese avançada e ovócitos maduros. O processo é marcado pelo acúmulo de vitelo, aumento do diâmetro ovocitário e desenvolvimento da zona radiata e das células foliculares, como observado para ciclídeos de água doce (Vazzoler, 1996). Para *Cichla*, a maturação gonadal apresenta forte sincronia com o ciclo hidrológico, resultando em desova geralmente anual, podendo ser total ou em pequenos lotes, dependendo das condições ambientais e da população estudada (JEPSEN et al., 1999).

A regulação endócrina da gametogênese ocorre por meio do eixo hipotálamo–hipófise–gônada, com liberação de gonadotrofinas responsáveis por estimular a espermatogênese e a vitelogênese (LOWE-MCCONNELL, 1999). Variáveis externas como fotoperíodo, disponibilidade alimentar e oscilações no nível da água desempenham papel decisivo na ativação e sincronização do ciclo reprodutivo, reforçando o caráter ambientalmente ajustado da reprodução de *Cichla*.

Assim, a gametogênese no gênero *Cichla* representa um conjunto de adaptações fisiológicas e ecológicas que asseguram o sucesso reprodutivo em ambientes neotropicais marcados por sazonalidade hídrica.

2.4. INTRODUÇÃO DE *Cichla* spp.

Em escala global, atividades humanas têm provocado profundos impactos ambientais e afetado significativamente a biodiversidade do planeta (HAVEL *et al.*, 2015; LIEW *et al.*, 2016). A Convenção sobre Diversidade Biológica define espécies invasoras como aquelas cuja introdução e dispersão fora de sua área de distribuição natural, passada ou presente, representa uma ameaça à diversidade biológica (BRASIL, 2010). E os ambientes aquáticos estão entre os mais afetados, sofrendo grandes perdas de biodiversidade em decorrência da introdução de peixes exóticos que, frequentemente, superam competitivamente as espécies nativas (YAN *et al.*, 2001), resultando em transformações profundas nesses ecossistemas (YONG *et al.*, 2014).

A taxa de introdução de espécies invasoras tem crescido rapidamente em todo o mundo (CHIRON *et al.*, 2009), impulsionada por introduções acidentais ou intencionais, associadas à intensificação do comércio global e à consequente quebra de barreiras biogeográficas (CARPIO *et al.*, 2019). Uma vez estabelecidas fora de suas áreas nativas, espécies invasoras podem provocar extinções ou extirpação de populações nativas, utilizando diferentes mecanismos ecológicos (CLAVERO e GARCÍA-BERTHOU, 2005; KHALEL *et al.*, 2021). Mesmo quando introduzidas em pequenos números, essas espécies tendem a se adaptar, reproduzir-se e ascender na cadeia alimentar (CHAPMAN *et al.*, 2016).

As espécies do gênero *Cichla*, após introdução em ambientes tropicais, mostram elevada tolerância a variações de oxigênio dissolvido (2,9–8,0 mg/L) e temperaturas entre 26 e 29,2 °C. Apresentam, ainda, taxas de crescimento aceleradas (até 77%) e são capazes de gerar descendentes igualmente adaptáveis às mesmas condições ambientais (CHELLAPPA *et al.*, 2003; ESPÍNOLA *et al.*, 2014; BOWER *et al.*, 2016; SHARPE *et al.*, 2017; FRANCO *et al.*, 2018; SCHOFIELD *et al.*, 2019).

Estudos indicam que *Cichla* spp. pode se estabelecer em novos ecossistemas em períodos curtos, entre 1 e 3 anos, embora esse tempo possa se estender por décadas dependendo de fatores como tipo de presa disponível, ameaças locais e características do ambiente aquático (NEAL *et al.*, 2006; KOVALENKO *et al.*, 2010; AGUIAR-SANTOS

et al., 2018). Somente condições climáticas extremas ($<0-38^{\circ}\text{C}$) durante os verões ou invernos foram eficazes em limitar a expansão dessas espécies na América do Norte (HOWELLS e GARRETT, 1992).

Originário da América do Sul, o gênero *Cichla* teve sua disseminação fortemente impulsionada pelas práticas de introdução em massa durante as décadas de 1970 e 1980. Contudo, os impactos só se tornaram evidentes décadas depois, como observado com *C. monoculus* e *C. kelberi* no Lago Gatún (Panamá) (SHARPE *et al.*, 2017) e na Represa de Lajes (Brasil) (SANTOS *et al.*, 2019). A presença de outros predadores invasores, como *Micropterus* spp. Lacepède, 1802 e *Oreochromis* spp., não foi suficiente para impedir o sucesso reprodutivo e ecológico de *Cichla* spp., que se estabeleceram em regiões como Corumbá, Paraná, Orinoco e Rio Negro–Guainía após escaparem de empreendimentos aquícolas (SIMBERLOFF e STILING, 1996; SHAFLAND, 1999).

Além de seu impacto como predador de topo, *Cichla* spp. representa uma preocupação adicional por seu potencial na introdução de microrganismos e parasitas patogênicos no ecossistema. Quando muda de ambiente, além de influenciar a distribuição das pescarias em rios (NELSON *et al.*, 2016, 2019; ZAUKE *et al.*, 2019), afeta também a proliferação e dispersão de microrganismos nos corpos d'água. Basta a presença de um hospedeiro intermediário compatível em ambientes oligotróficos para que certos parasitas completem seu ciclo de vida, utilizando mecanismos como esporulação, fissão ou brotamento (HART e REYNOLDS, 2002; LEVSEN *et al.*, 2008).

Um exemplo disso é o parasita *Dactylogyrus* spp. *Dactylogyrus* Diesing, 1850 (Monogenea), que completa seu ciclo em ciclídeos com diferentes tipos de cuidado parental (substrato ou incubação bucal), tornando *Cichla* spp. suscetível à infecção (POUYAUD *et al.*, 2006; SIMKOVÁ *et al.*, 2006; MENDLOVÁ e SIMKOVÁ, 2014; VAN-HOVE *et al.*, 2016; PASCHOAL *et al.*, 2016; JORISSEN *et al.*, 2018). Da mesma forma, acantocéfalos podem utilizar *Cichla* spp. como hospedeiro intermediário (cistacanto), ainda que o parasita não complete seu desenvolvimento nesse peixe (NICHOLAS, 1967; SIMKOVÁ *et al.*, 2004, 2006; MENDLOVÁ e SIMKOVÁ, 2014). Assim, *Cichla* spp. pode ser infectado por Monogenea, Acantocephala e trematódeos sanguíneos, cujos ovos ou larvas podem permanecer viáveis no substrato até encontrarem um hospedeiro (FULLER, 2015;

FERREIRA-SOBRINHO e TAVARES-DIAS, 2016; LUQUE *et al.*, 2016; PASCHOAL *et al.*, 2016; JANUARIO *et al.*, 2019).

A transmissão de parasitas entre espécies também tem sido registrada. Por exemplo, *Megalomphodus eques* Steindachner, 1882 foi infectado por parasitas originários de *C. kelberi* no Lago Rosana (Brasil), enquanto o vírus do Lago Tilápia foi transmitido a *C. monoculus* após contato com *Oreochromis* spp. na Malásia (PELICICE e AGOSTINHO, 2009; ABDULLAH *et al.*, 2018). Esses exemplos mostram que a disseminação de microrganismos por *Cichla* spp. constitui um mecanismo adicional de invasão, podendo tanto ameaçar a biota nativa quanto afetar negativamente as populações invasoras já estabelecidas (LAYMAN *et al.*, 2005; KELLY *et al.*, 2009; SARMENTO, 2012; BLAKESLEE *et al.*, 2013).

2.5. INTRODUÇÃO DE *Cichla* NO BRASIL

A introdução de espécies do gênero *Cichla* no Brasil ocorreu, em grande parte, motivada por interesses relacionados à pesca esportiva, à piscicultura e ao repovoamento de reservatórios (KULLANDER e FERREIRA, 2006; WILLIS *et al.*, 2007; GOMIERO *et al.*, 2009; ANDRADE e PELICICE, 2022). As áreas mais impactadas pela introdução dessas espécies incluem a Bacia do Rio Paraná (particularmente os reservatórios de Furnas, Três Marias e Itaipu), a Bacia do São Francisco, a Bacia do Rio Doce, regiões semiáridas do Nordeste, além de diversos corpos d'água nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país. As espécies mais frequentemente introduzidas são *C. kelberi*, *C. piquiti* e *C. monoculus* (POMPEU e GODINHO, 2003; SATO e SAMPAIO, 2005).

Os tucunarés possuem ampla distribuição na região Amazônica, atualmente há 16 espécies descritas (KULLANDER e FERREIRA, 2006; SABAJ *et al.*, 2020), embora análises moleculares indiquem a existência de apenas nove espécies válidas, além de algumas variedades locais. É comum que duas ou mais espécies e variedades coexistam em uma mesma bacia hidrográfica. Por exemplo, *Cichla temensis*, *C. orinocensis* Humboldt, 1821 e *C. intermedia* Machado- Allison, 1971 ocorrem conjuntamente no rio Cinaruco (HOEINGHAUS *et al.*, 2003), enquanto *C. monoculus* e *C. temensis* coexistem no rio Uatumã (SANTOS e OLIVEIRA JR., 1999).

Essa coexistência também é observada na bacia do rio Tocantins, onde os endêmicos *C. piquiti* Kullander e Ferreira, 2006 e *C. kelberi* são distribuídos de forma simpátrica (KULLANDER e FERREIRA, 2006), sendo este último considerado uma variedade de *C. ocellaris* (WILLIS *et al.*, 2012). Embora a presença simultânea de diferentes espécies seja comum, elas compartilham características funcionais e comportamentais semelhantes. De modo geral, os tucunarés são peixes de médio a grande porte, piscívoros generalistas, diurnos, com comportamento parental (guardam os ninhos), adaptados a ambientes lênticos e dependentes de habitats estruturados. Essas semelhanças garantem desempenho ecológico semelhante entre as espécies, mas também podem promover sobreposição de nichos e competição por recursos (ANDRADE e PELICICE, 2022).

2.6. BACIA DO RIO PREGUIÇAS

A bacia hidrográfica do Rio Preguiças está localizada na região nordeste do estado do Maranhão, abrangendo uma área de aproximadamente 3.977,5 km². Está parcialmente inserida nas mesorregiões Norte e Leste Maranhense, drenando áreas pertencentes a três Regiões de Desenvolvimento: Lençóis Maranhenses (26,1%), Baixo Parnaíba Maranhense (12%) e Delta das Américas (1%) (JESUS, 2021).

Territorialmente, a bacia compreende nove municípios, sendo mais expressiva nos seguintes: Barreirinhas (67% da área do município inserida na bacia), Santa Quitéria do Maranhão (52%) e Urbano Santos (41,7%). Os demais municípios apresentam participação inferior a 15%, com os seguintes percentuais: Santo Amaro do Maranhão (12,1%), Primeira Cruz (10%), Belágua (5,2%), Anapurus (4,3%), Santana do Maranhão

(4,3%) e Paulino Neves (1,3%) (SANTANA *et al.*, 2023).

A bacia do Rio Preguiças também abriga três Unidades de Conservação (UCs), sendo a mais expressiva a Área de Proteção Ambiental (APA) da Foz do Rio Preguiças – Pequenos Lençóis – Região Lagunar Adjacente (BRASIL, 1991), que ocupa 27,4% da área, concentrando-se principalmente no baixo curso do rio. Em proporções menores destacam-se a APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiças (20%) e o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (14,4%) (BRASIL, 2003; ICMBIO, 2020).

Os limites hidrográficos da bacia são definidos, ao oeste, pelos rios Peria e Grande (sistema de bacias costeiras); ao sul e sudoeste, pela bacia do rio Munim; ao

sudeste, pela bacia do rio Parnaíba; a leste, pelos rios Novo e Barro Duro (também pertencentes ao sistema de bacias costeiras); e ao norte, pelo Oceano Atlântico (SILVA, 2008; KOERBER *et al.*, 2023).

Considerando a dinâmica dos aspectos geoambientais da região, observa-se a integração entre unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Geologicamente, a bacia está inserida na Bacia Sedimentar de Barreirinhas — uma bacia de margem divergente formada durante o período Cretáceo (VASQUEZ *et al.*, 2012). As Coberturas Superficiais Cenozoicas Plataformais recobrem a sequência cretácea dessa bacia, promovendo afloramentos de depósitos eólicos continentais antigos, depósitos litorâneos, alagados, manguezais e sedimentos aluvionares formados durante o período Quaternário (SANTANA *et al.*, 2023).

2.7. REPRODUÇÃO

A maturação sexual em *Cichla* ocorre geralmente entre o segundo e o terceiro ano de vida, dependendo das condições ambientais e da disponibilidade alimentar. A fecundidade absoluta varia entre espécies e tamanhos corporais, podendo atingir de 3.000 a mais de 10.000 ovócitos por fêmea por ciclo reprodutivo (ZARET, 1980; ANDRADE e PELICICE, 2022).

A reprodução é marcada por comportamentos sofisticados de cuidado parental e desova em substrato, o que contrasta com espécies neotropicais migradoras que realizam desova total em grandes volumes de água. Os indivíduos de *Cichla* formam pares monogâmicos temporários durante o ciclo reprodutivo e selecionam locais com substrato firme, como rochas ou troncos submersos, para a oviposição. Ambos os genitores permanecem no território defendendo ativamente a ninhada contra predadores, aumentando consideravelmente a taxa de sobrevivência da prole (WINEMILLER, 2001; KULLANDER e FERREIRA, 2006; SASTRAPRAWIRA *et al.*, 2020).

Após a fertilização, o ciclo de vida de *Cichla spp.* progride pelas fases de larva de natação livre, juvenil e sub adulta, alcançando a maturidade entre 11 e 12 meses. Em todos os estágios, esses ciclídeos alimentam-se de presas de desenvolvimento lento, frágeis e com baixa competitividade (ZARET e PAINE, 1973;

CHAPLEAU *et al.*, 1997; CARPENTER *et al.*, 2010, SASTRAPRAWIRA *et al.*, 2020).

As larvas, a partir do segundo dia, predam rotíferos e pequenos crustáceos (ZARET, 1980; WINEMILLER, 1997). Os juvenis consomem insetos aquáticos, camarões e peixes da família Atherinopsidae, enquanto os adultos se alimentam de diversas espécies de peixes, como poecilídeos, caracídeos, eleotrídeos e outros ciclídeos, com registros frequentes de canibalismo (NEAL *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2017; SALES *et al.*, 2018; BAJER *et al.*, 2019; BEZZERA *et al.*, 2019; GOLANI *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2019).

A época reprodutiva estende-se de outubro a maio, antecedendo a estação chuvosa nas regiões neotropicais (JEPSEN *et al.*, 1999; CHELLAPPA *et al.*, 2003; HOLLEY *et al.*, 2008; GOMIERO *et al.*, 2009). No entanto, a presença de gônadas em maturação durante todo o ano sugere possível plasticidade reprodutiva e adaptação a novos ambientes (AUGUSTO *et al.*, 2009; CHELLAPPA *et al.*, 2003).

O modo reprodutivo é ovíparo, com fertilização externa. A fêmea deposita os ovos em uma depressão rasa escavada por ambos os progenitores, o macho logo atrás da fêmea, libera o esperma que fertiliza os ovos. O cuidado parental é realizado por turnos, com ambos os adultos jejuando durante o período de incubação, embora o macho frequentemente demonstre maior dedicação (ZARET, 1980; MURRAY, 2001, SOARES GUEDES *et al.*, 2021).

A embriogênese se completa em cerca de 72 horas, originando larvas que nadam livremente (ZARET, 1980). Durante o desenvolvimento, os pais acompanham a prole enquanto esta migra por diferentes áreas do corpo hídrico, em busca de maior diversidade alimentar. A guarda parental é encerrada quando os juvenis desenvolvem coloração corporal intensa e características sexuais secundárias, como a protuberância nugal (depósito de gordura na testa dos machos) (CHELLAPPA *et al.*, 2003; JEPSEN *et al.*, 1999; ZARET, 1980; ALONSO *et al.*, 2011).

Do ponto de vista histológico, os ovários de *Cichla* apresentam todos os estágios de desenvolvimento ovocitário ao longo do ciclo reprodutivo, caracterizando uma estratégia de desova parcelada em lotes (GOMIERO e BRAGRA, 2004;

SOUZA *et al.*, 2008; GOMIERO *et al.*, 2009; GUEDES *et al.*, 2021). Podem ser observados ovócitos em diferentes fases, como cromatina-núcleo, perinucleolar, vitelogenico, hidratado e folículos pós- ovulatórios (BROWN-PETERSON *et al.*, 2011). A ocorrência de atresia folicular é comum ao final do período reprodutivo. Nos machos, os testículos são lobulares, com compartimentos definidos contendo espermatogônias, espermatócitos e espermatozoides, sendo comum observar espermatócitos residuais em indivíduos fora da estação reprodutiva (GUEDES *et al.*, 2021; GOMIERO e BRAGRA, 2004; GRIER, 1981).

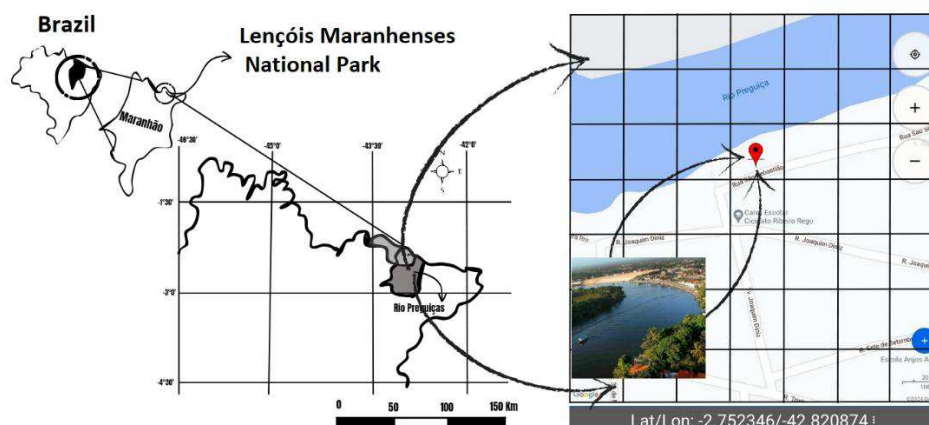
Além do cuidado parental, outra característica importante é a agressividade reprodutiva dos indivíduos, que resulta em dominância territorial e exclusão de outras espécies de peixes de áreas de desova e alimentação. Este comportamento, aliado à alta taxa de crescimento dos juvenis e baixa mortalidade larval, torna *Cichla* um forte competidor e um risco ecológico quando introduzido fora de sua área de ocorrência nativa (LATINI e PETRERE, 2004; VITULE *et al.*, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no ano de 2020 no Rio Preguiças localizado no município de Barreirinhas, na região do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), Estado do Maranhão, Brasil, a 02° 44' 49" S e 42° 49' 35" O (Figura 01).

Figura 01- Localização da área de estudo no Rio Preguiças, município de Barreirinhas, Maranhão-Brasil.



Fonte: Arquivo pessoal, 2024.

3.2. COLETA DOS EXEMPLARES

Foram coletados 76 exemplares de *Cichla kelberi* figura (02) no período diurno, sendo a mesma autorizada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – UFMA), Processo n. 23115.031745/2020-32, e também licenciada pelo IBAMA, Licença ICMBio/SISBIO nº 74279-1.

Figura 02. Exemplar de *Cichla kelberi* capturado no Rio Preguiças Barreirinhas, Maranhão.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Devido ao hábito alimentar predatório da espécie, as capturas foram realizadas a bordo de embarcação de pequeno porte com comprimento de 16 a 19 pés, de alumínio, equipadas com motor de popa 25HP e motor elétrico de 54lb. A embarcação foi tripulada por quatro pescadores que utilizaram varas de fibras de carbono de 5,6

pés, carretilhas de perfil baixo abastecidas com linhas de multifilamento entre 12 e 30 lb e, iscas artificiais com tamanhos entre 6 e 11 cm (adaptado de MORO, 2008). Após a captura os exemplares foram acondicionados em viveiro plástico com água do rio até o local de processamento dos mesmos (Figura 03).

Figura 03. Viveiro de acondicionamento dos exemplares de *Cichla kelberi*.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

3.3 BIOMETRIA

Os espécimes foram imediatamente anestesiados por submersão em água contendo 3% de Benzocaína por um período de dez minutos, segundo a metodologia utilizada por Santos et al. (2009). A biometria dos peixes foi realizada com a utilização de um ictiômetro com escala de aferição de 1,0 mm, onde foram obtidos os seguintes parâmetros biométricos: comprimento total (Ct), que corresponde à ponta da extremidade cranial até o término da nadadeira caudal e comprimento padrão (Cp), da ponta da extremidade cranial até a última vértebra. Posteriormente foi registrada a massa total (Pt) através de balança de precisão de 0,01 gramas.

A relação peso-comprimento foi estimada para sexos agrupados pela expressão: $Pt = a.Cp^b$ (LE CREN, 1951), onde Pt é o peso total do indivíduo; CP é o comprimento padrão; “a” é o coeficiente de proporcionalidade e “b” o coeficiente alométrico. Os dados pontuais das variáveis biométricas foram lançados em gráficos de dispersão considerando-se o Cp como variável independente e o Pt como variável dependente. Após a análise foi possível caracterizar o crescimento da espécie de acordo com o valor de “b” obtido em:

alométrico negativo ($b < 3$), positivo ($b > 3$) e isométrico ($b = 3$) (JOBBLING, 2002; HARISH KUMAR *et al.*, 2006).

As variáveis biométricas peso da gônada (W_g) e peso total do peixe (W_t) foram utilizados para o cálculo do índice Gonadossomático (IGS) através da fórmula: $IGS = (W_g / W_t) \times 100$. O fator de condição (K) foi determinado utilizando a equação: $K = W_t / L^{tb}$, onde W_t = peso do animal (mg), L = comprimento total (cm), b = coeficiente de alometria da relação peso-comprimento (VAZZOLER, 1996). E o índice Hepatosomático (IHS) foram determinado utilizando a equação: $IHS = W_f / W_t \times 100$, onde W_f = peso do fígado (mg) e W_t = peso total (mg) $\times 100$ (WOOTTON *et al.*, 1978).

No campo após a realização da biometria os espécimes foram novamente submersos em água contendo 3% de Benzocaína por um período de tempo suficiente para a cessação dos batimentos operculares, perda da sensibilidade cutânea e óbito (SANTOS *et al.*, 2009).

3.4. ANÁLISE MACROSCÓPICA E MICROSCÓPICA DAS GÔNADAS

Para identificar os sexos, no próprio local de coleta os peixes foram dissecados e as gônadas removidas, pesadas e examinadas. Em seguida, foi registrado o peso eviscerado dos peixes. Os estádios de desenvolvimento das gônadas de ambos os sexos foram verificados macroscopicamente. Para as fêmeas foram considerados: o grau de turgidez, coloração, vascularização, peso e comprimento das gônadas em relação ao espaço ocupado na cavidade abdominal segundo Vazzoler (1996) (Figura 04). Para os machos foram considerados: coloração, tamanho do testículo e a existência do sêmen, segundo as metodologias de Vazzoler (1996) e Mackie e Lewis (2001).

Figura 04. Incisão ventral para visualização e extração da gônada.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

3.5. HISTOLOGIA DAS GÔNADAS

Após a caracterização, as gônadas foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 gramas para posterior cálculo do Índice Gonadosomático -IGS. Fragmentos foram retirados da porção medial da gônada, estes foram fixados em solução de Bouin (75 mL de solução saturada de ácido pícrico, 20 mL de formaldeído a 37-40% e 5 mL de ácido acético glacial) por 24 horas e, no laboratório de Biologia e Ambiente Aquático da UEMA, as gônadas foram desidratadas em séries crescentes de álcoois, diafanizados em xilol, impregnados e embebidos em blocos de parafina, seccionados em cortes de 5 μ m em micrótomo da marca LUPETEC e corados em lâminas por Hematoxilina-Eosina (HE) (YOSHIDA, 1964) .

A caracterização microscópica dos estágios de maturação das gônadas femininas foi realizada de acordo com a nomenclatura estabelecida por Barbieri *et al.* (2011) e Vazzoler (1996) As gônadas masculinas foram classificadas de acordo a nomenclatura proposta por Grier (1981). Este procedimento foi realizado com auxílio de microscópio binocular Zeiss AXIO LAB A1 e programa Zeen Blue, e realizado o registro fotográfico (Figura 05).

Figura 05- Rotina histológica para a obtenção de lâminas das gônadas de *Cichla kelberi*. A; desidratação. B; inclusão em parafina. C; corte em micrótomo. D; coloração em HE. E; Selagem. F; Leitura e registro fotográfico.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

3.6. DETERMINAÇÃO DE LIPÍDIOS (MÚSCULO, VENTRECHA E FÍGADO)

Após a retirada da gônada, foram coletadas amostras de músculo dorsal, tubérculo nupcial (protuberância mole encontrada no topo do crânio dos machos), fígado, e ventrecha dos peixes, estocadas em freezer -80°C. Posteriormente no Laboratório do Tecnologia do Pescado da UEMA foi realizada a análise de lipídios (BLIGH e DYER, 1959). As amostras foram secas em estufa a 100°C por um período de 16 horas, posteriormente trituradas com liquidificador e pistilho. 1 grama da amostra seca foi pesado em béquer de 100 mL e homogeneizado em 20 mL de solução de Clorofórmio – metanol na proporção 2:1. Deixado em repouso por 30 minutos e posteriormente o volume foi filtrado em papel filtro junto ao funil utilizando-se como depósito um erlenmeyer de 125 mL. Junto ao filtrado foi adicionando 6 mL de KCl a 7,4% homogeneizado e deixado em repouso por 10 minutos até a separação das fases, logo em seguida, o erlenmeyer foi encaminhado para a chapa aquecedora a 105 – 110 °C, até completar total evaporação da água resultante da reação. Após essa etapa foram colocados em estufa a 90°C por 2 horas, para secagem, seguido da pesagem para obtenção do valor de percentual de lipídios totais (Figura 06).

Figura 06- Análises de lipídios do músculo, fígado e ventrecha de *C. kelberi*. Em A- Músculo, ventrecha na pré secagem; em B- tecidos em estufa para secagem; Em C- Fígados em secagem; em D- material triturado; Em E e F: filtragem das amostras.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

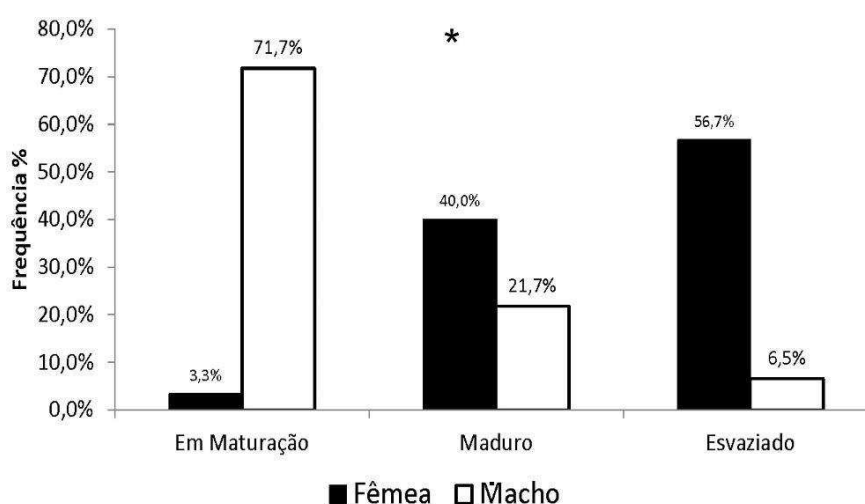
A análise dos dados foram realizadas com auxílio do software Statistical Analysis System for Windows SAS® (SAS, 2001). As variáveis-resposta de distribuição normal, comprimento, peso, concentração hormonal e teor lipídico foram analisados por ANOVA e test t de student usando o aplicativo Statistica 7.0. As relações peso-comprimento, IHS- peso do fígado, peso do peixe- peso do estômago foram realizadas pela correlação linear de Pearson. As variáveis de distribuição não- normal, como proporção de sexo e dos estágios de maturação gonadal por classe de indivíduos, e morfologia dos ovócitos, foram analisadas pelo aplicativo MACRO GLIMMIX do SAS®. O nível de significância adotado para rejeitar H0 (hipótese de nulidade) será de 5%, isto é, para um nível de significância menor que 0,05 ($P < 0,05$) será considerado efeito das variáveis classificatórias e das suas interações.

4. RESULTADOS

Foi possível constatar nos exemplares capturados os seguintes estádios: em maturação (44,7 %), Maduro (28,9 %) e Esvaziado (26,4%). A ausência de exemplares imaturos pode ser justificada pela seletividade do método de captura para animais em estágios de desenvolvimento sexual mais avançado, que possuem comportamento mais agressivo e de cuidado parental. Em determinadas fases do desenvolvimento os cardumes de filhotes estão protegidos pelo casal de fêmea e macho sendo assim suscetíveis a captura.

As fêmeas foram classificadas em análise macro e microscópicas com maior predominância no estágio esvaziado indicando capacidade de desova e os machos no estágio em maturação (Figura 07). Os estágios de maturação gonadal das fêmeas foram confirmados por meio da análise histológica. Houve diferença significativa entre os sexos nos respectivos estágios maturacionais.

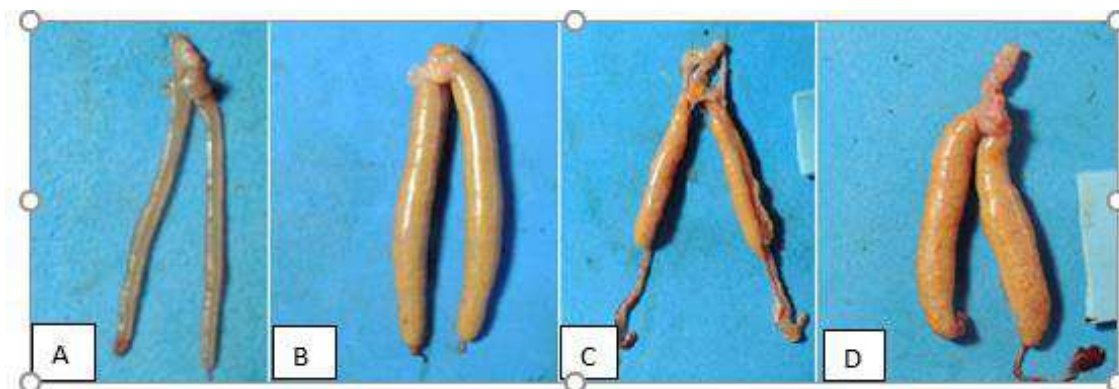
Figura 07- Frequência relativa dos estágios de maturação gonadal de Fêmeas e Machos de *Cichla kelberi* coletados no rio Preguiças, Maranhão. $P < 0,05$ (teste exato de Fisher)



Fonte: Dados da pesquisa.

Os ovócitos nas gônadas femininas foram visualizados nesses estágios a olho nú como estruturas de coloração branca a amarela com aspecto esférico. A vascularização do órgão é pouco visível em fêmeas em maturação, elevada na fase madura e hemorrágica na fase desovada (Figura 08).

Figura 08- Estágios macroscópicos gonadal em fêmeas de *Cichla kelberi*: A-em maturação;B-madura; C e D- esvaziada .



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Nos machos a gônada é um órgão par de coloração branca-transparente e aspecto delgado nos animais em maturação, branca nos maduros e rosa avermelhada nos animais esvaziados. Observa-se a evolução da vascularização a medida que avança a maturação gonadal com o aumento significativo nos estágios maduro e esvaziado (Figura 09).

Figura 09- Estágios macroscópicos em machos de *Cichla kelberi*: A-imaturo;B-em maturação; C- maduro e D- esvaziado.

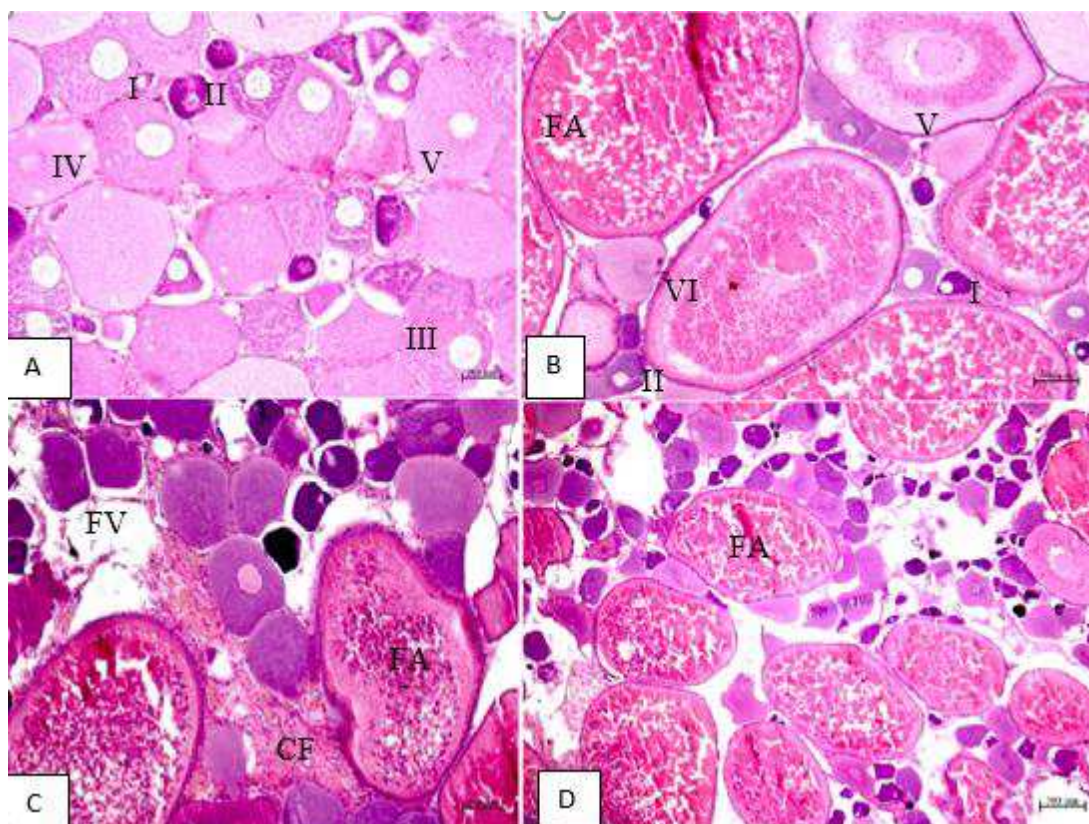


Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Por meio da análise morfológica das células germinativas foi possível caracterizar os estágios de desenvolvimento gonadal nas fêmeas de *C.kelberi*, em cada fase existe predominância de lotes de células específicas. As fêmeas foram caracterizadas como sincrônicas em lotes múltiplos. Os lotes são observados em diversos estágios de desenvolvimento.

Do ponto de vista histológico foi possível visualizar células em todos os estágios de desenvolvimento ovocitário, Folículo primordial, Desenvolvimento primário, Alvéolo cortical, Vitelogênese lipídica, Vitelogênese lipídica-proteica e Vitelogênese completa (Figura 10). Também foram observados folículos atrésicos, vazios, pós-ovulatórios bem como células foliculares.

Figura 10- Fotomicrografia dos ovários de *Cichla kelberi*: A, em maturação; B, maduro; C e D, Desovado. HE, aumento 400x, barra 500 µm. I, Folículo primordial; II, Desenvolvimento primário; III, Alvéolo cortical; IV, Vitelogênese lipídica; V, Vitelogênese lipídica-proteica; VI, Vitelogênese completa; FA, Folículo atrésico; FV, Folículo vazio e CF, Células foliculares.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

4.1. ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO OVOCITÁRIO E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

Os Folículos primordiais (FP) apresentam citoplasma vítreo e basófilo. O núcleo grande pouco corado, arredondado e centralizado, com único nucléolo central aderido a face interna do envoltório nuclear. Nessa fase de desenvolvimento ovocitário o núcleo ocupa a maior parte do ovócito em relação ao citoplasma. A média de área da célula e núcleo nessa fase de desenvolvimento 580,9 e 166,5 são micrômetros (Tabela 01).

Tabela 01. Métricas dos ovócitos de *Cichla kelberi* em diferentes fases de desenvolvimento reprodutivo. FP= folículo primordial; DP=desenvolvimento primário; AC=aovéolo cortical; VTG1=vitelogênese lipídica; VTG2=vitelogênese lipídica e proteica; VTG3=vitelogênese completa; FA=folículo atrésico.

	(n)Ovócitos	Area da célula μm^2	Area do núcleo μm^2
FP	30	580.9 $\pm$ 227.8	166.5 $\pm$ 97.4
DP	30	2,273.6 $\pm$ 1,876.8	322.9 $\pm$ 251.8
AC	30	8,385.7 $\pm$ 5,718.1	1,265.6 $\pm$ 874.3
VTG1	30	45,507.9 $\pm$ 23,504.7	2,761.8 $\pm$ 511.5
VTG2	30	76,821.1 $\pm$ 58,359.1	4,248.5 $\pm$ 3,406.4
VTG3	30	57,619.7 $\pm$ 9,222.4	
FA	30	300,240.7 $\pm$ 37,249.8	

Fonte: Elaborado pela autora.

As células em Desenvolvimento Primário (DP) possuem citoplasma basofílico, granular e escasso. O núcleo ocupa mais da metade da célula, o núcleo é grande esférico e centralizado com nucléolos numerosos aderidos a face interna do envoltório nucleolar. O tamanho da célula é ligeiramente superior aos folículos primordiais, com áreas da célula e do núcleo de 2273,6 e 322, 9 micrômetros.

Nas células alvéolos corticais que são de crescimento secundário, geralmente o citoplasma ocupa mais de 50% do volume celular, o núcleo é de contorno irregular central ou

ligeiramente excêntrico com nucléolos achatados ou arredondados na periferia nucleolar. Apresenta alvéolos corticais, vesículas de conteúdo glicoproteico não coroados organizados no citoplasma margeando a membrana plasmática. Inicialmente, estes alvéolos, são vistos como pequenos vacúolos surgem na zona periférica do citoplasma formando uma espécie de anel e aumentam gradativamente em número e tamanho de acordo com o desenvolvimento da célula. A zona radiata já pode ser visualizada, porém de fina espessura e coloração fortemente eosinofílica, com áreas da célula e do núcleo de 8385,7 e 1265,6 respectivamente.

Células em vitelogênese lipídica (Vtg1) o núcleo é centralizado ou ligeiramente excêntrico de contorno ligeiramente irregular, possui nucléolos achatados ou arredondados, que podem ser visualizados ou não. Observa-se a deposição lipídica com gotas de óleo não-coradas cada vez mais abundantes no córtex do citoplasma. A membrana vitelínica torna-se mais espessa e as células foliculares crescem e tornam-se mais alongadas e evidentes no entorno. As áreas da célula e do núcleo obtiveram média de 45507,9 e 2761,8 micrômetros.

As células em vitelogênese lipídica e proteica (Vtg2) possui núcleo central ou ligeiramente excêntrico de contorno irregular, os nucléolos são fracamente evidentes, apresenta glóbulos de proteínas acidófilos que partem da periferia do citoplasma avançado em sentido ao núcleo, podem ser observadas células com glóbulos de proteínas em migração. A membrana vitelínica é mais espessa e visível. As médias da área da célula e do núcleo foram de 76821,1 e 4248,5 micrômetros.

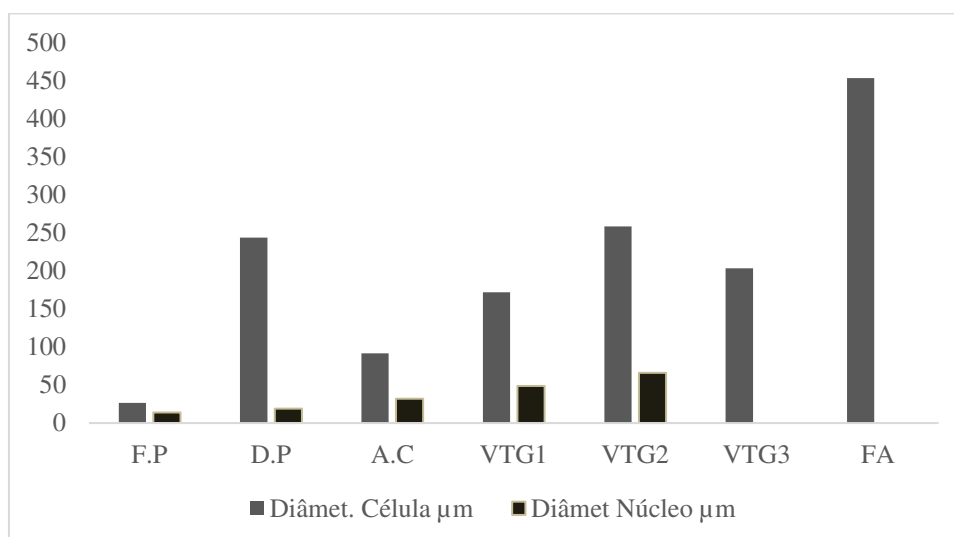
No folículo em vitelogênese completa (Vtg3) o núcleo devido ao aumento e posição dos grânulos de vitelo para esta espécie é pouco visível, em ampliação a membrana vitelínica apresenta estrias de disposição radial e aumento de espessura, nesta fase o ovócito possui área média da célula de micrômetros. Esta fase caracteriza o animal como apto a desova. A área e diâmetro da célula nessa fase foram 57619,7 e 203,5 respectivamente.

São observados também Folículos Pós-Ovulatórios (FPO) que se originam das células foliculares, a partir dos folículos vazios que se evaginam, constituindo um corpo formado por cordões contíguos de células.

Observou-se Folículos Atrésicos (FA), que são ovócitos que sofrem processos degenerativos, sendo desintegrados e absorvidos. As células possuem perda de turgidez celular e alguns casos ruptura da zona pelúcida ou membrana vitelina, próximo a membrana celular são observados um cordão de células prismáticas te tamanhos variados, com núcleo fortemente corado pela Hematoxilina, caracterizando as como zona de adesão dos ovócitos. São

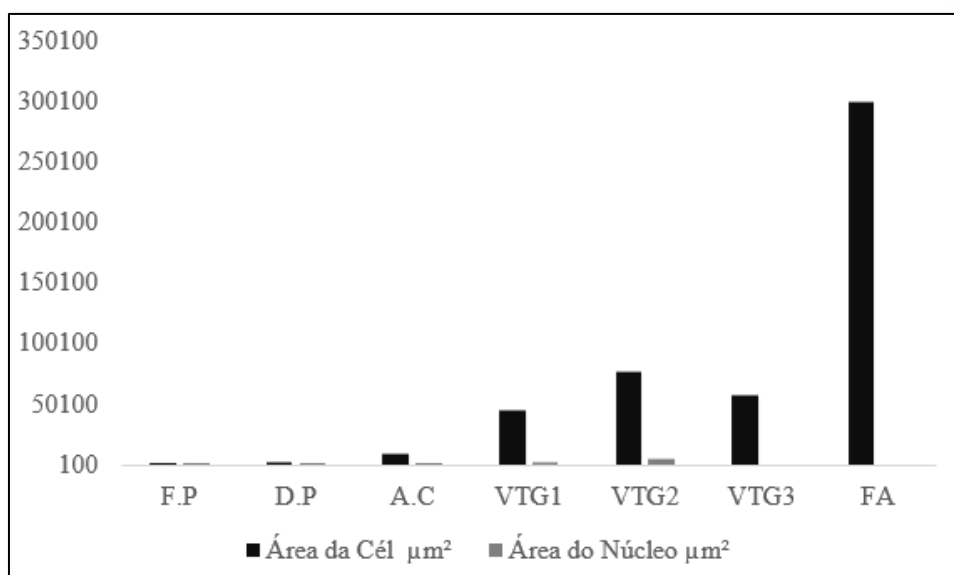
encontrados, mais comumente, em ovários nos estágios maduro e esvaziado, possuem área média de 300240,7 sendo geralmente as maiores células em estágio de desenvolvimento encontradas nas gônadas femininas. Pode-se observar a evolução em tamanho no diâmetro e área dos ovócitos a medida que avançou a maturação gonadal (Figura 11 A e B).

Figura 11 A- Média do diâmetro da célula e núcleo (μm) dos ovócitos de *Cichla kelberi*. FP= folículo primordial; DP=desenvolvimento primário; AC=aovéolo cortical; VTG1=vitelogênese lipídica; VTG2=vitelogênese lipídica e proteica; VTG3=vitelogênese completa; FA=folículo atresico.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11 B. Área da célula e núcleo (μm) dos ovócitos de *Cichla kelberi*. FP= folículo primordial; DP=desenvolvimento primário; AC=aovéolo cortical; VTG1=vitelogênese lipídica; VTG2=vitelogênese lipídica e proteica; VTG3=vitelogênese completa; FA=folículo atresico.



Fonte: Elaborado pela autora.

As características reprodutivas de *C.kelberi* estão resumidas conforme tabela 02.

Em função do padrão de distribuição dos tipos celulares da linhagem ovocitária no ovário de *C.kelberi*, foi classificado o estágio de maturação ovariana que pudesse representar o momento fisiológico em que se encontravam todas as fêmeas observadas no presente trabalho. Portanto, para refletir a peculiaridade de sua desova múltipla, as fêmeas observadas foram classificadas como nos estágios em maturação e capacidade de desova.

Tabela 02. Estágios de desenvolvimento ovocitário de *Cichla kelberi*.

Estágio de desenvolvimento	Características das células ovocitárias
Folículo Primordial	Célula pequena, citoplasma basofílico e escasso, núcleo grande arredondado central, com nucléolo único central.
Desenvolvimento Primário	Citoplasma ocupa 50% do volume celular, basofílico, núcleo arredondado, com nucléolos esféricos e basofílicos aderidos a face interna do núcleo.
Alvéolo Cortical	Citoplasma ocupa mais de 50% da célula, com alvéolos corticais margeando a membrana. Núcleo ligeiramente excêntrico de contorno irregular, com nucléolos aderidos a periferia.
Vitelogênese Lipídica	Citoplasma ocupa maior volume celular, gotas lipídicas dispostas ao longo do citoplasma. Núcleo excêntrico de contorno irregular,

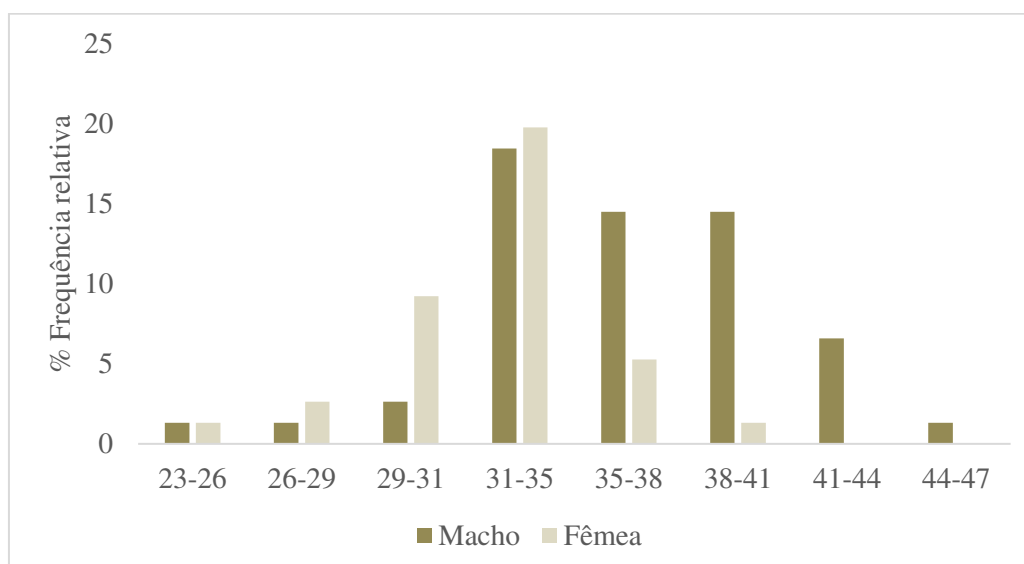
	nucléolos achatados e periféricos, membrana plasmática espessa.
Vitelogênese lipídica/proteica	Citoplasma com grânulos de proteína partindo da periferia da célula. Núcleo centralizado ou excêntrico, nucléolos fracamente evidentes. Membrana vitelínica espessa, presença de células foliculares á margem do ovócito.
Vitelogênese Completa	Núcleo pouco visível, citoplasma repleto de grânulos de vitelo e proteicos. Membrana plasmática espessa.
Folículo Atrésico	Ovócitos em processo degenerativo, resultando em perda da turgidez celular, rompimento da membrana plasmática e zonas de adesão evidentes.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2. PROPORÇÃO SEXUAL DOS PEIXES POR CLASSES DE TAMANHO

A proporção sexual para a amostragem foi de 1,5 macho para 1 fêmea (1,5:1). A maior frequência dos indivíduos foi nos comprimentos entre 31,0 a 41,0 cm (49,9%) (Figura 12). As fêmeas predominaram na classe de 31 a 35 cm e os machos de 31 a 41, os machos se apresentaram em maiores comprimento quando comparado com as fêmeas. Houve diferença significativa entre as classes de comprimento de machos e fêmeas $p=0,01$ ($p<0,05$).

Figura 12- Classes de comprimento (cm) de machos e fêmeas de *Cichla kelberi* no município de Barreirinhas, Maranhão.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3. RELAÇÃO PESO-COMPRIMENTO

As fêmeas obtiveram alometria positiva e os machos alometria negativa (Tabela 3), ou seja, as fêmeas tendem a obter mais peso ao contrário dos machos que desenvolvem maiores comprimento.

A relação peso comprimento entre fêmeas e machos não foi estatisticamente significativa $p=0,99$, observou-se também que a espécie agrupada possui alometria positiva. O coeficiente de correlação de Pearson indicou forte correlação de peso-comprimento para fêmeas, machos e sexos agrupados com $r>80\%$.

Tabela 3. Parâmetros da relação peso-comprimento para machos e fêmeas de *C.kelberi*, no Rio preguiças, Barreirinhas Maranhão, Brasil. (n = número de indivíduos; CT = comprimento total mínimo e máximo; b = coeficiente de regressão; r= coeficiente de determinação).

	N	CT-min-max (cm)	b	r	Alometria
Fêmeas	30	24,6-41,9	3,1994	0,94	Positiva
Machos	46	23-46	2,9171	0,81	Negativa
Total	76	24,6-43,2	3,0326	0,87	Positiva

Fonte: Elaborado pela autora.

4.4. ÍNDICE GONADOSSOMÁTICO-IGS

Foi observado que o IGS das fêmeas e machos aumentaram à medida que avançou a maturação gonadal, obtendo pico no estágio maduro e queda no esvaziado para ambos os sexos (Tabela 4). O aumento no IGS indica a maturação das células reprodutivas ocorrendo concomitantemente com o aumento do peso das gônadas.

Tabela 4- IGS de machos e fêmeas de *C.kelberi* no Rio preguiças, Barreirinhas Maranhão, Brasil.

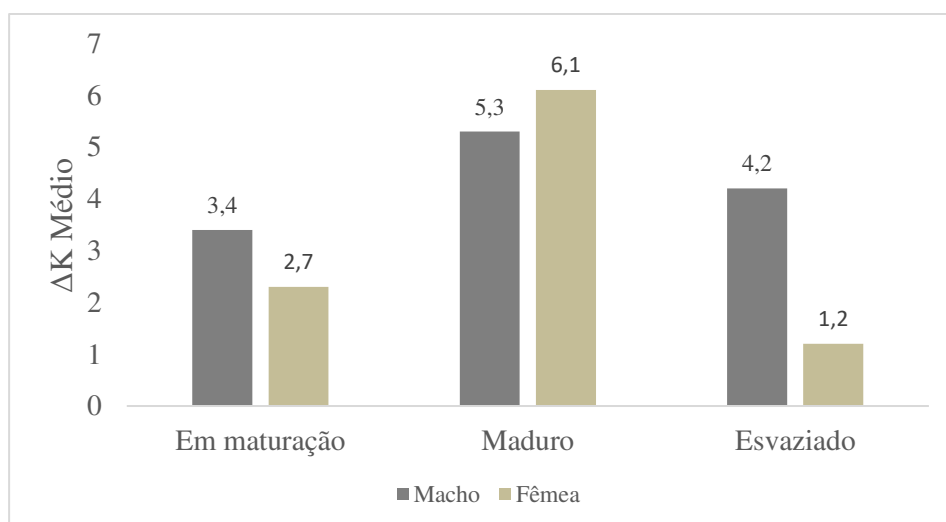
	N	Em maturação	Maduro	Esvaziado
Fêmea	30	0,1 ± 0,1	1,0±0,7	0,9± 0,7
Macho	46	0,1 ± 0,0	0,3 ±0,1	0,1±0,2

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5. FATOR DE CONDIÇÃO- ΔK

O fator de condição dos machos foi maior que o das fêmeas, houve diferenças significativas entre o fator de condição de machos e fêmeas $p=0,02$; $p<0,05$. Nos animais maduros foi observado um pico, indicando bem-estar da espécie bem como demonstra a aptidão da espécie para desovar, se reproduzir (Figura 13). O ΔK e o IGS da espécie demonstraram elevações no estágio de desenvolvimento gonadal maduro e queda no esvaziado.

Figura 13. Média do Fator de condição de machos e fêmeas de *C. kelberi* no município de Barreirinhas, Maranhão.

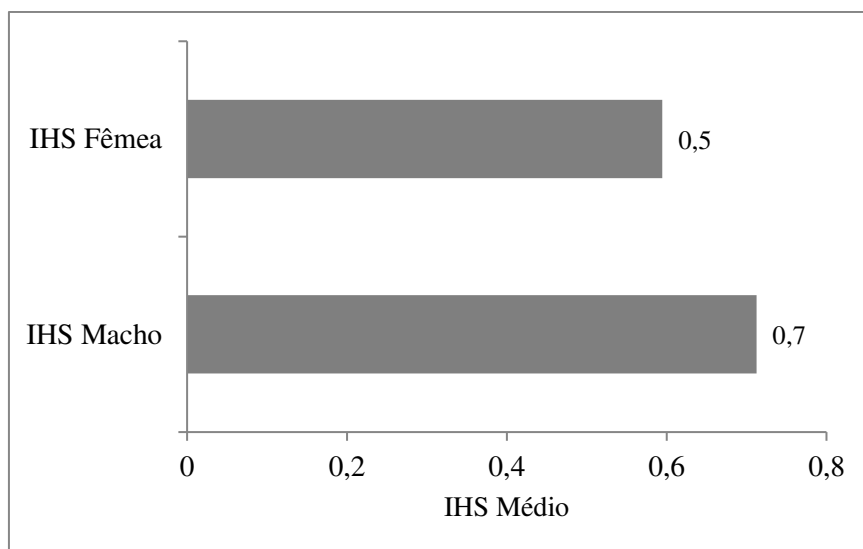


Fonte: Elaborado pela autora.

4.6. ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO-IHS

Os machos mostraram maior IHS em detrimento das fêmeas (Figura 14).

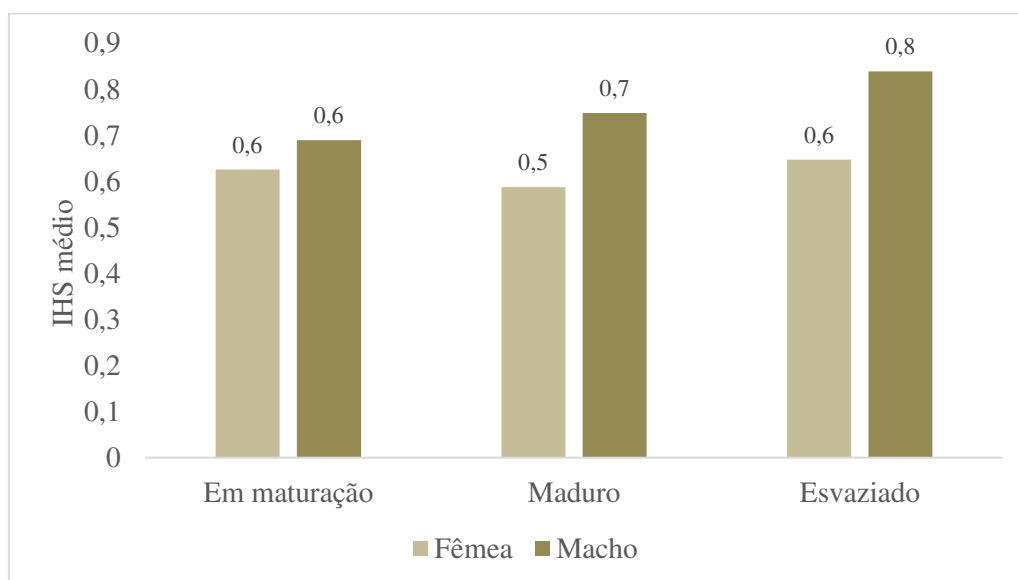
Figura 14. IHS entre machos e fêmeas de *C. kelberi* capturado em Barreirinhas MA.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os machos obtiveram aumento no IHS a medida que avançou a maturação gonadal, já as fêmeas obtiveram índice menor no período maduro (Figura 15).

Figura 15-IHS médio entre estágios de desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de *C. kelberi*.



Fonte: Elaborado pela autora.

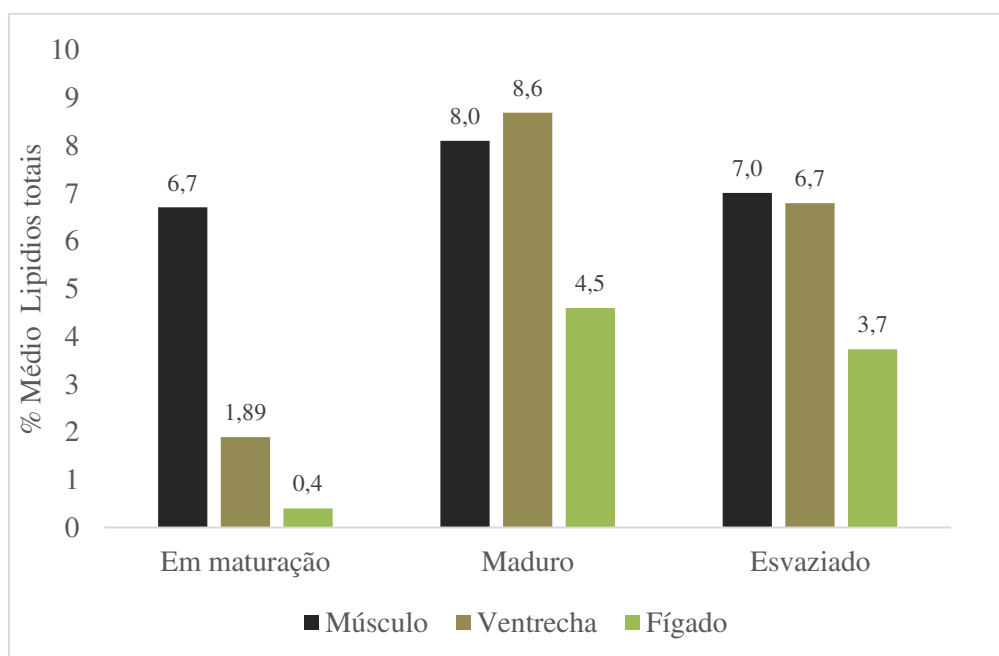
4.7. TEOR DE LIPÍDIOS TOTAIS

Para os sexos agrupados foi observado que a ventrecha é a região dos animais de maior concentração de lipídios totais, seguido do fígado com 7,6% e 7,0% respectivamente.

O percentual lipídico médio em machos foi maior que em fêmeas (7,6% e 6,1%) respectivamente. Em fêmeas o percentual de lipídios totais no estágio em maturação demonstrou o músculo como local de maior concentração, já no estágio maduro e esvaziado a ventrecha foi o de maior percentual, ou seja, o tecido muscular como um todo foi o maior armazenador de lipídios. Quanto ao fígado as concentrações foram baixas nos estágios em maturação, elevando-se à medida que alcançou o estágio maduro e obteve queda no estágio esvaziado (Figura 16). O estágio de maturação maduro em fêmeas foi o que obteve maior representatividade no percentual de lipídios.

O teor lipídico do músculo foi estatisticamente diferente do fígado e da ventrecha ($p = 0,0$; $p < 0,05$). Também houve diferença estatisticamente significativa entre fígado e ventrecha ($p = 0,0$). Por outro lado, não foi observada diferença significativa entre músculo e ventrecha no percentual lipídico durante os estágios maturacionais ($p = 0,9$; $p > 0,05$).

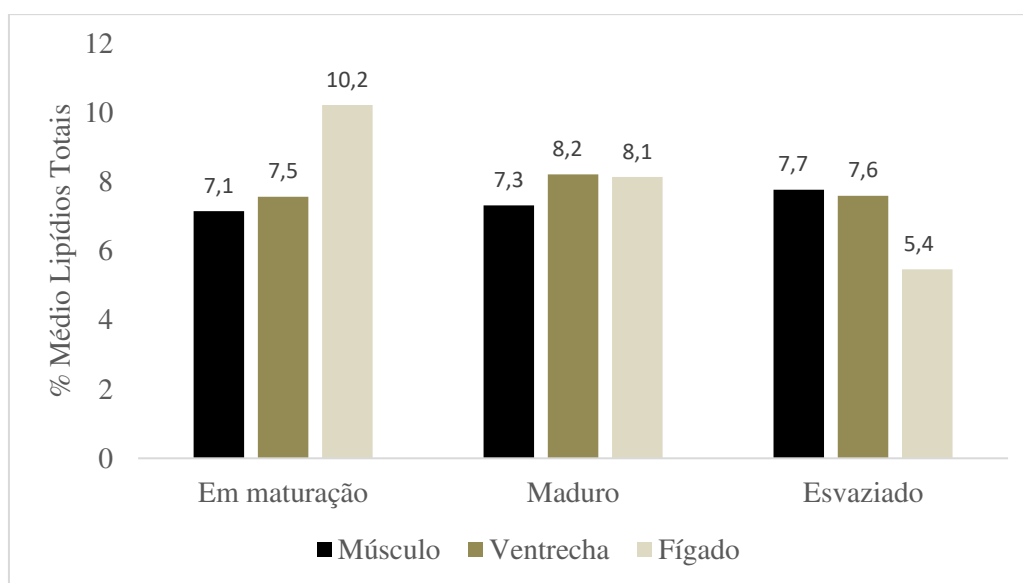
Figura 16. Percentual médio de concentração de lipídios totais em fêmeas de *C.kelberi*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em machos o percentual de lipídios totais demonstrou maior concentração no fígado no estágio em maturação, na ventrecha no estágio maduro e no músculo no esvaziado (Figura 17).

Figura 17-Percentual de concentração de lipídios totais em machos de *C.kelberi*.



Fonte: Elaborado pela autora.

A maior variação foi observada no fígado decrescendo o percentual de concentração à medida que ocorreu o avanço da maturação gonadal variando em média de 10,2% nos indivíduos em maturação para 5,4% nos esvaziados. As fêmeas obtiveram maiores flutuações de lipídios nos tecidos e órgão estudados, se modificando de acordo com o estágio maturacional, já nos machos as flutuações foram discretas e percentuais mais constantes.

O percentual lipídico não foi estatisticamente significante $p=0,4$; $p>0,05$, apesar de os machos comparados com as fêmeas possuírem picos em determinados estágios de maturação. Essa característica pode ser resultante do tamanho amostral dos machos que foi 21% maior que o das fêmeas.

5. DISCUSSÃO INTEGRADORA

A proporção sexual indicou maior quantidade de machos para uma fêmea, isso se deve a maior captura destes nas iscas artificiais. Existe uma tendência de capturar mais machos do que fêmeas devido a agressividade dos machos para defender seu território, e sua prole de invasores e predadores (JEPESN *et al.*, 1997).

Diferenças são observadas para o gênero em reservatórios pelo Brasil, (GOMIERO *et al.*, 2008) observaram que as fêmeas de *C. kelberi* obtiveram maior comprimento que os machos, GOMIERO e BRAGA (2003) identificaram características de comprimento de fêmeas semelhantes ao presente estudo para a espécie *Cichla ocellaris* em Minas Gerais, já os mesmos autores observaram diferenças para *Cichla monoculus* onde as fêmeas predominaram em tamanhos inferiores a 22 cm e machos acima de 30 cm.

Já no trabalho de CHELLAPPA *et al.* (2003) no reservatório Campo Grande, estado do Rio Grande do Norte, observaram machos *C. monoculus* maiores que fêmeas.

No presente trabalho os menores tamanhos para machos e fêmeas foram superiores a 23 cm, em tucunaré-pinima (*Cichla pinima*), esse comprimento foi atingido por volta de 100 dias de vida (BRAGA, 1953) e corresponde ao período de cuidado parental, quando os jovens tucunarés ainda estão em cardumes.

O tamanho que a espécie atinge é determinado pela junção de características genéticas e ambientais. Além disso, as populações se modificam de acordo com a produtividade do ecossistema e as pressões de pesca devem ter diferentes distribuições de comprimento, de taxas de crescimento e estruturas de idade (JEPSEN *et al.*, 1999).

As espécies de *Cichla* após introdução tendem aumentar em número rapidamente, isso ocorre devido à falta de predadores naturais no novo ambiente e à grande oferta de presas (GOMIERO e BRAGA, 2004).

No geral as espécies do gênero que colonizam novos habitats mostram no novo ambiente, desenvolvimento menor que o do local de origem, o nanismo resulta da rápida expansão populacional, que leva grande número de indivíduos a amadurecer e a reproduzir-se em tamanhos reduzidos (AGOSTINHO e JULIO JR, 1996).

As fêmeas do gênero *Cichla* tendem a desenvolver-se mais em peso que em

comprimento quando comparada aos machos, isso se deve à conversão dos recursos das fêmeas para a produção de ovócitos (ZARET, 1980).

No entanto, SOUZA *et al.* (2008) no reservatório Lobo, estado de São Paulo observaram em seu estudo com *C.kelberi* que machos e fêmeas atingiram comprimentos bem semelhantes, e não detectou diferença significativa na relação peso-comprimento entre sexos. Podendo indicar que tal característica pode depender de inúmeros fatores ambientais.

As relações peso-comprimento de fêmeas e machos de *Cichla kelberi* foram distintas no presente trabalho, característica semelhante foi observada por GOMIERO *et al* (2009). Em *Cichla monoculus* e *Cichla ocellaris* introduzidos no reservatório de Volta Grande Minas Gerais-São Paulo, as relações peso-comprimento foram iguais para machos e fêmeas (GOMIERO e BRAGA, 2003). Desta forma, pode-se observar que a relação peso comprimento do gênero possui variação ao longo dos ambientes dulcícolas.

Após a introdução em lagos os tucunarés apresentam relação peso e comprimento muito mais alta do que nas populações nativas, com o passar do tempo essa tendência diminui e pode ser inferior à encontrada nas populações originais. Esse fato ocorre devido à intensa predação das populações e ao aumento da competição (ZARET,1980).

O desenvolvimento do peso e comprimento também está intimamente relacionado a ecologia da reprodução. Os ciclídeos competem por locais para desova sendo assim um recurso limitado (MCKAYE, 1977; 1984; GOMIERO e JUNIOR, 2006). Nos ciclídeos que praticam o cuidado biparental, há uma divisão de trabalho, como é o caso de *C.kelberi* em que as fêmeas guardam os ovos e larvas e os machos patrulham o território tentando evitar a predação da prole (BARLOW, 1974; GUEDES, 2021).

Portanto, os machos maiores tem importância na determinação de territórios e início da estação reprodutiva bem como na proteção da prole (ZARET, 1980; SOUZA *et al.*, 2008).

A diferença no IGS das fêmeas e machos é devido a capacidade dos ovários de produzir células germinativas (ovócitos) que possuem uma crescente de tamanho, o que ocorre em sentido contrário nas linhagens espermáticas. A tendência de aumento no período de maturação e queda no esvaziado também foi observada por Gomiero *et al.* (2009) em *C.kelberi* em reservatório no estado de São Paulo, foi observado que a espécie possui IGS sutilmente uniforme com as fêmeas predominando no índice, os valores para fêmea foram no máximo 1 e

para macho 0,3 semelhante ao observado no presente trabalho.

O IGS relativamente alto para o esvaziado corrobora a desova parcelada da espécie, deixando claro que os lotes de ovócitos em maturação permanecem nos ovários. A baixa relação gonadosomática nos machos pode ser explicada pela ausência de espermatozoides que são liberados, competição, desova em ambientes lênticos e fecundidade das fêmeas (STOCKLEY *et al.*, 1997).

Os machos obtiveram considerável fator de condição sob o das fêmeas esses correspondem ao período reprodutivo, de maior atividade alimentar e de maior acúmulo de gordura. Nos animais esvaziados os valores podem ter sido baixos devido ao declínio da alimentação para cuidado da prole (GOMIERO *et al.*, 2008).

O tucunaré se destaca por seu dimorfismo sexual, no qual os machos adultos desenvolvem uma protuberância na região occipital. Essa estrutura é constituída por tecido adiposo e fluido, o que aumenta significativamente o peso corporal e, conseqüentemente, os valores do fator de condição em relação ao comprimento (KULLANDER e FERREIRA, 2006; CHELLAPPA *et al.*, 2003). Assim, a presença dessa característica sexual secundária confere aos machos uma vantagem aparente no fator de condição, independentemente do estado nutricional.

A tendência de valores mais elevados de fator de condição em machos de *Cichla* resulta da interação entre características morfológicas (giba), menor custo energético associado à gametogênese masculina, e exigências ecológicas do comportamento reprodutivo. Já as fêmeas, por investirem intensamente na produção de gametas, apresentam um K mais variável e geralmente inferior ao dos machos (CHELLAPPA *et al.*, 2003).

O fator de condição possui tendência de crescimento e queda durante a desova, mesma característica observada para *C.kelberi* por Gomiero *et al.* (2008) e Espínola *et al.* (2012). Geralmente o fator de condição em fêmeas é mais elevado que em machos, porém casos onde ocorre o contrário também foram observados além desse estudo com *C.kelberi* na Bacia do Paraná (ESPÍNOLA *et al.*, 2012).

Já para os animais em maturação os valores são baixos pois para algumas espécies, nas primeiras fases de vida, mobilizam toda energia disponível ao crescimento e/ou à maturação das gônadas (VAZZOLER, 1996).

A maior mobilização de lipídios no fígado dos machos em maturação e maduro. pode

ser uma característica adaptativa da espécie como observado por ARRINGTON *et al.* (2006) em *C. temensis* no qual obteve maior concentração de lipídios no fígado e também foi visto que a espécie usa seu fígado, músculo e mesentério como depósitos de armazenamento de energia. Indivíduos desse gênero possuem teores lipídicos baixos, inferiores a 15% observado pelo autor e no presente trabalho, visto que existem espécies de peixes teleósteos com alto teor de lipídios em seus tecidos como a Tilápia (*Oreochromis niloticus*) Linnaeus, 1758 e o Pargo (*Lutjanus campechanus*) Poey, 1867 podendo chegar a mais de 60% (VILA NOVA *et al.*, 2005).

Os lipídios são retidos no músculo e no fígado dos peixes, mobilizados durante a gametogênese, transferidos para os ovários a partir das reservas maternas e introduzidos no vitelo como material nutricional, que atua como a principal fonte de alimento para o futuro embrião (MIGAUD *et al.*, 2013). Durante a maturação do ovócito, as mudanças nas concentrações e quantidades de diferentes grupos lipídicos em vários tecidos estão intimamente relacionadas tanto às suas funções quanto à capacidade reprodutiva do peixe (DHURMEEA *et al.*, 2018).

As alterações calóricas nos músculos de machos e fêmeas, durante a maturação gonadal, indicam que há um efeito da reprodução sobre a mobilização lipídica da espécie.

Apesar de as fêmeas utilizarem os lipídios para as reações celulares de ovogênese e maturação do ovócito, os machos possuem maior sensibilidade a ele, pois armazenam maior teor lipídico que as fêmeas, eles também possuem características marcantes da espécie como o dimorfismo durante a estação reprodutiva, nela os machos apresentam

um depósito de gordura na região occipital (JEPSEN *et al.* 1999; Espínola *et al.*, 2012).

Custos energéticos e adaptações comportamentais associadas à reprodução como: maturação das gônadas, construção do ninho, desova e cuidados parentais provavelmente são responsáveis pela mobilização e consumo dos lipídios nos tecidos e órgãos.

Quantidades significativas de lipídios são necessárias tanto para o desenvolvimento dos óvulos femininos quanto para os comportamentos reprodutivos masculinos, como aumento da natação, cuidado parental e cortejo (EBRAHIMNEZHADARABI *et al.*, 2011; SUTHARSHINY *et al.*, 2013)

A energia necessária custear a reprodução parece ser maior para espécies do gênero *Cichla* do que para outras espécies, provavelmente porque é cessada alimentação durante a reprodução e inicia-se um período prolongado de cuidados parentais no revezamento entre

macho e fêmea (JEPSEN *et al.*, 1999; ARRINGTON *et al.*, 2002).

Em resposta as condições ecológicas do ambiente em que se encontram, a maioria das espécies do gênero *Cichla* se desenvolve plasticidade fenotípica, capaz de modificar as táticas reprodutivas como período de desova, fecundidade, tipo de desova e comprimento na primeira maturidade (FONTENELE, 1950; ZARET, 1980; JEPSEN *et al.*, 1999; GOMIERO e BRAGA, 2004) e permitem a adaptação de espécies a ambientes, naturais ou artificiais que resultam na produção do número máximo de jovens que atingem a maturidade (ESPÍNOLA, 2005).

C.kelberi, não migra para cumprir seu ciclo reprodutivo, assim o aumento calórico e consequentemente o depósito de lipídios nos tecidos são utilizados para crescimento rápido e reprodução eficiente (SUZUKI e AGOSTINHO, 2001). Durante o processo de maturação gonadal ocorre a otimização no acúmulo de energia nos músculos das fêmeas e machos, antes e após o período reprodutivo o que foi observado no presente trabalho e em outras espécies do gênero em diversos estudos pelo Brasil (ESPÍNOLA *et al.*, 2012).

6. CONCLUSÃO

Observando os resultados obtidos até o presente momento pode-se averiguar que a espécie possui bom desenvolvimento no Rio Preguiças, Barreirinhas MA, observando-se indivíduos em maturação, maduros e desovados, indicando a adaptação da espécie no ambiente. De acordo com os dados apresentados este local é bem utilizado como ambiente de manutenção, criadouro e área de desova da espécie.

O fator de condição, em consonância com os parâmetros reprodutivos, reforça essa interpretação, sugerindo um processo de adaptação favorável. Além disso, a espécie demonstra elevada eficiência na conversão dos recursos ambientais em energia destinada à sua manutenção ecológica e ao sucesso reprodutivo.

A espécie estudada converte eficientemente os recursos do meio ambiente em energia voltada a manutenção de sua ecologia e reprodução. Os dados obtidos representam uma prospecção inicial para futuros estudos voltados à compreensão dos mecanismos de adaptação da espécie na região dos Lençóis Maranhenses, contribuindo para subsidiar medidas de manejo adequadas. Além disso, o monitoramento contínuo de aspectos ambientais, como biologia reprodutiva, hábitos alimentares e interações interespecíficas, mostra-se essencial a longo prazo para elucidar a história adaptativa da espécie nesse ecossistema.



Viabilidade

Os itens de capital (material permanente) e a maioria dos itens de custeio (material de consumo) já se encontram disponíveis no laboratório do grupo de pesquisa em Tecnologia Aplicada à Reprodução e Produção de Organismos Marinhos (TARPON).

Os laboratórios parceiros para o desenvolvimento da pesquisa foram:

- Laboratório de Pesca e Ecologia Aquática- LABPEA, UEMA
- Laboratório de Tecnologia do Pescado- LABTEC, UEMA
- Laboratório de Morfofisiologia Animal- UEMA
- Laboratório de Patologia Molecular- LPMOL, UEMA

Agência de Fomento

Fundação de Amparo e Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão-FAPEMA.

REFERENCIAS

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, H. F. Peixes de outras águas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 124, p. 36–44, 1996.

AGOSTINHO, A.A., JÚLIO JÚNIOR, H.F., PETRERE JÚNIOR, M. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: Cowx, I.G. (Ed.), *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*. Osney Mead, Oxford, p. 171–184, 2018. <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5317>.

AGUIAR SANTOS, J.; DEHART, P.A.; POUILLY, M.; FREITAS, C.E.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K. Trophic ecology of speckled peacock bass *Cichla temensis* Humboldt 1821 in the middle Negro River, Amazon. *Brazilian Ecology Freshwater Fish*, v. 27, p. 1076–1086, 2018.

ALONSO, Felipe; CÁNEPA, Maximiliano; MOREIRA, Renata Guimarães; PANDOLFI, Matías. Fisiologia e comportamento social e reprodutivo do peixe ciclídeo neotropical *Cichlasoma dimerus* em condições de laboratório. *Neotropical Ichthyology*, v. 9, n. 3, p. 559–570, 2011. DOI: 10.1590/S1679-62252011005000025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252011005000025>

ANDRADE, M. C.; PELICICE, F. M. Reproductive dynamics of *Cichla kelberi* in a tropical reservoir: evidence of reproductive plasticity in an introduced species. *Neotropical Ichthyology*, v. 20, n. 2, e210130, 2022.

ARRINGTON, D. A.; WINEMILLER, K. O. Preservation effects on stable isotope analysis of fish muscle. *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 131, p. 337–342, 2002.

ARRINGTON, D. A. B. K.; WINEMILLER, D. K. O.; LAYMAN, C. A. Influence of life history and seasonal hydrology on lipid storage in three neotropical fish species. *Journal of Fish Biology*, v. 68, p. 1347–1361, 2006.

ARRINGTON, D. A.; DAVIDSON, B. K.; WINEMILLER, K. O.; LAYMAN, C. A. *Influence of life history and seasonal hydrology on lipid storage in three neotropical fish species*. *Journal of Fish Biology*, v. 68, n. 5, p. 1347–1361, 2006

BAJER, P.G.; GHOSAL, R.; MASELKO, M.; SMANSKI, M.J.; LECHT, J.D.; HANSEN, G.; KORNIS, M.S. Biological control of invasive fish and aquatic invertebrates: a brief review with case studies. *Manag. Biol. Invasions*, v. 10, p. 227–254, 2019.

BARLOW, G. W. Contrasts in social behavior between Central American cichlid fishes and coral-reef surgeon fishes. *American Zoologist*, v. 14, n. 1, p. 9–34, 1974.

BEZERRA, L.A.V.; FREITAS, M.O.; DAGA, V.S.; OCCHI, T.V.T.; FARIA, L.; COSTA, A.P.L.; PADIAL, A.A.; PRODOCIMO, V.; VITULE, J.R.S. A network meta-analysis of threats to South American fish biodiversity. *Fish Fisheries*, v. 20, p. 620–639, 2019.

BLAKESLEE, A.M., FOWLER, A.E., KEOGH, C.L. Marine invasions and parasite escape: updates and new perspectives. In: Lesser, M.P. (Ed.), *Advances in marine Biology*, 66. Academic Press., U.S.A, p. 87–169, 2013.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959.

BOWER, S. D.; DANYLCHUK, A. J.; BROWNSCOMBE, J. W.; THIEM, J.D. COOKE, S. J. Evaluating effects of catch-and-release angling on peacock bass (*Cichla ocellaris*) in a Puerto Rican reservoir: a rapid assessment approach. *Fisheries Research*, v. 175, p. 95–102, 2016.

BRASIL. Decreto n.º 11.899, de 11 de junho de 1991. Cria a Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio Preguiças – Pequenos Lençóis, no Estado do Maranhão. Disponível em: <https://legislacao.sema.ma.gov.br/arquivos/1520970631.pdf>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2003. Management plan of Lençóis Maranhenses National Park: Brazil. Brasília: MMA, 513 p..

BROWN-PETERSON, N. J. et al. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 52–70, 2011.

CARPENTER, S.R.; COLE, J.J.; KITCHELL, J.F.; PACE, M.L. Trophic cascades in lakes: lessons and prospects. In: Terborgh, J., Estes, J.A. (Eds.), *Trophic Cascades: Predators, Prey and the Changing Dynamics of Nature*. Island Press. Washington D.C., pp. 55–69, 2010.

CHAPLEAU, F.; FINDLAY, C.S.; SZENASY, E. Impact of piscivorous fish introductions on fish species richness of small lakes in Gatineau Park, Quebec. *Ecoscience*, v. 4, p. 259–268, 1997.

CHAPMAN, D.S.; MAKRA, L.; ALBERTINI, R.; BONINI, M.; P’ALDY, A.; RODINKOVA, V.; S’IKOPARIJA, B.; WERYSZKO-CHMIELEWSKA, E.; BULLOCK, J.M. Modelling the introduction and spread of non-native species: international trade and climate change drive ragweed invasion. *Global Change Biology*, v. 22, p. 3067–3079, 2016.

CHELLAPPA, S.; CÂMARA, M. R.; CHELLAPPA, N. T.; BEVERIDGE, M. C. M.; HUNTINGFORD, F. A. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 63, n. 1, p. 17–26, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/ykpXfRjnyCHzyWyMBXWT8zj>

COCHRANE, K. L. A fishery manager’s guide book (Management measures and their application). *Fisheries Technical Paper – FAO*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.

CÓRDOVA JUNIOR, Renner Fernando da Silva. *A introdução e distribuição do tucunaré-azul e do tambaqui no Pantanal Corumbaense*. *Acta Ambiental Catarinense*, Chapecó, v. 19, n. 1, p. 1-15, 30 nov. 2021. DOI: 10.24021/raac.v19i1.6008.

COWARD, K. et al. Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 12, n. 1, p. 33–58, 2002.

DE SOUZA, R.L., DA SILVA, D.L., VALLADARES, A.C.P., DA ROCHA, R.M., FERREIRA, M.A.P., DE QUEIROZ, H.L. Gonadal development of the peacock bass *Cichla monoculus* (perciformes: Cichlidae) in the middle solimões. Uakari, v. 7, p. 41–55, 2011.

DHURMEEA, Z.; PETHYBRIDGE, H.; APPADOO, C.; BODIN, N. Lipid and fatty acid dynamics in mature female yellowfin tuna (*Thunnus alalunga*) in the western Indian Ocean. *PLoS One*, v. 13, n. 4, e0194558, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194558>.

EBRAHIMNEZHADARABI, M.; SAAD, C. R.; HARMIN, S. A.; SATAR, M. A.; KENARI, A. A. Effects of dietary phospholipids on the growth of juvenile sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 6, p. 247–255, 2011.

ESPÍNOLA, L. A. Tática reprodutiva e estrutura da população de *Cichla monoculus* Spix & Agassiz, 1831 (Perciformes, Cichlidae) em ambientes com diferentes regimes hidrológicos. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ESPÍNOLA, L. A.; JÚLIO JUNIOR, H. F.; BENEDITO, E. Invasive non-native species of fish in upper Paraná river Basin, Brazil: variations of caloric content in *Cichla kelberi*. *Neotropical Ichthyology*, v. 10, n. 2, p. 401–408, 2012.

ESPÍNOLA, L.A., MINTE-VERA, C.V., JUNIOR, H.F.J., SANTOS, L.N., WINEMILLER, K.O. Evaluation of factors associated with dynamics of *Cichla ocellaris* invasion of the Upper Paraná River floodplain system. *Brazilian Marine Freshwater Research*, v. 66, p. 33–40, 2014.

FERREIRA-SOBRINHO, A., TAVARES-DIAS, M., 2016. A study on monogenean parasites from the gills of some cichlids (Pisces: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. *Rev. Mex. Biodivers*, v. 87, p. 1002–1009.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia dos tucunarés (Actinopterygii, Cichlidae), em cativeiro. Aparelho de reprodução. Hábitos de desova e incubação. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 10, n. 4, p. 503–519, 1950.

FRANCO, A. C. S., BERTHOU, E. G., DOS SANTOS, L.M. Ecological impacts of an invasive top predator fish across South America. *Science of the Total Environment*, 2022.

FRANCO, A.C.S., L.N. SANTOS, A.C. PETRY., E. GARCÍA-BERTHOU. Abundance of invasive peacock bass increases with water residence time of reservoirs in southeastern Brazil. *Hydrobiologia* v. 817, pp.155–166, 2018.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. Catálogo de peixes de Eschmeyer: gêneros, espécies, referências. São Francisco, 2022.

FULLER, P.L. Vectors of invasions in freshwater invertebrates and fishes. In: CANNING-CLODE, J. (Ed.), *Biological Invasions in Changing Ecosystems*. Sciendo Migration, Berlin, p. 88–115, 2015.

FUGI, R., LUZ-AGOSTINHO, K. D., AGOSTINHO, A. A. Trophic interaction between an introduced (peacock bass) and a native (dogfish) piscivorous fish in a Neotropical impounded river. *Hydrobiologia*, v. 607, p. 143, 2008.

NELSON, J. S.; GRANDE, T.; WILSON, M. V. H. *Fishes of the world*. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119174844>.

GOLANI, D.; SONIN, O.; SNOVSKY, G.; DAVID, L.; TADMOR-LEVI, R. The occurrence of the peacock bass (*Cichla kelberi* (Kullander and Ferreira 2006)) in Lake Kinneret (sea of galilee), Israel. *BioInvasions Rec* 8, 706–711. of species of the genus *Cichla* in a reservoir in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* v. 64, p. 613–624, 2019.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande - MG/SP. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 25, n. 1, p. 79–86, 2003.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. Reproduction of species of genus *Cichla* in a reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 6, p. 613–624, 2004.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JÚNIOR, G. A.; NAOUS, F. Reprodução de *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 introduzidos em um lago artificial no Sudeste do Brasil = Reproduction of *Cichla kelberi* Kullander and Ferreira, 2006 introduced into an artificial lake in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 1, p. 175–183. DOI: 10.1590/S1519-69842009000100023.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JR, G. A.; NAOUS, F. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) introduzidos em um lago artificial no Sudeste Brasileiro. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 2, p. 173–178, 2008.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JUNIOR, G. A.; NAOUS, F. Reproduction of *Cichla kelberi* Kullander and Ferreira, 2006 introduced into an artificial lake in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 1, p. 175–183, 2009.

GOMIERO, L. M.; JUNIOR, A. L. Reproduction of *Cichla kelberi* Kullander and Ferreira, 2006, introduced into an artificial lake in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 69, n. 2, p. 441–448, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/F3cdLKY6QZzN3nCFrV3VMFP/>

GRIER, H. J. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoologist*, v. 21, n. 2, p. 345–357, 1981.

GUEDES, Gustavo Henrique Soares; GOMES, Iracema David; NASCIMENTO, Aparecida Alves do; AGUIAR, Fernanda Silva de; ARAÚJO, Francisco Gerson. Estratégia reprodutiva de equilíbrio do tucunaré *Cichla kelberi* facilita a invasão em um reservatório neotropical. *Journal of Fish Biology*, v. 98, n. 3, p. 1–13, 2021. DOI: 10.1111/jfb.14618. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfb.14618>.

HANSSON, L.A., ANNADOTTER, H., BERGMAN, E., HAMRIN, S.F., JEPPESEN, E., KAIRESALO, T., LUOKKANEN, E., NILSSON, P.Å., SØNDERGAARD, M., STRAND, J. Biomanipulation as an application of food-chain theory: constraints, synthesis, and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems*, v. 1, p. 558–574, 1998.



HART, P.J.; REYNOLDS, J.D. Banishing ignorance: underpinning fisheries with basic biology. In: Hart, P.J.B., Reynolds, J.D. (Eds.), *Handbook of Fish Biology and Fisheries*, 1. Blackwell Publishing, New Jersey, pp. 1–11, 2002.

HARISH KUMAR, K., KIRAN, B. R., PURUSHOTHAM, R. PUTTAIAH, E. T., MANJAPPA, S. Length-weight relationship of cyprinid fish *Rasbora daniconius* (Hamilton-Buchanan) from Saravathi reservoir, Karnataka. *Zoos' Print Journal*, v. 21, p. 2140–2141, 2006.

HAVEL, Jeffrey E.; THOMAZ, Sidinei M.; KOVALENKO, Kirill E.; RICCIARDI, Anthony; DIBBLE, Eric D.; SCHULTZ, Richard D. 2015. Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 750, n. 1, p. 147-170, 2015. DOI: 10.1007/s10750-014-2166-0.

HOEINGHAUS, D.J., LAYMAN, C.A., ARRINGTON, D.A., WINEMILLER, K.O. Movement of *Cichla* species (Cichlidae) in a Venezuelan floodplain river. *Neotropical Ichthyology*, v. 1, p.121–126, 2003.

HOLLEY, M.H.; MACEINA, M.J.; THOMAS-SOUSA, M.; FORSBERG, B.R. Analysis of the trophy sport fishery for the speckled peacock bass in the Rio Negro River, Brazilian Fisheries Management and Ecology, v. 15, p. 93–98, 2008.

HOWELLS, R.G.; GARRETT, G.P.1992. Status of some exotic sport fishes in Texas waters. *Tex.J. Sci.* 44, 17–324.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO, 2020. National Parks of Brazil. Disponível em: <https://dados.gov.br/organization/a144dc5c-3a19-4630-a65f-8484dc46e844?tag=s=Parque+Nacional>

JEPSEN, D. B., WINEMILLER, K. O., TAPHORN, D. C. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. *Journal of Fish Biology*, v. 51, p. 1085–1108, 1997.

JEPSEN, D. B., WINEMILLER, K. O., TAPHORN, D. C., OLARTE, D. R. Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *Journal of Fish Biology*, v. 55, p. 433–450, 1999.

JESUS, V. C. Análise da geomorfologia fluvial da bacia do Rio Preguiças: padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

JOBLING, M. Environmental factors and rates of development and growth. In: HART, P. J.; REYNOLDS, J. D. (ed.). *Handbook of fish biology and fisheries: Fish biology*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2002. v. 1, p. 97–122.

JORISSEN, M.W.; PARISELLE, A.; HUYSE, T., VREVEN, E.J.; SNOEKS, J., VOLCKAERT, F.A.; MANDA, A.C.; KASEMBELE, G.K.; ARTOIS, T.; VANHOVE, M.P.

Diversity and host specificity of monogenean gill parasites (Platyhelminthes) of cichlid fishes in the Bangweulu-Mweru ecoregion. *J. Helminthol*, v. 92, p. 417–437, 2018

KELLY, D.W.; PATERSON, R.A.; TOWNSEND, C.R.; POULIN, R.; TOMPKINS, D.M. 2009. Parasite spillback: a neglected concept in invasion ecology? *Ecology*, v. 90, p. 2047–2056, 2005.

KHALEEL, A. G.; I. N.; AHMAD-SYAZNI, K. Introduction of invasive peacock bass (*Cichla* spp.), its rapid distribution and future impact on freshwater ecosystem in Malaysia. *Croatian Journal of Fisheries, Croatia*, v. 79, n. 1, p. 33-46, 2021. DOI: 10.2478/cjf-2021-0004

KOERBER, Stefan; GUIMARÃES, Erick Cristofore; BRITO, Pâmella Silva de; OLIVEIRA, Rafael Ferreira de; OTTONI, Felipe Polivanov. *CLOFFBR-MA – update 1 – supplement to Checklist of the freshwater fishes of Maranhão, Brazil. Ichthyological Contributions of PecesCriollos*, v. 84, p. 1–13, 2023.

KOVALENKO, K.E.; DIBBLE, E.D.; AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M. Recognition of non- native peacock bass, *Cichla kelberi* by native prey: testing the naiveté hypothesis. *Biological Invasions*, v. 12, p. 3071–3080, 2010.

KULLANDER, S. O. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). In: MALABARBA, L. R. et al. (org.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p. 461–498.

KULLANDER, S. O.; FERREIRA, E. J. G. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 17, p. 289–398, 2006.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. JR. Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management and Ecology*, v. 11, n. 2, p. 71–79, 2004.

LAYMAN, C.A.; WINEMILLER, K.O.; ARRINGTON, D.A.; JEPSEN, D.B. Body size and trophic position in a diverse tropical food web. *Ecology*, v. 86, p. 2530–2535, 2005.

LEVSEN, A.; LUNESTAD, B.T.; BERLAND, B. Parasites in farmed fish and fishery products. In: Lie, Ø. (Ed.), *Improving Farmed Fish Quality and Safety*. p. 428–445, 2008.

LIMEIRA-FILHO, D.; MORAES, P. S. S.; ALMEIDA, M. S.; SILVA, A. C. C.; SILVA, J. L. N.; FARIAS-RODRIGUES, L.; TEIXEIRA, B. R. S.; ANJOS, J. V. X.; BIRINDELLI, J. L. O.; BARROS, M. C.; FRAGA, E. C. Fish diversity in the rivers that drain the Baixada Maranhense and the Mearim basin in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, e273525, 2023. DOI: 10.1590/1519-6984.273525.

LIEW, J.H.; TAN, H.H.; YEO, D.C. Dammed rivers: impoundments facilitate fish invasions. *Freshwater Biology*, v. 61, p. 1421–1429, 2016.

LOWERRE-BARBIERI, S. K. CONSTANTINOS GANIAS, FRAN SABORIDO-REY, HILÁRIO MURUA, JOHN R. HUNTER. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 71–91, 2011.

LUQUE, J., ABDALLAH, V., LUQUE, J. Acanthocephala, Annelida, arthropoda, Myxozoa, nematoda and Platyhelminthes parasites of fishes from the guandu river, Rio de Janeiro, Brazil. *Check List*, v. 6, p. 659, 2016.

MACKIE, M.; LEWIS, P. Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in Western Australia. *Fisheries Research Reports*, 2001. p. 1–44.

McKAYE, K. R. Competition for breeding sites between the cichlid fishes of Lake Jiloá, Nicaragua. *Ecology*, v. 58, p. 291–302, 1977.

McKAYE, K. R. Behavioral aspects of cichlid reproductive strategies. In: POTTS, G. W.; WOOTTON, R. J. (ed.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London: Academic Press, 1984. p. 245–273.

MENDLOVA', M.; ŠIMKOVA', A. Evolution of host specificity in monogenean parasitizing African cichlid fish. *Parasites Vectors*. v, 7, p. 69, 2014.

MIGAUD, H.; BELL, G.; CABRITA, E. et al. Gamete quality and broodstock management in temperate fishes. *Aquaculture Reviews*, v. 5, p. S194–S223, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12025>.

MORO, P. S. Prospecção do estoque do Robalo-peva (*Centropomus parallelus*) no litoral do Paraná, através da pesca esportiva. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MURRAY, A.M. The fossil record and biogeography of the Cichlidae (Actinopterygii: Labroidei). *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 74, p. 517–532, 2001.

NEAL, J.W.; NOBLE, R.L.; LILYESTROM, C.G. Evaluation of the ecological compatibility of butterfly peacock cichlids and largemouth bass in Puerto Rico reservoirs. *Transactions of the American Fisheries Society*, v.135, p. 288–296, 2006.

NEAL, J.W.; BIES, J.M.; FOX, C.N.; LILYESTROM, C.G. Evaluation of proposed speckled peacock bass *Cichla temensis* introduction to Puerto Rico. *orth American Journal of Fisheries Management*, v. 37, p. 1093–1106, 2017.

NELSON, B.R.; EDINUR, H.A.; ABDULLAH, M.T. Compendium of hand, foot and mouth disease data in Malaysia from years 2010–2017. *Data in brief*, v. 24, 103868, 2019.

NELSON, B.R., SATYANARAYANA, B., MOH, J.H.Z., IKHWANUDDIN, M., CHATTERJI, A., SHAHAROM, F., 2016. The final spawning ground of *Tachypleus gigas* (Müller, 1785) on the east Peninsular Malaysia is at risk: a call for action. *Peer J*. v. 4, e2232 doi: 10.7717/peerj.2232

NICHOLAS, W.L. The biology of the Acanthocephala. In: Dawes, B. (Ed.), *Advances in Parasitology*. Academic Press., London, p. 205–246, 1967.

OTA, R.R.; FROTA, A.; OLIVEIRA, A.G.; NARDI, G.; PROENÇA, H.C.; PENIDO, I.S.; AGOSTINHO, A.A. Brazilian fish fauna threatened by a proposal for a new law protecting invaders. *Biodiversity Conservation*, v. 28, p. 787–789, 2019.

PACE, M.L., COLE, J.J., CARPENTER, S.R., KITCHELL, J.F. Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends Ecol. Evol.*, v. 14, p. 483–488, 1999.

PASCHOAL, F.; SCHOLZ, T.; TAVARES-DIAS, M.; LUQUE, J.L. Dactylogyrids (Monogenea) parasitic on cichlids from northern Brazil, with description of two new species of *Sciadicleithrum* and new host and geographical records. *Acta Parasitológica*, v. 61, p. 158–164, 2016.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, v. 11, n. 8, p. 1789–1801, 2009.

PEREIRA, L.S.; AGOSTINHO, A.A.; WINEMILLER, K.O. Revisiting cannibalism in fishes. *Rev. Fish Biology Fish*, v. 27, p. 499–513, 2017.

POMPEU, P. S.; GODINHO, H. P. Ictiofauna de três lagoas marginais do médio São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 167–181.

POUYAUD, L.; DESMARAIS, E.; DEVENEY, M.; PARISELLE, A. Phylogenetic relationships among monogenean gill parasites (Dactylogyridea, Ancyrocephalidae) infesting tilapiine hosts (Cichlidae): systematic and evolutionary Molecular Phylogenetics and Evolution. v. 38, p. 241–249, 2006.

SABAJ, M. H. HERNÁN LÓPEZ-FERNÁNDEZ , STUART C. WILLIS , DEVYA D. HEMRAJ , DONALD C. TAPHORN , KIRK O. WINEMILLER. *Cichla cataractae* (Cichliformes: Cichlidae), new species of peacock bass from the Essequibo Basin, Guyana and Venezuela. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, v. 167, n. 1, p. 69–86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1635/053.167.0106>. Acesso em: 19 jul. 2025.

SANTOS, G. M.; OLIVEIRA JR., A. B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). *Acta Amazônica*, v. 29, n. 1, p. 145–163, 1999. <https://doi.org/10.1590/1809-43921999291163>

SANTOS, A. A. MIZUE I. EGAMI, MARIA JOSÉ T. RANZANI-PAIV, YARA JULIANO. Hematological parameters and phagocytic activity in fat snook (*Centropomus parallelus*): Seasonal variation, sex and gonadal maturation. *Aquaculture*, v. 296, p. 359–366, 2009.

SANTOS, L.N., AGOSTINHO, A.A., SANTOS, A.F., GARCÍA-BERTHOU, E. Reconciliation ecology in Neotropical reservoirs: can fishing help to mitigate the impacts of invasive fishes on native populations? *Hydrobiologia*, v. 826, p. 183–193, 2019.

SANTANA, R. G.; FRANÇA, D. V. B. ; AVELAR, C. M. C. Dinâmica do uso e cobertura da terra entre os anos 1985 e 2021 na bacia hidrográfica do rio Preguiças – MA, Brasil. *Geofronter*, v. 9, n. 1, p. 1-23, 2023. DOI: 10.61389/geofronter.v9i1.7645.

SALES, N.G.; PESSALI, T.C.; NETO, F.R.A.; CARVALHO, D.C. Introgression from non-native species unveils a hidden threat to the migratory Neotropical fish *Prochilodus hartii*. *Biological Invasions*, v. 20, p. 555–566, 2018.

SARMENTO, H. New paradigms in tropical limnology: the importance of the microbial food web. *Hydrobiologia*, v. 686, p. 1–14, 2012.

SASTRAPRAWIRA, Shantika Maylana; RAZAK, Iqbal Harith Abd; SHAHIMI, Salwa; PATI, Siddhartha; EDINUR, Hisham Atan; JOHN, Akbar Bavajohn; AHMAD, Amirrudin; KUMARAN, Jayaraj Vijaya; MARTIN, Melissa Beata; CHONG, Ju Lian; CHOWDHURY, Ahmed Jalal Khan; NELSON, Bryan Raveen. A review on introduced *Cichla* spp. and emerging concerns. *Heliyon*, v. 6, n. 11, e05370, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05370>.

SATO, Y.; SAMPAIO, E. V. A ictiofauna na região do alto São Francisco, com ênfase no reservatório de Três Marias, Minas Gerais. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (org.). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RIMA, 2005. p. 303–330.

SCHOFIELD, P.J.; JELKS, H.; GESTRING, K.B. Eradication of two non-native cichlid fishes in Miami, Florida (USA). *Management of Biological Invasions*, v. 10, p. 296–310, 2019.

SHAFLAND, P.L. The introduced butterfly peacock (*Cichla ocellaris*) in Florida. II. Food and reproductive biology. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v. 7, p. 95–113, 1999.

SHARPE, D.M.T.; DE LEOˆN, L.F.; GONZAˆLEZ, R.; TORCHIN, M.E. Tropical fish community does not recover 45 years after predator introduction. *Ecology*, v. 98, p. 412–424, 2017.

SILVA, D.L.B.D., 2008. Turismo em unidades de conservação: contribuições para a prática de uma atividade turística sustentável no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Brasília: Universidade de Brasília. 206 p. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável.

SIMBERLOFF, D.; STILING, P. How risky is biological control? *Ecology*, v. 77, p. 1965–1974, 1996.

SIMKOVAˆ, A.; VERNEAU, O.; GELNAR, M., MORAND, S. Specificity and specialization of congeneric monogeneans parasitizing cyprinid fish. *Evolution* 60, 1023–1037, 2006.

SIMKOVAˆ, A.; MORAND, S.; JOBET, E.; GELNAR, M.; VERNEAU, O. Molecular phylogeny of congeneric monogenean parasites (*Dactylogyrus*): a case of intrahost speciation. *Evolution*, v. 58, p. 1001–1018, 2004.

SOUZA, J. E.; FRAGOSO-MOURA, E. N.; FENERICH-VERANI, N.; ROCHA, O.; VERANI, J. R. Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes,

Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 201-210, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ni/a/4cFdjNzrjbtTjWphRgFzxPR/>

SOUZA, C. P.; RODRIGUES-FILHO, C. A.S.; BARBOSA, F. A. R.; LEITÃO, R. P. Drastic reduction of the functional diversity of native ichthyofauna in a Neotropical lake following invasion by piscivorous fishes. *Neotropical Ichthyology*, v. 19, e210033, p. 1-14, 2021. DOI: 10.1590/1982-0224-2021-0033.

SU, G.; LOGEZ, M.; XU, J.; TAO, S.; VILLEGGER, S.; BROSSE, S. Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, v. 371, p. 835-838, 2021.

SUTHARSHINY, S.; SIVASHANTHINI, K.; THULASITHA, W. S. Lipid changes in relation to maturation and spawning of the tropical double-spotted queenfish, *Scomberoides lysan* (Forsskål, 1775). *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 8, n. 4, p. 555–570, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajava2013.555.570>.

SUZUKI, H. I.; AGOSTINHO, A. A. Reprodução de peixes do reservatório Corumbá (GO). In: AGOSTINHO, A. A.; FUGI, R.; VERÍSSIMO, S.; LATINI, A. A. (org.). *Estudos Ictiológicos na Área de Influência do AHE de Corumbá*. Maringá: EDUEM, 2001. p. 227–323.

VANHOVE, M.P.; HABLÜTZEL, P.I.; PARISELLE, A.; S'IMKOVA', A.; HUYSE, T.; RAEYMAEKERS, J.A. Cichlids: a host of opportunities for evolutionary parasitology. *Trends Parasitol*, v. 32, p. 820–832, 2016.

VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia de peixes teleósteos: teoria e prática*. São Paulo: EDUEM, 1996.

VÁSQUEZ, R.; KLEIN, E.; LOPES, D. B. Cichlidae em ambiente natural na bacia do rio Preguiças, Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 72, n. 4, p. 1-7, 2012.

VIEIRA, A.B.; MELO, R.; SANTOS, G.B.; BAZZOLI, N. Reproductive biology of the peacock bass *Cichla piquiti* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in a Neotropical reservoir. *Neotrop. Ichthyol*, v. 7, p. 745–750, 2009.

VILA NOVA, C. M. V. M. HELENA TEIXEIRA GODOY., MAURO LUIZ ALDRIGUE. Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia e pargo (*Oreochromis niloticus*, *Lutjanus purpureus*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 430–436, 2005.

WILLIS, S. C.; NUNES, M. S.; MONTAÑA, C. G.; FARIAS, P. F.; LOVEJOY, N. R. Systematics, biogeography and evolution of the Neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes, Cichlidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 44, p. 291–307, 2007.

VITULE, J. R. S.; UMBRIA, S. C.; ARANHA, J. M. R. Introdução de espécies, com ênfase em peixes de ecossistemas continentais. In: REVISÕES EM ZOOLOGIA – I: Volume comemorativo dos 30 anos do Curso de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba: Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, p. 1-12, 2006.

WILLIS, S. C. ,JASON MACRANDER ,IZENI P FARIAS &GUILHERME ORTÍ Simultaneous delimitation of species and quantification of interspecific hybridization in Amazonian peacock cichlids (*genus Cichla*) using multi-locus data. *BMC Evolutionary Biology*, v. 12, p. 1–14, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-96>. Acesso em: 19 jul. 2025.

WINEMILLER, K.O.; TAPHORN, D.C.; BARBARINO-DUQUE, A. Ecology of *Cichla* (Cichlidae) in two blackwater rivers of southern Venezuela. *Copeia*, p. 690–696, 1997.

WINEMILLER, K. O. Ecology of peacock cichlids (*Cichla* spp.) in Venezuela. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*, v. 9, p. 93–112, 2001.

WOOTTON, R. J.; EVANS, G. W.; MILLS, L. A. Annual cycle in female three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.) from an upland and lowland population. *Journal of Fish Biology*, v. 12, p. 331–343, 1978.

YOSHIDA, H. O. Skipjack tuna spawning in the Marquesas Islands and Tuamotu Archipelago. *Fishery Bulletin*, v. 65, p. 479–488, 1964.

ZARET, T. M. Life history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predatory South American cichlid. *Biotropica*, v. 12, n. 2, p. 144–157, 1980.

ZARET, T.M.; PAINE, R.T.Species introduction in a tropical lake: a newly introduced piscivore can produce population changes in a wide range of trophic levels. *Science*, v. 182,p. 449–455, 1973.

ZAUKI, N.A.M.; SATYANARAYANA, B.; FAIRUZ-FOZI, N.; NELSON, B.R., MARTIN, M.B.; AKBAR- JOHN, B.; CHOWDHURY, A.J.K. Citizen science frontiers horseshoe crab population regain at their spawning beach in East Peninsular Malaysia. *Journal Environtal. Managment*, v. 232, p. 1012–1020, 2019.



ANEXOS

ARTIGO I

Artigo publicado pela revista Brazilian Journal of Biology (Qualis A3 2017-2020)

Original Article

Featuring the ovarian morphological of *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 introduced in a Basin adjacent to the *Lençóis Maranhenses* National Park, Northeastern Brazil

Caracterização morfológica ovariana de *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 introduzido em bacia adjacente ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil

D. C. S. Mendes^{a*} , K. S. Noletto^a , I. F. S. Carvalho^b , J. M. Andrade^c , A. V. Carvalho-Neta^{a,b} ,
J. R. S. Torres-Júnior^c  and L. M. Costa-Junior^d 

^aUniversidade Estadual do Maranhão – UEMA, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – PPG-BIONORTE, São Luís, MA, Brasil

^bUniversidade Estadual do Maranhão – UEMA, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, São Luís, MA, Brasil

^cUniversidade Federal do Maranhão – UFMA, Departamento de Oceanografia e Limnologia, São Luís, MA, Brasil

^dUniversidade Federal do Maranhão – UFMA, Departamento de Patologias, São Luís, MA, Brasil

Abstract

Peacock bass (*Cichla kelberi*) has been introduced in reservoirs in Brazil; however, information about its reproductive aspects and gonadal maturation remains scarce. Studies on this field carried out in Maranhão State, Brazil mainly address information from lakes and specific regions. The aims of the present study are to feature the gonads and female germ cells of *C. kelberi* captured in a basin by *Lençóis Maranhenses* National Park. Thirty specimens were collected, euthanized and weighed. Their gonads were subsequently removed and taken to histological processing. Females were classified as synchronous in multiple batches. Germ cells were featured as Primordial Follicles, Primary Development, Cortical Alveoli, Lipid Vitellogenesis, Lipid-Protein Vitellogenesis and Complete Vitellogenesis. Post-ovulatory and Atretic Follicles were also observed. The smallest cell (in diameter) was observed in primordial follicle cells (16.7 μm) and the largest one was recorded for atretic follicle cells (453.5 μm). The smallest cell area was 580.9 μm^2 and the largest one was 300,240.7 μm^2 . The collected data differed from those recorded other reservoirs in Maranhão State and for other locations in Brazil. This finding points out that this species remains under adaption to the lotic environment in Preguiças River, at *Lençóis Maranhenses* National Park. Additional research is necessary to help better understanding the long-term reproductive and ecological aspects of the assessed species in order to support the sustainable management of this basin.

Keywords: Cichlidae, cell, non-native species, reproduction.

Resumo

Cichla kelberi tem sido introduzido em reservatórios no Brasil e as informações acerca dos aspectos reprodutivos, maturação gonadal da espécie ainda são escassas. No Maranhão, tais estudos se encontram pontuais e restritos às regiões lacustres. O presente trabalho objetiva caracterizar as gônadas e células germinativas femininas de *C. kelberi* bacia adjacente ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Brasil. Foram coletados 30 exemplares, estes foram eutanasiados, pesados e posteriormente as gônadas foram retiradas e encaminhadas ao processamento histológico. As fêmeas foram classificadas como sincrônicas em lotes múltiplos. As células germinativas foram caracterizadas como Folículo primordial, Desenvolvimento primário, Alvéolo cortical, Vitelogênese lipídica, Vitelogênese lipídica-proteica e Vitelogênese completa. Também foram observados Folículos Pós-ovulatórios e Atrésicos. O menor diâmetro celular foi em células de folículo primordial 16.7 μm e o maior em folículo atrésico 453.5 μm . A menor área celular foi de 580.9 μm^2 e a maior 300.240,7 μm^2 . Os dados observados no presente trabalho diferem de outros observados em demais reservatórios observados no Maranhão e em outros estados do Brasil, demonstrando que

a espécie está em processo de adaptação ao ambiente lótico do Rio Preguiças, no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. Pesquisas adicionais são necessárias para compreender a longo prazo os aspectos reprodutivos e ecológicos da espécie a fim auxiliar no manejo sustentável da bacia.

Palavras-chave: Cichlidae, célula, espécie não nativa, reprodução.

*e-mail: denisemendess2@yahoo.com.br

Received: October 19, 2024 – Accepted: May 28, 2025

Editor: Felipe Polivanov Ottoni



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Brazilian Journal of Biology, 2025, vol. 85, e291248 | <https://doi.org/10.1590/1519-6984.291248>

1/9

1. Introduction

Fish belonging to genus *Cichla* Bloch & Schneider, 1801 (Cichliformes: Cichlidae), which are popularly known as Peacock bass, are native to the Amazon, Tocantins and Orinoco basins, as well as to Atlantic slope rivers in the Guianas and Suriname (Kullander and Ferreira, 2006). These species are carnivorous and non-migratory. They show parental behavior, which is highlighted by nest building and offspring protection (Castro et al., 2020; Gomiero et al., 2009).

Fish belonging to genus *Cichla* are among the species most often introduced in river basins in Brazil (Gomiero and Braga, 2004). This same process is also observed in North and South America, Africa and Asia (Golani et al., 2019; Sastraprawira et al., 2020) for sport fishing in reservoirs, lakes and rivers (Castro et al., 2020).

These fish are known as predators belonging to family Cichlidae. They are distributed in Neotropical river basins (Kullander & Ferreira, 2006; Willis et al., 2007). Their remarkable ability to adapt to the new environments they are introduced in leads to significant impact on native communities, including changes in food chain, reduced potential prey populations and, consequently, risk of endangering other native species (Menezes et al., 2012; Pelicice and Agostinho, 2009). The *Cichla* spp. population in rivers and lakes in Paraná State is an example of it, since it recorded severe reduction in native fish communities (Zaret and Paine, 1973). Many of these communities had not recovered, even after 45 years (Sharpe et al., 2017). This phenomenon has been associated with the extinction of native species living in river basins in the Brazilian Atlantic Forest (Pelicice and Agostinho, 2009; Fragoso-Moura et al., 2016; Catelani et al., 2021; Franco et al., 2022).

Cichla representatives mainly feed on small fish and invertebrates (Fugi et al., 2008), and it turns them, mainly those living in reservoirs, into individuals with high potential to disturb invaded communities (Zaret and Paine, 1973; Latini and Petrere Junior, 2004; Sabaj et al., 2020).

Peacock bass *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 is endemic to the Araguaia and lower Tocantins River basins (Kullander and Ferreira, 2006). Nevertheless, this species has faced its extensive introduction in different regions worldwide, including Central America (Sharpe et al., 2017), North America (Shafland, 1999), Asia (Chong et al., 2010), Africa (Welcomme, 1988), Oceania (Maciolek, 1984) and the Middle East (Golani et al., 2019), due to its attractiveness for sport fishing, ability to regulate other species and to the quality of its meat. Therefore, it is essential understanding this species' features, mainly how its reproductive aspects influence the settlement of sustainable populations

outside their native habitat (Pelicice and Agostinho, 2009; Sharpe et al., 2017).

According to studies on the reproduction of *C. kelberi*, this species reproduces in the warmest periods of the year, from spring to summer. This reproductive strategy was observed in studies carried out in Brazilian lakes and rivers (Gomiero et al., 2009; Andrade and Pelicice, 2022; Mattos et al., 2024). There are only few studies on this species' impact on native assembly in Brazil. The research by Leal et al. (2021) stood out among studies in this topic

because it showed significant decline in the richness of native species in Rosana Lake reservoir, Paraná State, Brazil observed fish biodiversity loss in the Atlantic Forest conservation unit where *C. kelberi* was introduced in. These findings reinforce the need for efforts to gather further knowledge to help developing management measures applicable to this species.

Studies with peacock bass carried out in Pindaré River basin, Maranhão State, Northeastern Brazil, identified *C. kelberi* (Limeira-Filho et al., 2023) in this basin. *Cichla monoculus* Spix & Agassiz, 1831 and *C. kelberi* were found in Preguiças River basin adjacent to the Lençóis Maranhenses National Park (Brito et al., 2020; Mendes et al., 2022; Monroe et al., 2023).

Despite some specific registers, there are gaps in knowledge about *C. kelberi* distribution in the assessed region, mainly when it comes to the ecological and reproductive aspects of its exotic nature. Therefore, the aims of the present study were to feature the reproductive development and describe the gonadal morphology of this species' representatives in Preguiças River in order to provide information focused on supporting management measures applicable to them in this river and other basins close to Lençóis Maranhenses National Park, Brazil.

2. Materials and Methods

Thirty female *C. kelberi* specimens were collected from Preguiças River, Barreirinhas municipality, Lençóis

Maranhenses National Park (PNLM) region, Maranhão State - Brazil. The collection points were located at latitude 02°44'49" South and longitude 42°49'35" West (Figure 1). Fish capture was authorized by the Ethics Committee on the Use of Animals from Federal University of Maranhão (UFMA) (CEUA - UFMA), Process n. 23115.031745/2020-32, and granted with license by IBAMA - ICMBio/SISBIO License n. 74279-1.

Captures were made aboard a small aluminum boat (16 to 19 feet in length) equipped with 25HP outboard engine and 54 lb electric motor due to the species' predatory feeding habits. The boat crew comprised 4 fishermen. They used 5.6-foot carbon fiber rods, low-profile reels loaded with 12 to 30 lb multifilament lines and artificial baits measuring from 6 cm to 11 cm (adapted from Moro, 2008). Specimens were anesthetized right after capture through submersion in water added with 3% Benzocaine for 10 minutes, based on the methodology by Santos et al. (2009). Fish were dissected and their gonads were removed, weighed and examined to identify fish sex. Eviscerated fish weight was recorded and gonads' developmental stages were macroscopically assessed in both sexes. The following variables were taken into consideration for female fish: turgidity degree, color, vascularization, gonads' weight and length in comparison to the space occupied by the coelomic cavity (Vazzoler, 1996).

The gonads were dehydrated in increasing alcohol series, diaphanized in xylene, impregnated with and soaked in paraffin blocks, sectioned into 5- μ m sections in a microtome and stained with Hematoxylin-Eosin (HE) on the slides (Yoshida, 1964). These procedures were

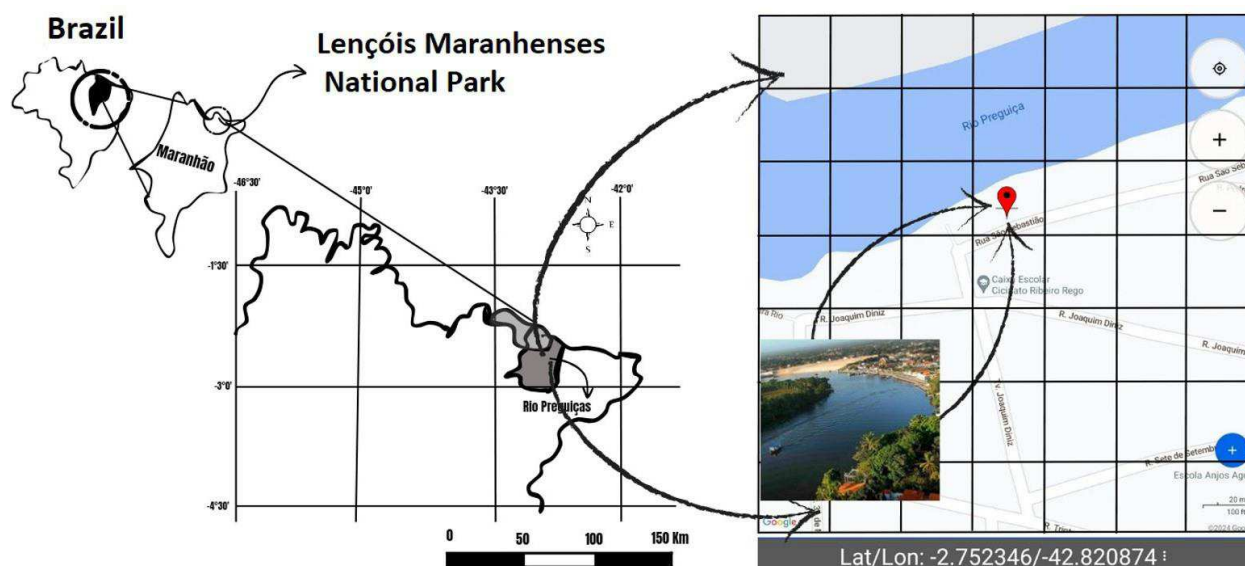


Figure 1. Preguiças River location in Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão State, Northeastern Brazil.

conducted at the Animal Morphophysiology Laboratory of State University of Maranhão (UEMA).

The microscopic feature of female gonads' maturation stages was performed based on the nomenclature established by Lowerre-Barbieri et al. (2011). This procedure was performed under Zeiss AXIO LAB A1 binocular microscope, on Zeen Blue software. Photographic records were also made.

2.1. Statistical analysis

Non-normal distribution diameter and oocyte area variables were analyzed on Statistica application through Student's T-test. The significance level of 5% was adopted to reject H0 (null hypothesis); i.e., classificatory variables effects and their interactions were taken into consideration when significance level was lower than 0.05 ($P < 0.05$).

3. Results

Captured specimens recorded mean length 32.9 ± 3.2 cm (variations ranged from 24.7 to 41.9 cm).

The gonads of female *C. kelberi* were classified as paired organ that was often whitish in individuals at early maturation stage and yellowish or reddish-yellow in mature individuals (Figure 2). Oocytes could be seen at naked eye at these stages. They present white to yellow structures, and spherical appearance. Blood vessels in this organ are

barely visible in females at early maturation stage. Highly branched neovascularization was observed at the mature stage; however, it became disorganized and hemorrhagic at the emptied stage (Figure 3).

Germ cells were featured as Primordial Follicle (PF), Primary Development (PD), Cortical Alveoli (CA), Lipid Vitellogenesis (Vtg1), Lipid-Protein Vitellogenesis (Vtg2) and Complete Vitellogenesis (Vtg3). Post-Ovulatory Follicles (POF) and Atretic Follicles (AF) were also observed (Figure 2). It was possible classifying the species' spawning

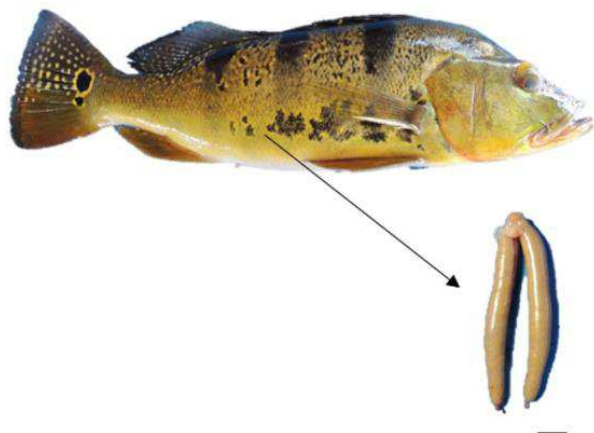


Figure 2. *Cichla kelberi* specimen collected in Barreirinhas, Maranhão State, Northeastern Brazil. Scale bar = 1 cm.

as synchronous in multiple batches and it ranged from Primary Development to Atretic Follicles due to germ cells' organization pattern (Figure 4).

3.1. Oocyte developmental stages and morphological description

The detailed description of different oocytes and follicular morphological findings observed in *C. kelberi* ovaries were based on a histological study that followed the Haematoxylin-eosin staining technique (Figures 4 and 5). **Primordial follicles (PF)** in *C. kelberi* presented basophilic cytoplasm; and large, poorly stained, rounded and centralized nucleus with a single central nucleolus attached to the inner face of the nuclear envelope. The nucleus occupied the largest part of the oocyte in comparison to the cytoplasm at this stage. The total areas recorded for the cell and the nucleus at this stage were $580.9 \mu\text{m}^2$ and $166.5 \mu\text{m}^2$, respectively.

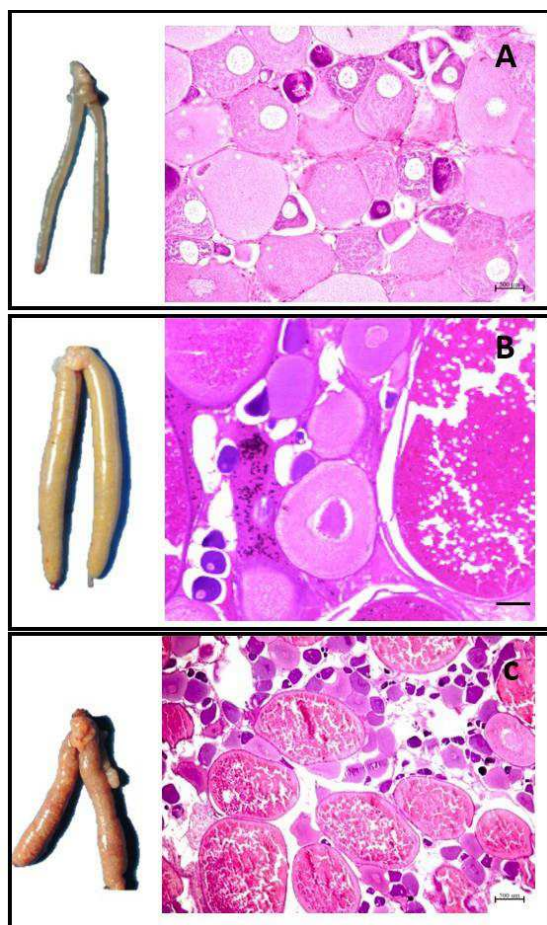


Figure 3. Macroscopic and Histological Comparison of Female *C. kelberi* Gonads. Maturing gonad (A), mature gonad (B) and emptied gonad (C). HE Staining. Scale bar = 500 micrometer.

Primary Development (PD) cells had basophilic, granular and scarce cytoplasm, and their nucleus occupied more than half of the cell. The nucleus was large, spherical and centralized, with numerous nucleoli attached to the inner face of the nucleolar envelope. The cells were slightly larger than the primordial follicles in the total cell and the nucleus areas were $2,273.6 \mu\text{m}^2$ and $322.9 \mu\text{m}^2$, respectively. The nucleus had irregular central contour or was slightly eccentric, with flattened or rounded nucleoli in the cells at the **cortical alveolar stage (C.A.)**. These cells were at secondary growth and their cytoplasm often occupied more than 50% of their volume. The nucleus presented cortical alveoli and vesicles with glycoprotein content, which were not crowned and organized in the cytoplasm bordering the plasma membrane. *Zona radiata* could be visualized; it was thin and strongly eosinophilic in color. The areas of the cell and nucleus at this phase were $8,385.7 \mu\text{m}^2$ and $1,265.6 \mu\text{m}^2$, respectively.

The nucleus of cells at the **lipid vitellogenesis (Vtg1)** stage was centralized or slightly eccentric, with slightly irregular contour and flattened or rounded nucleoli, which could be visualized, or not. Lipid deposition in the cytoplasm showed increasingly abundant unstained oil droplets. The vitelline membrane became thicker, and follicular cells grew and became more elongated and clearer in the surrounding areas. The cell and nuclei areas were $45,507.9 \mu\text{m}^2$ and $2,761.8 \mu\text{m}^2$, respectively.

Cells at the **lipid and protein vitellogenesis (Vtg2)** stage had central or slightly eccentric nuclei with irregular contour, poorly clear nucleoli. Globules starting from cytoplasm periphery towards the nucleus presented acidophilic proteins. Cells with migrating-protein globules could also be observed. The vitelline membrane was thicker

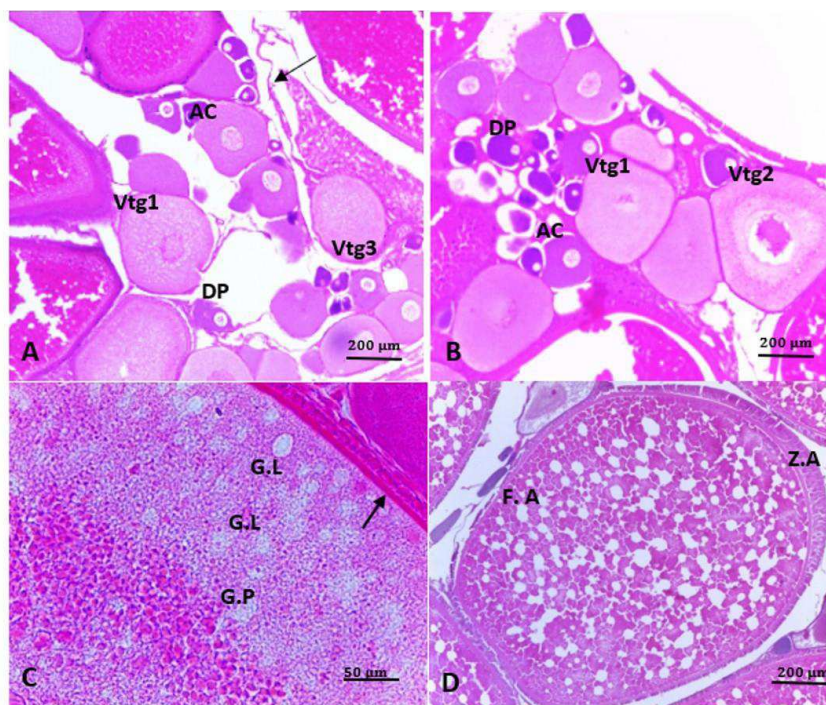


Figure 4. *C. kelberi* oocytes. (A) Oocytes at lipid vitellogenesis (Vtg1) stage, primary development (DP), cortical alveolus (AC), post-ovulatory follicle (POF arrow); (B) primary development oocytes (DP), cortical alveolus (AC), Vtg1 and Vtg2; (C) Lipid granules (G.L), protein granules (G.P); (D): Highlighted atretic follicle (F.A), cell adhesion zones (Z.A).

and visible. The cell and nucleus areas were $76,821.1 \mu\text{m}^2$ and $4,248.5 \mu\text{m}^2$, respectively.

The nucleus was barely visible or had irregular and dispersed shape in the follicle at the complete vitellogenesis (Vtg3) stage due to yolk granules' increase and position in this species; therefore, it could not be measured. The vitelline membrane observed under 100x magnification in binocular microscope presented radially arranged striations and higher thickness. The oocyte showed mean cell area equals $57,619.7 \mu\text{m}^2$ at this stage.

Post-Ovulatory Follicles (POF) were observed. They often originated from emptied follicular structures that evaginate to shape a body formed by contiguous cells cords that, in their turn, highlight the species' spawning.

Atretic follicles (AF) derived from oocytes that were subjected to degenerative processes. They were disintegrated and diffused through the interstitium

featuring cell residues. The cells presented turgidity loss and, consequently, zona pellucida or vitelline membrane fragmentation. A cord of prismatic cells at varying sizes was observed close to the cell membrane. Cell nuclei were stained with hematoxylin and featured as adhesion zone in oocytes. They were most commonly found in ovaries at the mature and emptied stages, besides often being the largest cells at the developmental stage in female gonads recording mean total area of $300,240.7 \mu\text{m}^2$.

Eight (8) stages (table 3) were categorized based on the morphological developmental pattern observed in oocyte cells of individuals belonging to the *C. kelberi* lineage (Figure 5).

The metrics of areas and diameters recorded for cells and nuclei are described in Tables 1 and 2. There was significant difference between them at different oocyte stages: $p=0.1$ and $p=0.05$, respectively.

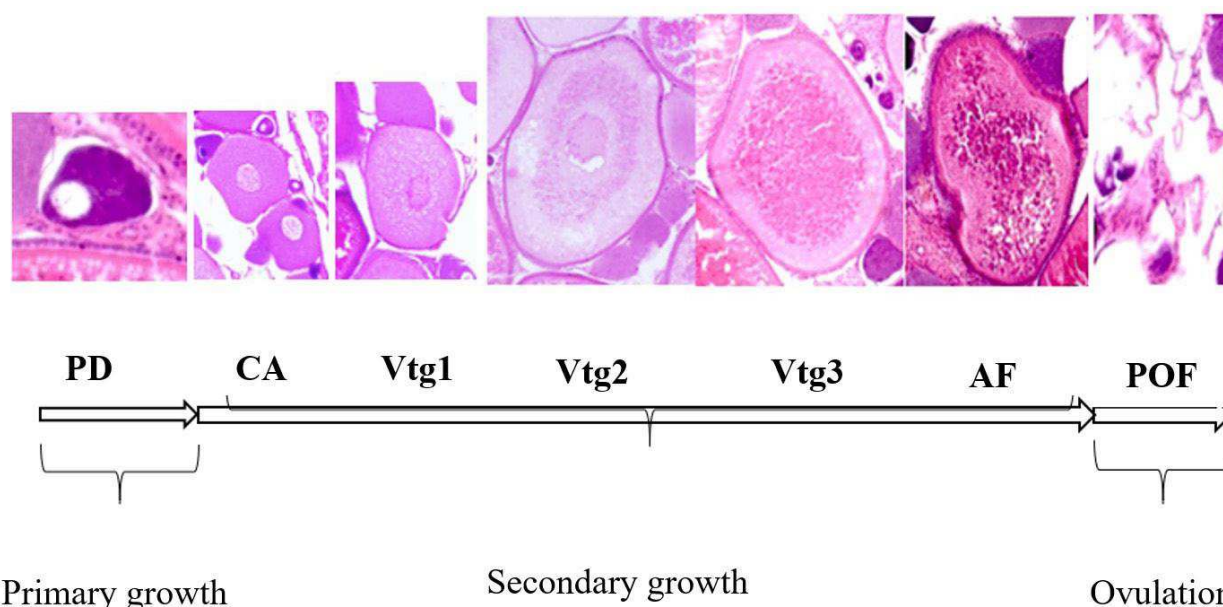


Figure 5. *Cichla kelberi* oocyte's developmental stages. DP: Primary development; AC: Cortical atresia; Vtg1: Lipid vitellogenesis; Vtg2: Lipid and protein vitellogenesis; Vtg3: Complete vitellogenesis; FA: Atretic follicle; POF: Post-ovulatory follicle. Hematoxylin-Eosin HE staining, 200 micrometer and 50 micrometer.

Table 1. *Cichla. kelberi* mean cell and nucleus diameter at different developmental stages.

	Cell diameter μm	Nucleus diameter μm
PF	26.7 ± 5.2	14 ± 4
PD	243.6 ± 92.0	18.8 ± 7.3
CA	91.6 ± 30.4	31.8 ± 11.19
VTG1	172 ± 112	48.6 ± 22.6
VTG2	203.5 ± 99.4	65.9 ± 27.1
VTG3	258.5 ± 110.2	
AF	453.5 ± 247.9	

Table 2. Mean area of *Cichla kelberi* oocytes nucleus cell at different developmental stages.

	Cell Area	Nucleus Area μm^2
	μm^2	
PF	580.9 $\pm$ 227.8	166.5 $\pm$ 97.4
PD	2,273.6 $\pm$ 1,876.8	322.9 $\pm$ 251.8
CA	8,385.7 $\pm$ 5,718.1	1,265.6 $\pm$ 874.3
VTG1	45,507.9 $\pm$ 23,504.7	2,761.8 $\pm$ 511.5
VTG2	76,821.1 $\pm$ 58,359.1	4,248.5 $\pm$ 3,406.4
VTG3	57,619.7 $\pm$ 9,222.4	
AF	300,240.7 $\pm$ 37,249.8	

Table 3. Morphological features of *C. kelberi* oocytes.

Developmental stage	Oocyte cell features
Primordial follicle	Small cell, scant basophilic cytoplasm, large rounded central nucleus with single central nucleolus.
Primary Development	Cytoplasm occupies 50% of cell volume, rounded nucleus with spherical and basophilic nucleoli attached to the inner face of the nucleus.
Cortical Alveolus	Cytoplasm occupies more than 50% of the cell, with cortical alveoli bordering the membrane. Slightly eccentric nucleus with irregular contour, and nucleoli attached to the periphery.
Lipid Vitellogenesis	The cytoplasm occupies a larger cell volume, and lipid droplets are arranged throughout it. The nucleus is eccentric with irregular contour, and the nucleoli are flattened and peripheral. The plasma membrane is thick.
Lipid/protein vitellogenesis	Cytoplasm with protein granules starting from cell periphery. Centralized or eccentric nucleus, weakly evident nucleoli. Thick vitelline membrane, presence of follicular cells at the edge of the oocytes.
Complete Vitellogenesis	The nucleus is scarcely visible, and the cytoplasm is full of yolk and protein granules. Thick plasma membrane.
Atretic follicle	Oocytes in degenerative process resulted in cell turgidity loss, plasma membrane rupture and clear adhesion zones.
Post Ovulatory Follicle	Empty follicles that evaginate and appear as thin cell cord.

4. Discussion

The non-native species *C. kelberi* found in the Preguiças River, Lençóis Maranhenses region, Northeastern Brazil, was classified as synchronous with oocytes at all developmental stages in multiple batches. Spawning batches were also reported for *C. kelberi* distributed in freshwater reservoirs throughout Brazil, as described in the study by Guedes et al. (2021), which was carried out in Lajes reservoir, Rio de Janeiro, Southeastern Brazil, and by Souza et al. (2008), who conducted a research in Lobo reservoir, São Paulo,

Southeastern Brazil, and observed that this species tend to repeat the aforementioned spawning pattern. This same spawning pattern has been observed in some other species in Brazil, such as *Cichla monoculus*, which was introduced in a dam in Campo Grande City, Northeastern Brazil (Chellappa et al., 2003), and *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider, 1801 and *C. monoculus*, which were introduced in Volta Grande reservoir, Southeastern Brazil (Gomiero and Braga, 2004).

Long-term spawning in sequential batches over the year helps reducing competition between larvae and, later on, between juveniles. It also allows increased fertility and reduces the risk of losing offspring due to predation or to the unfavorable environmental conditions faced by some species introduced in new environments (Barros et al., 2017; Delariva and Neves, 2020). Although most cichlids are capable of multiple spawning over the year, this mechanism depends on variations in food resources and on the availability of spawning sites (Gomiero et al., 2009). The diameter of

Cichla kelberi oocytes varies in studies carried out in several river basins in Brazil. Germ cells ranging from 306 μm to 2,815 μm were observed in *Cichla ocellaris* and *C. monoculus*. Diameters ranged from 90 μm in primary development cells to 770 μm in vitellogenic cells in *C. kelberi*. The same species were introduced in an artificial lake in São Paulo State and recorded diameter variation from 61.2 μm to 2,203.2 μm . This finding is different from that in the present study, according to which, germ cells ranged from 27.6 μm in diameter at initial stages to

453.5 μm at final vitellogenesis stage (Gomiero and Braga, 2004; Guedes et al., 2021; Gomiero et al., 2009).

Specimens found in other studies showed little variation in length in comparison to records in the current research. Therefore, reduced oocytes can point out this species' adaptation to the lotic environment, which imposes higher energy costs on habitats that, in their turn, present constant water flow and tidal influence, such as Preguiças River (Guedes et al., 2021). Another likely influence would be native food stocks and bioavailable energy exhaustion. It is so, because *C. kelberi* increased its population after its introduction in the new environment (Moreira and Silva, 2023).

Fish reproductive adaptation is a life history trait necessary for species' colonization and stability in different habitats, since colonizers can vary depending on new environmental conditions (Moyle and Marchetti, 2006). They can create self-sustaining populations after initial colonization if the introduced species heavily invest in reproductive attributes (Blackburn et al., 2011). However, the exact time of this species' introduction in Preguiças River Basin is unknown, although this information could help better understanding aspects of both introduced specimens' reproductive changes and adaptation to current populations.

The species assessed in Preguiças River basin showed divergences in gonadal morphological features in comparison to other species belonging to this genus that are also distributed in Brazilian river basins. The species in Preguiças River is classified as native predator and it has impact on its populations (Latini and Petrere-Junior, 2004).

Oligosarcus solitarius Menezes, 1990 (Characiformes: Acestorhamphidae) disappearance is an example of *C. kelberi* impact on native biodiversity. This species is endemic to lakes in Preguiças River Basin (Vieira, 1994). However, the consequences of *C. kelberi* introduction in this basin remain unknown. Studies on this species' biology and behavior, such as feeding, shelter and nesting sites, as well as dispersal forms, remain necessary to develop conservation measures applicable to native fish species and to help managing the introduced species in the long term.

Acknowledgements

Thanks to PhD Débora Santos for laboratory assistance, to the Research Foundation of Maranhão, to Good Deal Language Consultancy for translating the manuscript, to Natália Jovita Pereira and Alline Vieira Coelho for supporting data collection.

Data Availability Statement

The research data are only available upon request to the corresponding author.

References

- ANDRADE, G.S. and PELICICE, F.M., 2022. Coexistence of endemic peacock basses (*Cichla*) in a Neotropical reservoir (Cichlidae:

- Cichliiformes). *Neotropical Ichthyology*, vol. 20, no. 3, e220039. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-2022-0039>.
- BARROS, G., ZUANON, J. and DEUS, C., 2017. Effects of species co-occurrence on the trophic-niche breadth of characids in Amazon forest streams. *Journal of Fish Biology*, vol. 90, no. 1, pp. 326-340. <http://doi.org/10.1111/jfb.13183>. PMID:27778359.
- BLACKBURN, T.M., PYSEK, P., BACHER, S., CARLTON, J.T., DUNCAN, R.P., JAROSÍK, V., WILSON, J.R.U. and RICHARDSON, D.M., 2011. A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 26, no. 7, pp. 333-339. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>. PMID:21601306.
- BRITO, P.S., GUIMARÃES, E.C., FERREIRA, B.R.A., SANTOS, J.P., AMARAL, Y.T. and OTTONI, F.P., 2020. Updated and supplementary data on Brito et al. (2019): freshwater fishes of the PN dos Lençóis Maranhenses and adjacent areas. *Ichthyological Contributions of Peces Criollos*, vol. 73, pp. 1-17.
- CASTRO, P.D.S., LADISLAU, D.S., RIBEIRO, M.W.S., PAIVA, A.J.V., LIEBL, A.R.S., PANTOJA-LIMA, J., ARIDE, P.H.R. and OLIVEIRA, A.T., 2020. Ecophysiological interactions in species of peacock bass *Cichla* spp. from the Amazon. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, vol. 11, no. 5, pp. 594-599. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0053>.
- CATELANI, P.A., PETRY, A.C., PELICICE, F.M. and GARCÍA-BERTHOUE, E., 2021. When a freshwater invader meets the estuary: the peacock bass and fish assemblages in the São João River, Brazil. *Biological Invasions*, vol. 23, no. 1, pp. 167-179. <http://doi.org/10.1007/s10530-020-02363-w>.
- CHELLAPPA, S., CÂMARA, M.R., CHELLAPPA, N.T., BEVERIDGE, M.C.M. and HUNTINGFORD, F.A., 2003. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: cichlidae). *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 63, no. 1, pp. 17-26. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842003000100004>. PMID:12914411.
- CHONG, V.C., LEE, P.K.Y. and LAU, C.M., 2010. Diversity, extinction risk and conservation of Malaysian fishes. *Journal of Fish Biology*, vol. 76, no. 9, pp. 2009-2066. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02685.x>. PMID:20557654.
- DELARIVA, R.L. and NEVES, M.P., 2020. Morphological traits correlated with resource partitioning among small characin fish species coexisting in a Neotropical river. *Ecology Freshwater Fish*, vol. 29, no. 4, pp. 640-653. <http://doi.org/10.1111/eff.12540>.
- FRAGOSO-MOURA, E.N., OPORTO, L.T., MAIA-BARBOSA, P.M. and BARBOSA, F.A.R., 2016. Loss of biodiversity in a conservation unit of the Brazilian Atlantic Forest: the effect of introducing non-native fish species. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 76, no. 1, pp. 18-27. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.07914>. PMID:26909619.
- FRANCO, A.C.S., PETRY, A.C., TAVARES, M.R., GUIMARÃES, T.F.R. and SANTOS, L.N., 2022. Global distribution of the South American peacock basses *Cichla* spp follows human interference. *Fish and Fisheries*, vol. 23, no. 2, pp. 407-421. <http://doi.org/10.1111/faf.12624>.
- FUGI, R., LUZ-AGOSTINHO, K.D. and AGOSTINHO, A.A., 2008. Interação trófica entre um peixe piscívoro introduzido (tucunaré) e um nativo (caçã) em um rio represado neotropical. *Hydrobiologia*, vol. 607, pp. 143. <http://doi.org/10.1007/s10750-008-9384-2>.
- GOLANI, D., SONIN, O., SNOVSKY, G., DAVID, L. and TADMOR-LEVI, R., 2019. The occurrence of the peacock bass (*Cichla kelberi* Kullander and Ferreira 2006) in Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel. *BioInvasions Records*, vol. 8, no. 3, pp. 706-711. <http://doi.org/10.3391/bir.2019.8.3.28>.

- GOMIERO, L.M. and BRAGA, F.M.S., 2004. Reproduction of species of the genus *Cichla* in a reservoir in Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 64, no. 3B, pp. 613-624. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842004000400008>. PMID:15619999.
- GOMIERO, L.M., VILLARES JUNIOR, G.A. and NAOUS, F., 2009. Reproduction of *Cichla kelberi* (Kullander and Ferreira, 2006) introduced into an artificial lake in south-eastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 69, no. 1, pp. 175-183. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842009000100023>. PMID:19347162.
- GUEDES, G.H.S., GOMES, I.D., NASCIMENTO, A.A., AGUIAR, F.S., ARAÚJO, F.G., 2021. Equilibrium reproductive strategy of the peacock bass *Cichla kelberi* facilitates invasion into a Neotropical reservoir. *Journal of Fish Biology*, vol. 98, no. 3, pp. 743-755. <http://doi.org/10.1111/jfb.14618>. PMID:33206375.
- KULLANDER, S.O. and FERREIRA, E.J.G., 2006. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: cichlidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, vol. 17, no. 4, pp. 289-398.
- LATINI, A.O. and PETRERE JUNIOR, M., 2004. Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 11, no. 2, pp. 71-79. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2003.00372.x>.
- LEAL, L.B., HOEINGHAUS, D.J., COMPSON, Z.G., AGOSTINHO, A.A., FERNANDES, R. and PELICICE, F.M., 2021. Changes in ecosystem functions generated by fish populations after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, vol. 19, no. 3, e210041. <http://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0041>.
- LIMEIRA-FILHO, D., MORAES, P.S.S., ALMEIDA, M.S., SILVA, A.C.C., SILVA, J.L.N., FARIAS-RODRIGUES, L., TEIXEIRA, B.R.S., ANJOS, J.V.X., BIRINDELLI, J.L.O., BARROS, M.C. and FRAGA, E.C., 2023. Fish diversity in the rivers that drain the Baixada Maranhense and the Mearim basin in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 83, e273525. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.273525>. PMID:37909556.
- LOWERRE-BARBIERI, S.K., GANIAS, K., SABORIDO-REY, F., MURUA, H. and HUNTER, J.R., 2011. Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods. *Marine and Coastal Fisheries*, vol. 3, no. 1, pp. 71-91. <http://doi.org/10.1080/19425120.2011.556932>.
- MACIOLEK, J.A., 1984 [viewed 19 October 2024]. Exotic fishes in Hawaii and other islands of Oceania. In: W.R. COURTENAY and J.R. STAUFFER, eds. *Distribution, biology and management of exotic fishes* [online]. Baltimore: John Hopkins University Press, pp. 131-161. Available from: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70162156>
- MATTOS, D.D.C., CARDOSO, L.D., OLIVEIRA, A.T., SCRENCI-RIBEIRO, R., MATTOS, B.O., ARIDE, P.H.R., RADAEL, M.C., MOTTA, J.H.S. and VIDAL, M.V., 2024. Effect of temperature on the embryonic and larvae development of discus fish *Symphysodon aequifasciatus* and time of first feeding. *Zygote (Cambridge, England)*, vol. 32, no. 4, pp. 279-284. <http://doi.org/10.1017/S0967199424000236>. PMID:39291700.
- MENDES, D.C.S., NOLETO, K.S., CARVALHO, I. F.S., ANDRADE, J.M.S., DAMOUS, G.H.P., SANTOS, E.C.B., CARVALHO NETA, A.V. and TORRES-JÚNIOR, J.R.S., 2022. Biomonitoramento reprodutivo de peixe exótico em bacia hidrográfica adjacente ao Parque Nacional Lençóis Maranhense. In: D.B.P. SOUSA, J.S. CASTRO, W.B. JESUS, eds. *Monitoramento ambiental: metodologias e estudos de caso*. São Luís: Editora i-EDUCAM, pp: 173-183. <http://doi.org/10.29327/576562.1-10>.

- MENEZES, R.F., ATTAYDE, J.L., LACEROT, G., KOSTEN, S., COIMBRA E SOUZA, L., COSTA, L.S., VAN NES, E.H. and JEPPSEN, E., 2012. Lower biodiversity of native fish but only marginally altered plankton biomass in tropical lakes hosting introduced piscivorous *Cichla* cf. *ocellaris*. *Biological Invasions*, vol. 14, no. 7, pp. 1353-1363. <http://doi.org/10.1007/s10530-011-0159-8>.
- MONROE, T.G.R., CANTANHÊDE, S.P.D., SOUSA, N.S.M., MONROE, N.B., PIORSKI, N.M. and TCHAICKA, L., 2023. Inventory reveals non-native species and variation in spatial-temporal dynamics of fish community in a Brazilian protected area. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, vol. 83, e274232. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.274232>. PMID:37970901.
- MOREIRA, E.A. and SILVA, D.P., 2023. Uma dúzia de peixes: algumas espécies exóticas invasoras encontradas em águas brasileiras e seus impactos. *Ciência Animal Brasileira*, vol. 24, no. 1, e-74647E. <http://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-74647e>.
- MORO, P.S., 2008. *Prospecção do estoque do Robalo-peva (Centropomus parallelus) no litoral do Paraná, através da pesca esportiva*. Fortaleza: Departamento de Engenharia de Pesca, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 132 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Pesca.
- MOYLE, P.B. and MARCHETTI, M.P., 2006. Predicting invasion success: freshwater fishes in California as a model. *Bioscience*, vol. 56, no. 6, pp. 515-524. [http://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[515:PISFFI\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[515:PISFFI]2.0.CO;2).
- PELICICE, F.M. and AGOSTINHO, A.A., 2009. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, vol. 11, no. 8, pp. 1789-1801. <http://doi.org/10.1007/s10530-008-9358-3>.
- SABAJ, M.H., LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H., WILLIS, S.C., HEMRAJ, D.D., TAPHORN, D.C. and WINEMILLER, K.O., 2020. *Cichla cataractae* (Cichliformes: Cichlidae), new species of peacock bass from the Essequibo Basin, Guyana and Venezuela. *Proceedings. Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, vol. 167, no. 1, pp. 69-86. <http://doi.org/10.1635/053.167.0106>.
- SASTRAPRAWIRA, S.M., ABD RAZAK, I.H., SHAHIMI, S., PATI, S., EDINUR, H.A., JOHN, A.B., AHMAD, A., KUMARAN, J.V., MARTIN, M.B., CHONG, J.L., CHOWDHURY, A.J.K. and NELSON, B.R., 2020. Uma revisão sobre *Cichla* spp. introduzidas e preocupações emergentes. *Heliyon*, vol. 6, e05370. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05370>. PMID:33204875.
- SANTOS, A.A., EGAMI, M.I., RANZANI-PAIVA, M.J.T. and JULIANO, Y., 2009. Hematological parameters and phagocytic activity in fat snook (*Centropomus parallelus*): seasonal variation, sex and gonadal maturation. *Aquaculture*, vol. 296, no. 3-4, pp. 359-366. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.023>.
- SHAFLAND, P.L., 1999. The introduced butterfly peacock (*Cichla ocellaris*) in Florida. II. Food and reproductive biology. *Reviews in Fisheries Science*, vol. 7, no. 2, pp. 95-113. <http://doi.org/10.1080/10641269991319207>.
- SHARPE, D.M.T., DE LEÓN, L.F., GONZÁLEZ, R. and TORCHIN, M.E., 2017. Tropical fish community does not recover 45 years after predator introduction. *Ecology*, vol. 98, no. 2, pp. 412-424. <http://doi.org/10.1002/ecy.1648>. PMID:27861787.
- SOUZA, J.E., FRAGOSO-MOURA, E.M., FENERICH-VERANI, N., ROCHA, O. and VERANI, J.R., 2008. Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, vol. 6, no. 2, pp. 201-210. <http://doi.org/10.1590/S1679-62252008000200007>.
- VAZZOLER, A.E.A.M., 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 169 p.
- VIEIRA, F. 1994. *Estrutura de comunidade e aspectos da alimentação e reprodução dos peixes em dois lagos do médio Rio Doce*.

- Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 87 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Conservação e Desenvolvimento da Vida selvagem.
- WELCOMME, R.L., 1988 [viewed 19 October 2024]. *International introductions of inland aquatic species* [online]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Fisheries Technical Paper, no. 294. Available from: <http://www.fao.org/3/X5628E/X5628E00.htm>
- WILLIS, S.C., NUNES, M.S., MONTAÑA, C.G., FARIAS, I.P. and LOVEJOY, N.R., 2007. Systematics, biogeography and evolution of the Neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes, Cichlidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, vol. 44, no. 1, pp. 291-307. <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.12.014>. PMID:17275345.
- YOSHIDA, H.O., 1964. Skipjack tuna spawning in the Marquesas Islands and Tuamotu Archipelago. *Fish Bulletin*, vol. 65, pp. 479-488.
- ZARET, T.M. and PAINE, R.T., 1973. Species Introduction in a Tropical Lake: a newly introduced piscivore can produce population changes in a wide range of trophic levels. *Science*, vol. 182, no. 4111, pp. 449-455. <http://doi.org/10.1126/science.182.4111.449>. PMID:17832455.



ARTIGO II

Artigo publicado na Revista Caderno Pedagógico (Qualis 2017-2020)



Prospecção reprodutiva e energética do tucunaré-amarelo *Cichla kelberi* cichliformes: cichlidae em ambiente natural na bacia adjacente ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Nordeste do Brasil

Reproductive and energy prospecting of the yellow peacock bass *Cichla kelberi* cichliformes: cichlidae in a natural environment in the basin adjacent to the Lençóis Maranhenses National Park, Northeast Brazil

Prospección reproductiva y energética del pavón amarillo *Cichla kelberi* cichliformes: cichlidae en un ambiente natural en la cuenca adyacente al Parque Nacional Lençóis Maranhenses, Nordeste de Brasil

DOI: 10.54033/cadpedv22n11-051

Originals received: 8/1/2025

Acceptance for publication: 8/27/2025

Denise Carla da Silva Mendes

Doutoranda em Biodiversidade

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: denisemendess2@yahoo.com.br

Katherine Saldanha Noleto Soares

Doutora em Biodiversidade

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: katherinenoleto@gmail.com

Irayana Fernanda da Silva Carvalho

Doutora em Ciência Animal

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: nanda.dih@live.com

José de Ribamar de Souza Torres- Júnior

Pós-doutor pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: jose.torres@ufma.br

Alcina Vieira de Carvalho Neta

Pós-doutora pela University of Miami (UMiami)

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: alcinavcn@yahoo.com

Débora Martins Silva Santos

Doutora em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: deborasantos@professor.uma.br

RESUMO

O tucunaré-amarelo (*Cichla kelberi*) tem sido introduzido em reservatórios brasileiros, porém ainda há poucas informações sobre sua biologia reprodutiva, maturação gonadal, aspectos energéticos e perfil lipídico. Este estudo analisou 76 exemplares capturados no Rio Preguiças, próximo ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, visando avaliar o índice hepatossomático (IHS), fator de condição, estádios de maturação gonadal e teor lipídico. As análises microscópicas revelaram gônadas nos estádios em maturação (44,7%), maduro (28,9%) e esvaziado (26,3%), com predominância de fêmeas no estágio esvaziado e de machos no estágio em maturação. A proporção sexual foi de 1,5 machos para cada fêmea, com alometria positiva para fêmeas ($b=3,1$) e negativa para machos ($b=2,9$). O fator de condição apresentou aumento no estágio maduro, enquanto o IHS foi maior nos machos (0,7) do que nas fêmeas (0,5), elevando-se conforme a maturação das gônadas nos machos e reduzindo-se nas fêmeas. O peso do estômago e o fator de condição foram superiores nos machos. A análise lipídica indicou maior concentração na ventrecha (7,6%). Os resultados sugerem que *C. kelberi* apresenta elevada eficiência na conversão de recursos ambientais em energia voltada à manutenção e reprodução, ressaltando a necessidade de estudos adicionais para subsidiar estratégias de manejo e controle.

Palavras-chave: Peixe. Energia. Reprodução. *Cichla*.

ABSTRACT

The yellow peacock bass (*Cichla kelberi*) has been introduced into Brazilian reservoirs, but there is still little information on its reproductive biology, gonadal maturation, energetic aspects, and lipid profile. This study analyzed 76 specimens captured in the Preguiças River, near Lençóis Maranhenses National Park, aiming to evaluate the hepatosomatic index (IHS), condition factor, gonadal maturation stages, and lipid content. Microscopic analyses revealed gonads in the maturing (44.7%), mature (28.9%), and emptied (26.3%) stages, with a predominance of females in the emptied stage and males in the maturing stage. The sex ratio was 1.5 males to 1 female, with positive allometry for females ($b=3.1$) and negative allometry for males ($b=2.9$). The condition factor increased at the mature stage, while the IHS was higher in males (0.7) than in females (0.5),

increasing with gonadal maturation in males and decreasing in females. Stomach weight and condition factor were higher in males. Lipid analysis indicated a higher concentration in the venter (7.6%). The results suggest that *C. kelberi* is highly efficient in converting environmental resources into energy for maintenance and reproduction, highlighting the need for further studies to support management and control strategies.

Keywords: Fish. Energy. Reproduction. *Cichla*.

RESUMEN

El pavón amarillo (*Cichla kelberi*) ha sido introducido en embalses brasileños, pero aún hay poca información sobre su biología reproductiva, maduración gonadal, aspectos energéticos y perfil lipídico. Este estudio analizó 76 especímenes capturados en el río Preguiças, cerca del Parque Nacional Lençóis Maranhenses, con el objetivo de evaluar el índice hepatosomático (IHS), el factor de condición, los estadios de maduración gonadal y el contenido lipídico. Los análisis microscópicos revelaron gónadas en los estadios de maduración (44,7%), madura (28,9%) y vaciada (26,3%), con predominio de hembras en el estadio vaciado y machos en el estadio de maduración. La proporción sexual fue de 1,5 machos por 1 hembra, con alometría positiva para las hembras ($b=3,1$) y negativa para los machos ($b=2,9$). El factor de condición aumentó en la etapa madura, mientras que el IHS fue mayor en los machos (0,7) que en las hembras (0,5), aumentando con la maduración gonadal en los machos y disminuyendo en las hembras. El peso estomacal y el factor de condición fueron mayores en los machos. El análisis de lípidos indicó una mayor concentración en el vientre (7,6%). Los resultados sugieren que *C. kelberi* es altamente eficiente en la conversión de recursos ambientales en energía para su mantenimiento y reproducción, lo que resalta la necesidad de estudios adicionales que respalden las estrategias de manejo y control.

Palabras clave: Peces. Energía. Reproducción. *Cichla*.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil os peixes do gênero *Cichla* Bloch & Schneider, 1801 (Cichliformes: Cichlidae) são popularmente denominados como Tucunarés (Kullander & Ferreira, 2006). São pertencentes a família Cichlidae que é considerada uma das mais ricas em espécies de peixes de água doce do mundo com aproximadamente 1.300 espécies registradas e estimativas de 1.900 existentes. Atualmente são conhecidas 16 espécies (Sabaj *et al.* 2020) de tucunarés as quais são diferenciadas pela cor das escamas e padrão corporal

(morfometria). Porém, estudos moleculares indiquem a existência de nove espécies e sete variedades regionais (Willis *et al.* 2012; Winemiller *et al.* 2021).

Esse peixe ocorre naturalmente em grandes bacias hidrográficas tropicais, como as bacias Amazônica, Tocantins-Araguaia e do Orinoco, além de rios costeiros do norte do Brasil e da região das Guianas (Kullander & Ferreira, 2006; Willis *et al.*, 2007). Nesses ecossistemas, os tucunarés desempenham um papel essencial na regulação das comunidades aquáticas, controlando populações de peixes forrageiros e contribuindo para o equilíbrio ecológico (Franco *et al.*, 2022).

O tucunaré-amarelo *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 é endêmico da bacia do Rio Araguaia, Baixo Rio Tocantins e Pará. Porém como muitas outras espécies dessa família, ele tem sido introduzido em outros reservatórios de água doce pelo Brasil (Gomiero e Braga, 2004). O *C. kelberi* é um peixe sedentário que vive em grupos e habita ambientes lênticos de água transparente. Sua alimentação varia de pequenos invertebrados a peixes adultos inclusive da mesma espécie (Kullander & Ferreira, 2006; Gomiero *et al.*, 2009).

A reprodução de *Cichla* spp. é marcada por comportamentos sofisticados de cuidado parental e desova em substrato, o que contrasta com espécies neotropicais migradoras que realizam desova total em grandes volumes de água. Os indivíduos de *Cichla* formam pares monogâmicos temporários durante o ciclo reprodutivo e selecionam locais com substrato firme, como rochas ou troncos submersos, para a oviposição. Ambos os genitores permanecem no território defendendo ativamente a ninhada contra predadores, aumentando consideravelmente a taxa de sobrevivência da prole contribuindo para o sucesso reprodutivo dos animais (Kullander & Ferreira, 2006; Winemiller, 2001).

Atualmente poucos aspectos da biologia do *Cichla kelberi* foram estudados na região nordeste do Brasil, (Brito *et al.*, 2019; Mendes *et al.*, 2022; Monroe *et al.*, 2023). características voltadas à população ainda são desconhecidas. As evidências científicas sobre a sazonalidade reprodutiva, estágios de maturação gonadal, dados alimentares e fisiológicos ainda são pouco conhecidos para a região, portanto o presente trabalho tem como objetivo avaliar aspectos reprodutivos e fisiológicos de *C. kelberi* capturado no rio

Preguiças, Maranhão, nordeste do Brasil, a fim de fornecer informações voltadas ao suporte de medidas de gestão aplicáveis nessa bacia nas demais próximas a região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO DE *CICHLA* NO BRASIL

No Brasil, as primeiras introduções de *Cichla* ocorreram oficialmente na região semiárida durante a década de 1930, com o objetivo de estabelecer novas pescarias e fornecer proteína animal para a população local (Paiva e Mesquita 2013; Bezerra *et al.* 2019).

A introdução de tucunarés acelerou após a década de 1990 com a expansão da pesca recreativa (Vitule 2009; Franco *et al.* 2022; Hillesheim *et al.* 2022). As áreas mais impactadas pela introdução dessas espécies incluem a Bacia do Rio Paraná (particularmente os reservatórios de Furnas, Três Marias e Itaipu), a Bacia do São Francisco, a Bacia do Rio Doce, regiões semiáridas do Nordeste, além de diversos corpos d'água nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país. As espécies mais frequentemente introduzidas são *C. kelberi* Kullander & Ferreira, 2006, *C. piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 e *C. monoculus* Spix e Agassiz 1831 (Espínola *et al.* 2010; Bezerra *et al.* 2019 Pompeu & Godinho, 2003; Sato & Sampaio, 2005).

Os tucunarés possuem ampla distribuição na Amazônia. Atualmente, há 16 espécies descritas (Kullander & Ferreira, 2006; Sabaj *et al.*, 2020), embora análises moleculares indiquem a existência de apenas nove espécies válidas, além de algumas variedades locais. É comum que duas ou mais espécies e variedades coexistam em uma mesma bacia hidrográfica. Por exemplo, *Cichla temensis* Kullander & Ferreira, 2006, *C. orinocensis* C. orinocensis Humboldt, 1821 e *C. intermedia* Machado-Allison, 1971 ocorrem conjuntamente no rio Cinaruco (Hoeinghaus *et al.*, 2003), enquanto *C. monoculus* Spix e Agassiz 1831 e *C. temensis* Humboldt 1821 coexistem no rio Uatumã (Santos & Oliveira Jr., 1999).

Essa coexistência também é observada na bacia do rio Tocantins, onde os endêmicos *C. piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 e *C. kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 são distribuídos de forma simpátrica (sendo este último considerado uma variedade de *C. ocellaris* Bloch & Schneider, 1801 (Willis *et al.*, 2012). Embora a presença simultânea de diferentes espécies seja comum, elas compartilham características funcionais e comportamentais semelhantes. De modo geral, os tucunarés são peixes de médio a grande porte, piscívoros generalistas, diurnos, com comportamento parental (guardam os ninhos), adaptados a ambientes lênticos e dependentes de habitats estruturados. Essas semelhanças garantem desempenho ecológico semelhante entre as espécies, mas também podem promover sobreposição de nichos e competição por recursos (Andrade & Pelicice, 2022).

2.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO GÊNERO *CICHLA*

Atualmente, as espécies do gênero *Cichla* são caracterizadas pelo formato corporal semelhante ao do robalo e padrões corporais marcantes e coloridos (Andrade & Pelicice, 2022; Sabaj *et al.* 2020; Fugi *et al.*, 2008; Zaret & paine, 1973). Um conjunto de três barras verticais pretas e um ocelo dourado circundado por uma borda escura na base da nadadeira caudal são características morfológicas comuns à maioria das espécies de *Cichla*, com exceção de *Cichla pleiozona* e *C. piquiti*. A cor vermelha na região central da quilha caudal é uma marca visível em várias espécies.

Em seu habitat natural, os tucunarés apresentam tamanho variando entre 30 e 60 cm, podendo atingir massas corporais entre 3 e 6 kg quando adultos, com registros de longevidade de até 69 anos (Jepsen *et al.*, 1999; Willis *et al.*, 2012). Preferem ambientes de águas profundas, entre 10 e 20 metros, com substratos rochosos ou compostos por troncos submersos. Sua área de distribuição pode variar de 100 a 1.000 metros, dependendo das dimensões do corpo hídrico (Hoeinghaus *et al.*, 2003).

2.3 TUCUNARÉ CICHLA SPP.

O tucunaré, pertencente ao gênero *Cichla* (família Cichlidae), é considerado um dos peixes de água doce mais emblemáticos da América do Sul. Sua notoriedade se deve tanto à sua função ecológica como predador de topo quanto ao seu elevado valor na pesca esportiva e comercial. No entanto, a introdução de espécies desse gênero em regiões fora de sua área de distribuição natural tem gerado preocupações ambientais, devido aos impactos negativos já registrados em diferentes áreas do Brasil (Kullander & Ferreira, 2006).

Esse peixe ocorre naturalmente em grandes bacias hidrográficas tropicais, como as bacias Amazônica, Tocantins-Araguaia e do Orinoco, além de rios costeiros do norte do Brasil e da região das Guianas (Kullander & Ferreira, 2006; Willis *et al.*, 2007).

As espécies do gênero *Cichla* são conhecidas por seu grande porte, hábitos piscívoros e morfologia corporal característica. Pesquisas internacionais destacam esse grupo como predadores altamente eficientes, capazes de capturar e engolir suas presas inteiras (Hansson *et al.*, 1998).

A identificação de espécies como *C. temensis*, *C. ocellaris*, *C. monoculus* e *C. kelberi* a partir da década de 1960 impulsionou seu uso na aquicultura, na pesca esportiva e no comércio de espécies ornamentais e exóticas em diversas regiões do mundo, incluindo Europa, América do Norte, América Central e Ásia (Fugi *et al.*, 2008; Pelicice & Agostinho, 2009).

Acredita-se que eventos como enchentes e a construção de represas tenham possibilitado a dispersão desses peixes para corpos d'água previamente isolados e inacessíveis no Brasil, Peru e Venezuela (Latini e Petrere jr., 2004; Espinola *et al.*, 2014; Agostinho *et al.*, 2018; Franco *et al.*, 2018).

2.4 BACIA DO RIO PREGUIÇAS

A bacia hidrográfica do Rio Preguiças está localizada na região nordeste do estado do Maranhão, abrangendo uma área de aproximadamente 3.977,5 km². Está parcialmente inserida nas mesorregiões Norte e Leste Maranhense,

drenando áreas pertencentes a três Regiões de Desenvolvimento: Lençóis Maranhenses (26,1%), Baixo Parnaíba Maranhense (12%) e Delta das Américas (1%).

Territorialmente, a bacia compreende nove municípios, sendo mais expressiva nos seguintes: Barreirinhas (67% da área do município inserida na bacia), Santa Quitéria do Maranhão (52%) e Urbano Santos (41,7%). Os demais municípios apresentam participação inferior a 15%, com os seguintes percentuais: Santo Amaro do Maranhão (12,1%), Primeira Cruz (10%), Belágua (5,2%), Anapurus (4,3%), Santana do Maranhão (4,3%) e Paulino Neves (1,3%) (Santana *et al.*, 2023).

A bacia do Rio Preguiças também abriga três Unidades de Conservação (UCs), sendo a mais expressiva a Área de Proteção Ambiental (APA) da Foz do Rio Preguiças – Pequenos Lençóis – Região Lagunar Adjacente, que ocupa 27,4% da área, concentrando-se principalmente no baixo curso do rio. Em proporções menores destacam-se a APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiças (20%) e o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (14,4%).

Os limites hidrográficos da bacia são definidos, ao oeste, pelos rios Peria e Grande (sistema de bacias costeiras); ao sul e sudoeste, pela bacia do rio Munim; ao sudeste, pela bacia do rio Parnaíba; a leste, pelos rios Novo e Barro Duro (também pertencentes ao sistema de bacias costeiras); e ao norte, pelo Oceano Atlântico.

Considerando a dinâmica dos aspectos geoambientais da região, observa-se a integração entre unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Geologicamente, a bacia está inserida na Bacia Sedimentar de Barreirinhas — uma bacia de margem divergente formada durante o período Cretáceo (Vasquez, Klein & Lopes, 2012). As Coberturas Superficiais Cenozoicas Plataformais recobrem a sequência cretácea dessa bacia, promovendo afloramentos de depósitos eólicos continentais antigos, depósitos litorâneos, alagados, manguezais e sedimentos aluvionares formados durante o período Quaternário (Santana *et al.*, 2023).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Rio Preguiças localizado no município de Barreirinhas na região do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), Estado do Maranhão, nordeste do Brasil, a 02º 44' 49" de latitude Sul e 42º 49' 35" de longitude Oeste.

Foram coletados 76 exemplares de *Cichla kelberi* figura (01) no período diurno, com duração de 8 horas de pescaria. A captura teve autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – UFMA), Processo n. 23115.031745/2020-32, e também foi licenciada pelo IBAMA, Licença ICMBio/SISBIO nº 74279-1.

Devido ao hábito alimentar predatório da espécie, as capturas foram realizadas a bordo de embarcação de pequeno porte com comprimento de 16 a 19 pés, de alumínio, equipadas com motor de popa 25HP e motor elétrico de 54lb. A embarcação foi tripulada por 4 pescadores que utilizaram varas de fibras de carbono de 5,6 pés, carretilhas de perfil baixo abastecidas com linhas de multifilamento entre 12 e 30 lb e, iscas artificiais com tamanhos entre 6 e 11 cm (adaptado de MORO, 2008).

Os espécimes foram imediatamente anestesiados por submersão em água contendo 3% de Benzocaína por um período de dez minutos, segundo a metodologia utilizada por Santos *et al.* (2009). A biometria dos peixes foi realizada com a utilização de um ictiômetro com escala de aferição de 1,0 mm, onde foram obtidos os seguintes parâmetros biométricos: comprimento total (Ct), que corresponde à ponta da extremidade cranial até o término da nadadeira caudal e comprimento padrão (Cp), da ponta da extremidade cranial até a última vértebra. Posteriormente foi registrada a massa total (Pt), peso do fígado, estômago e gônada através de balança de precisão de 0,01 gramas.

A relação peso-comprimento foi estimada para sexos agrupados pela expressão: $Pt = a.Cpb$ (LE CREN, 1951), onde Pt é o peso total do indivíduo; Cp é o comprimento padrão; “a” é o coeficiente de proporcionalidade e “b” o coeficiente alométrico. Os dados pontuais das variáveis biométricas foram lançados em gráficos de dispersão. Após a análise foi possível caracterizar o

crescimento da espécie de acordo com o valor de “b” obtido em: alométrico negativo ($b < 3$), positivo ($b > 3$) e isométrico ($b = 3$) (JOBILING, 2002; HARISH KUMAR *et al.*, 2006).

As variáveis biométricas peso da gônadas (Wg) e peso total do peixe (Wt) foram utilizados para o cálculo do índice Gonadossomático (IGS) através da fórmula: $IGS = (Wg / Wt) \times 100$. O fator de condição (K) foi determinado utilizando a equação: $K = Wt / Lt^b$, onde Wt= peso do animal (mg), Lt=comprimento total (cm), b= coeficiente de alometria da relação peso-comprimento (VAZZOLER, 1996). E o índice Hepatossomático (IHS) será determinado utilizando a equação: $IHS = Wf / Wt \times 100$, onde Wf= peso do fígado (mg) e Wt= peso total (mg) $\times 100$ (WOOTTON *et al.*, 1978).

As variáveis de distribuição não-normal, como proporção de sexo e dos estágios de maturação gonadal por classe de indivíduos foram analisadas pelo aplicativo MACRO GLIMMIX do SAS®. As relações peso-comprimento, IHS- peso do fígado, peso do peixe- peso do estômago foram realizadas pela correlação linear de Pearson. As variações de teor lipídico e fator de condição foram analisadas pelo test t de student utilizando o aplicativo Statistica 7.0. O nível de significância adotado para rejeitar H0 (hipótese de nulidade) será de 5%, isto é, para um nível de significância menor que 0,05 ($P < 0,05$) será considerado efeito das variáveis classificatórias e das suas interações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO GONADAL

Foram analisados 76 indivíduos (30 fêmeas e 46 machos). A análise microscópica das gônadas revelou os seguintes estádios reprodutivos: em maturação (44,7%), maduro (28,9%) e esvaziado (26,4%). As fêmeas predominaram no estágio esvaziado, enquanto os machos predominaram em maturação. (tabela 1).

Tabela 1. Estágios de maturação gonadal de Fêmeas e Machos de *C. kelberi* coletados no rio Preguiças, Maranhão. $P < 0,05$ (teste exato de Fisher).

	n	Em maturação	maduro	Esvaziado
Fêmeas	30	1	12	17
Machos	46	33	10	3

Fonte: os autores

A predominância de fêmeas de *Cichla kelberi* no estágio esvaziado indica que uma parcela significativa das desovas, refletindo o término recente do ciclo reprodutivo. Esse padrão é coerente com a estratégia parental da espécie, na qual, após a desova e a fertilização, as fêmeas investem energia na guarda e defesa da prole, reduzindo temporariamente a atividade alimentar e priorizando a proteção dos descendentes.

A ocorrência elevada desse estágio nas fêmeas também sugere sincronia reprodutiva parcial, possivelmente influenciada por fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de habitat para nidificação. Além disso, a condição esvaziada implica um período de recuperação fisiológica, durante o qual as reservas energéticas utilizadas na vitelogênese e no cuidado parental precisam ser restabelecidas, antes de um novo ciclo reprodutivo (GOMIEIRO *et al.* 2009; VAZZOLER, 1996).

4.2 CLASSES DE COMPRIMENTO

As fêmeas e os machos apresentaram maior frequência na classe de 31–35 cm (tabela 2). Os machos apresentaram maior amplitude de crescimento (até 47 cm). Houve diferença significativa entre as classes de comprimento ($p = 0,01$).

Tabela 2. Intervalo de frequência relativa das classes de comprimento (cm) de machos e fêmeas de *C. kelberi* no município de Barreirinhas, Maranhão.

%	Machos	Fêmeas
23-26	1,315789	1,315789
26-29	1,315789	2,631579
29-31	2,631579	9,210526
31-35	18,42105	19,73684
35-38	14,47368	5,263158
38-41	14,47368	1,315789
41-44	6,578947	0
44-47	1,315789	0

Fonte: os autores.

A maior variação foi observada no fígado decrescendo o percentual de concentração à medida que ocorreu o avanço da maturação gonadal variando em média de 10,2% nos indivíduos em maturação para 5,4% nos esvaziados. As fêmeas obtiveram maiores flutuações de lipídios nos tecidos e órgão estudados, se modificando de acordo com o estágio maturacional, já nos machos as flutuações foram discretas e percentuais mais constantes.

O percentual lipídico não foi estatisticamente significativo $p=0,4$; $p>0,05$, apesar de os machos comparados com as fêmeas possuírem picos em determinados estágios de maturação. Essa característica pode ser resultante do tamanho amostral dos machos que foi 21% maior que o das fêmeas.

A proporção sexual indicou maior quantidade de machos para uma fêmea, isso se deve a maior captura destes nas iscas artificiais. Existe uma tendência de capturar mais machos do que fêmeas devido a agressividade dos machos para defender seu território, e sua prole de invasores e predadores (JEPESN *et al.*, 1997).

Diferenças são observadas para o gênero em reservatórios pelo Brasil, Gomiero ;Villares Junior & Naous (2008) observaram que as fêmeas de *C.kelberi* obtiveram maior comprimento que os machos, Gomiero e Braga (2003) identificaram características de comprimento de fêmeas semelhantes ao presente estudo para a espécie *Cichla ocellaris* em Minas Gerais, já os mesmos autores observaram diferenças para *Cichla monoculus* onde as fêmeas predominaram em tamanhos inferiores a 22 cm e machos acima de 30 cm.

No presente trabalho os menores tamanhos para machos e fêmeas foram superiores a 23 cm, em tucunaré-pinima *Cichla pinima* Kullander & Ferreira, 2006, esse comprimento foi atingido por volta de 100 dias de vida (Braga, 1953) e corresponde ao período de cuidado parental, quando os jovens tucunarés ainda estão em cardumes.

O tamanho que a espécie atinge é determinado pela junção de características genéticas e ambientais. Além disso, as populações se modificam de acordo com a produtividade do ecossistema e as pressões de pesca devem ter diferentes distribuições de comprimento, de taxas de crescimento e estruturas de idade (JEPSEN *et al.*, 1999).

As espécies de *Cichla* após introdução tendem aumentar em número rapidamente, isso ocorre devido à falta de predadores naturais no novo ambiente e à grande oferta de presas (Gomiero e Braga, 2004).

No geral as espécies do gênero que colonizam novos habitats mostram no novo ambiente, desenvolvimento menor que o do local de origem, o nanismo resulta da rápida expansão populacional, que leva grande número de indivíduos a amadurecer e a reproduzir-se em tamanhos reduzidos (Agostinho e Julio Jr, 1996).

4.3 RELAÇÃO PESO-COMPRIIMENTO

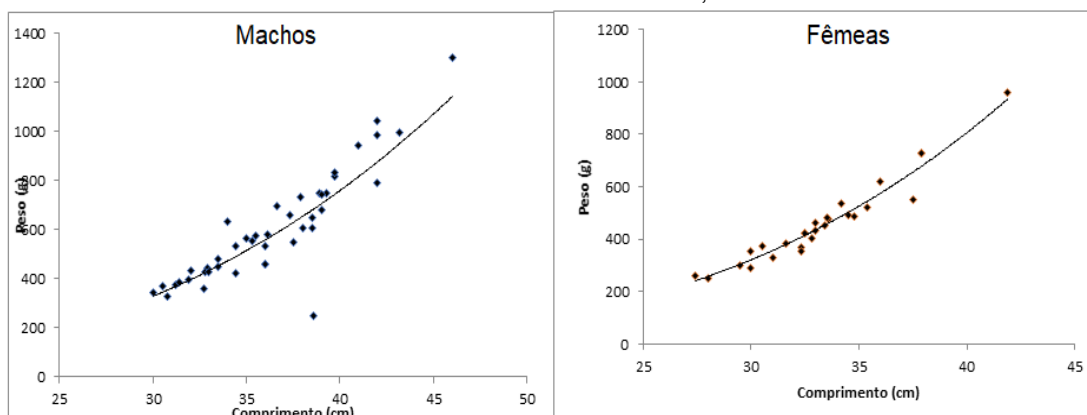
Houve forte correlação positiva entre peso e comprimento em ambos os sexos (tabela 3). Apenas as fêmeas apresentaram alometria positiva ($b > 3$), indicando maior crescimento em peso do que em comprimento. Já os machos apresentaram alometria negativa crescendo mais em comprimento (figura 1).

Tabela 3. Correlação linear da relação peso-comprimento e coeficiente alométrico de machos e fêmeas de *C. kelberi* capturados no Rio preguiças, Barreirinhas Maranhão, Brasil. N= total de indivíduos; b= coeficiente alométrico ; r= coeficiente de correlação.

	n	b	r
Fêmeas	30	3,1994	0,94
Machos	46	2,9171	0,81

Fonte: Os autores

Figura 1. Correlação entre peso e comprimento de machos e fêmeas dos exemplares de *C. kelberi* coletados em Barreirinhas, Maranhão.



Fonte: Os autores.

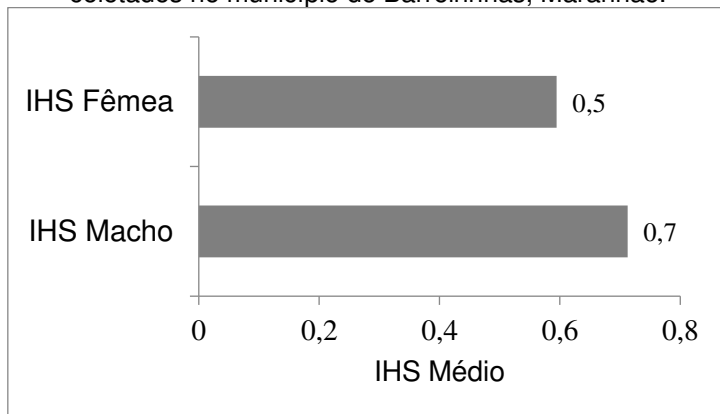
As fêmeas do gênero *Cichla* tendem a apresentar maior desenvolvimento em peso do que em comprimento quando comparadas aos machos, resultado da conversão de recursos energéticos para a produção de ovócitos. Esse padrão está relacionado ao maior peso relativo dos ovários em relação aos testículos e à variação significativa do índice gonadosomático nas fêmeas (Silva, 2013; Vazzoler, 1996).

As relações peso-comprimento de fêmeas e machos de *C. kelberi* foram distintas no presente trabalho, característica semelhante foi observada por Gomiero *et al* (2009). Em *Cichla monoculus* e *Cichla ocellaris* introduzidos no reservatório de Volta Grande Minas Gerais-São Paulo, as relações peso-comprimento foram iguais para machos e fêmeas (Gomiero e Braga, 2003). Desta forma, pode-se observar que a relação peso comprimento do gênero possui variação ao longo dos ambientes dulcícolas.

4.4 ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (IHS)

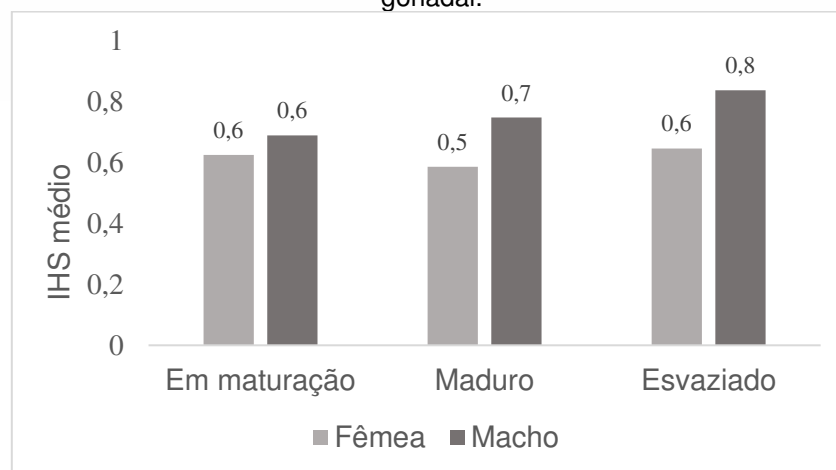
O peso médio do fígado foi de $2,1 \pm 0,9$ g nas fêmeas e $4,3 \pm 1,3$ g nos machos (figura 2). Estes apresentaram IHS mais elevado, com aumento proporcional à maturação gonadal (figura 3).

Figura 2. Índice Hepatosomático dos exemplares masculinos e femininos de *C. kelberi* coletados no município de Barreirinhas, Maranhão.



Fonte: Os autores

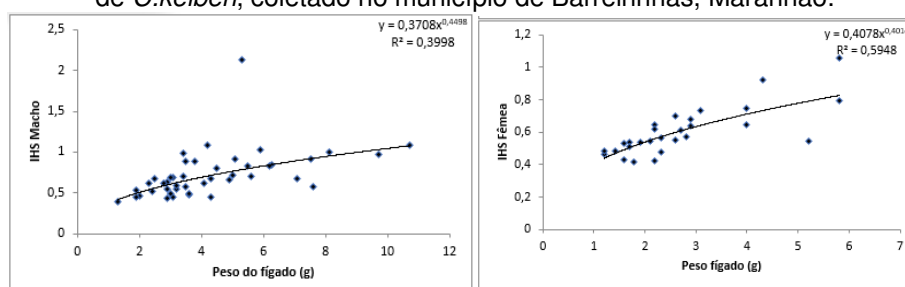
Figura 3. Índice Hepatosomático IHS de *C. kelberi* em diferentes estádios de maturação gonadal.



Fonte: Os autores

A correlação entre o IHS e o peso do fígado foi positiva em ambos os sexos, indicando que o aumento do peso hepático influencia diretamente o valor do IHS. No entanto, a correlação observada nas fêmeas foi superior, sugerindo que, nesse grupo, o peso do fígado exerce maior influência sobre o índice (Figura 4).

Figura 4. Correlação entre índice Hepatosomático IHS e peso do fígado de machos e fêmeas de *C. kelberi*, coletado no município de Barreirinhas, Maranhão.

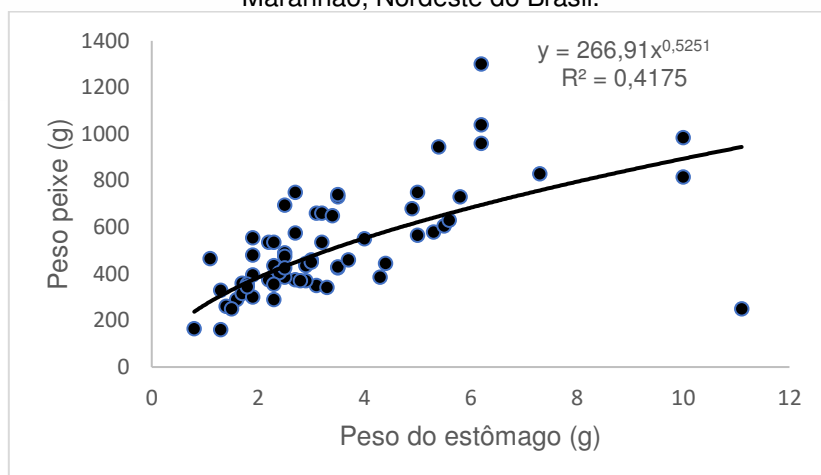


Fonte: Os autores.

4.5 CORRELAÇÃO ENTRE PESO DO PEIXE E PESO DO ESTÔMAGO

O coeficiente de determinação mostrou que 45% do valor dos pesos dos estômagos sofreram influência do peso dos peixes existindo uma correlação moderada entre as variáveis. O coeficiente alométrico indicou alometria positiva $b > 0,3$ (Figura 5).

Figura 5. Correlação Peso do peixe- peso do estômago de *C. kelberi* coletado em Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

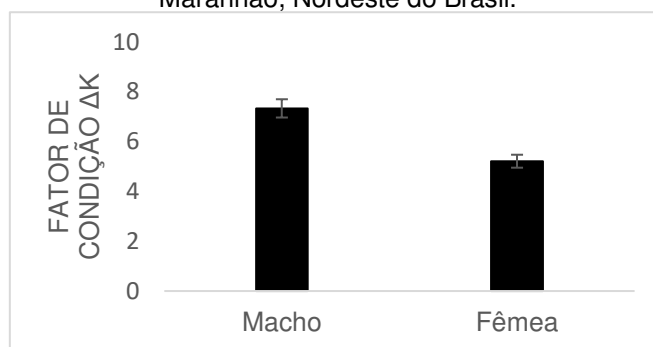


Fonte: Os autores.

4.6 FATOR DE CONDIÇÃO (ΔK)

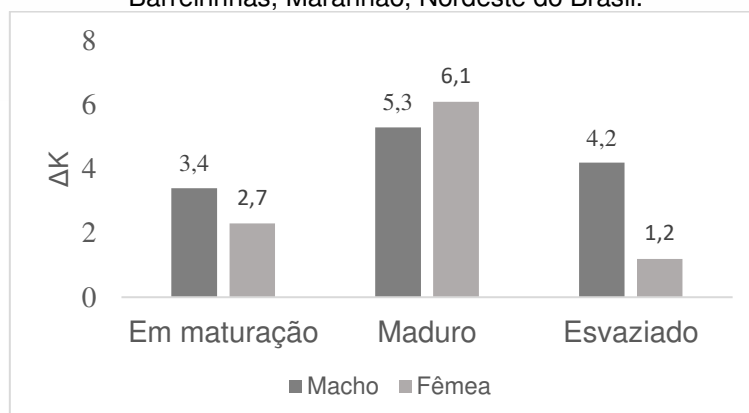
Os machos apresentaram fator de condição significativamente maior em machos ($p = 0,02$) em relação às fêmeas (figura 6). O pico no estágio maduro indica aptidão reprodutiva. O ΔK foi elevado nos indivíduos maduros e reduzido nos esvaziados (Figura 7).

Figura 6. Fator de condição em machos e fêmeas de *C. kelberi* coletado em Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.



Fonte: Os autores.

Figura 7. Fator de condição por estágio de maturação gonadal de *C. kelberi* coletado em Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.



Fonte: Os autores.

Os valores do fator de condição de fêmeas e machos correspondem ao período reprodutivo, de maior atividade alimentar e de maior acúmulo de gordura. Nos animais esvaziados os valores são baixos devido ao declínio da alimentação para cuidado da prole (Gomiero *et al.*, 2008).

O fator de condição possui tendência de crescimento e queda durante a desova, mesma característica observada para *C. kelberi* por Gomiero *et al.* (2008) e Espínola *et al.* (2012). Geralmente o fator de condição em fêmeas é mais elevado que em machos, porém casos onde ocorre o contrário também foram observados além desse estudo com *C. kelberi* na Bacia do Paraná (Espínola *et al.*, 2012).

Já para os animais em maturação os valores são baixos pois para algumas espécies, nas primeiras fases de vida, mobilizam toda energia disponível ao crescimento e/ou à maturação das gônadas (Vazzoler, 1996).

4.7 FATOR DE CONDIÇÃO E PESO DO ESTÔMAGO

Ambos foram menores em fêmeas do que em machos, com diferença significativa ($p < 0,05$) (tabela 3).

Tabela 3. Média do fator de condição e peso do estômago de machos e fêmeas de *C. kelberi* coletado em Barreirinhas, Maranhão, Nordeste do Brasil.

	Fator de Condição	Peso do estômago
Fêmeas	5,2	2,7± 0,5
Machos	7,3	4,0 ±3,6

Fonte: Os autores.

O fator de condição expressa a relação entre peso e comprimento corporal dos peixes, sendo um indicativo de seu estado nutricional e bem-estar fisiológico. Sua variação pode refletir diretamente o conteúdo estomacal ou seja, o peso do alimento recentemente ingerido. Em situações de alta disponibilidade alimentar, observa-se um aumento no peso estomacal, o que geralmente eleva o fator de condição, indicando boa condição corporal e adequação nutricional (Vismara, *et al.*, 2004).

Por outro lado, valores reduzidos de K podem sinalizar baixa ingestão alimentar, possivelmente devido à escassez de presas ou estresse ambiental. Essa interligação entre ingestão alimentar e condição corporal é essencial em estudos ecológicos e de manejo pesqueiro, pois permite inferir padrões de forrageamento, estratégias alimentares e influência das variáveis ambientais sobre o estado fisiológico dos indivíduos (Satake, *et al.*, 2009).

4.8 TEOR DE LIPÍDIOS TOTAIS

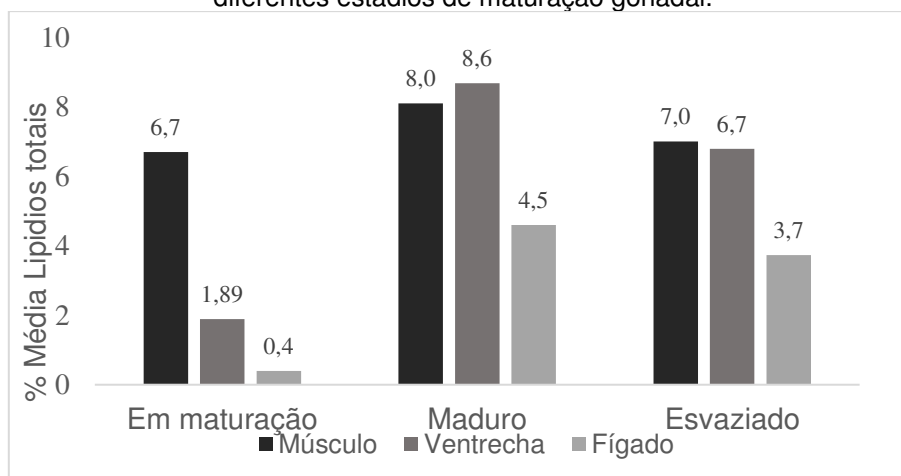
Para os sexos agrupados foi observado que a ventrecha é a região dos animais de maior concentração de lipídios totais, seguido do fígado com 7,6% e 7,0% respectivamente.

O percentual lipídico médio em machos foi maior que em fêmeas (7,6% e 6,1%) respectivamente. Em fêmeas o percentual de lipídios totais no estágio em maturação demonstrou o músculo como local de maior concentração, já no estágio maduro e esvaziado a ventrecha foi o de maior percentual, ou seja, o tecido muscular como um todo foi o maior armazenador de lipídios. Quanto ao fígado as concentrações foram baixas nos estágios em maturação, elevando-se à medida que alcançou o estágio maduro e obteve queda no estágio esvaziado

(Figura 8). O estágio de maturação maduro em fêmeas foi o que obteve maior representatividade no percentual de lipídios.

No teor lipídico o músculo apresentou diferença significativa com relação ao fígado e ventrecha $p=0,0$; $p<0,05$, esses dois últimos também obtiveram diferenças significativa entre ambos $p=0,0$, diferente do que foi observado entre o músculo e a ventrecha onde não houve diferença estatística no percentual lipídico durante os estágios maturacionais $p=0,9$; $p>0,05$.

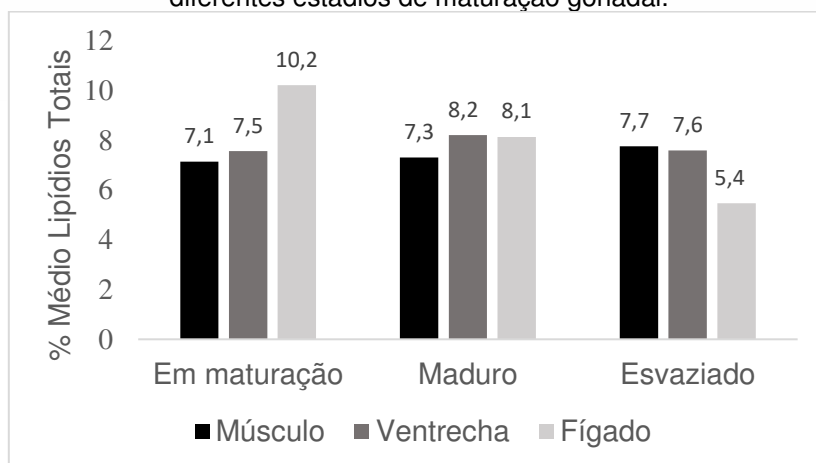
Figura 8. Percentual médio de concentração de lipídios totais em fêmeas de *C.kelberi* em diferentes estádios de maturação gonadal.



Fonte: Os autores.

Em machos o percentual de lipídios totais demonstrou maior concentração no fígado no estágio em maturação, na ventrecha no estágio maduro e no músculo no esvaziado (figura 9).

Figura 9. Percentual médio de concentração de lipídios totais em machos de *C.kelberi* em diferentes estádios de maturação gonadal.



Fonte: Os autores.

Nos machos foi observado maior mobilização no fígado no estágio em maturação e maduro nos machos. Estudo realizado por ARRINGTON *et al.* (2006) observou que *C.temensis* obteve maior concentração de lipídios no fígado, também foi visto que a espécie usa seu fígado, músculo e mesentério como depósitos de armazenamento de energia. Indivíduos desse gênero possuem teores lipídicos baixos, inferiores a 15% observado pelo autor e no presente trabalho, visto que existem espécies de peixes teleósteos com alto teor de lipídios em seus tecidos como a Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o Pargo (*Lutjanus purpureus*) podendo chegar a mais de 60% (Vila Nova *et al.*, 2005).

As alterações calóricas nos músculos de machos e fêmeas, durante a maturação gonadal, indicam que há um efeito da reprodução sobre a mobilização lipídica da espécie.

Apesar de as fêmeas utilizarem os lipídios para as reações celulares de ovogênese e maturação do ovócito, os machos possuem maior sensibilidade a ele, pois armazenaram maior teor lipídico que as fêmeas, eles também possuem características marcantes da espécie como o dimorfismo durante a estação reprodutiva, nela os machos apresentam um depósito de gordura na região occipital (Jepsen *et al.* 1999).

Custos energéticos e adaptações comportamentais associadas à reprodução como: maturação das gônadas, construção do ninho, desova e

cuidados parentais provavelmente são responsáveis pela mobilização e consumo dos lipídios nos tecidos e órgãos.

A energia necessária custear a reprodução parece ser maior para espécies do gênero *Cichla* do que para outras espécies, provavelmente porque é cessada alimentação durante a reprodução e inicia-se um período prolongado de cuidados parentais no revezamento entre macho e fêmea (Jepsen *et al.*, 1999; Arrington *et al.*, 2002).

Em resposta as condições ecológicas do ambiente em que se encontram, a maioria das espécies do gênero se desenvolve plasticidade fenotípica, capaz de modificar as táticas reprodutivas como período de desova, fecundidade, tipo de desova e comprimento na primeira maturidade (Fontenele, 1950; Zaret, 1980; Jepsen *et al.*, 1999; Gomiero e Braga, 2004) e permitem a adaptação de espécies a ambientes, naturais ou artificiais que resultam na produção do número máximo de jovens que atingem a maturidade (Espínola, 2005).

A espécie não migra para cumprir seu ciclo reprodutivo, assim o aumento calórico e conseqüentemente o depósito de lipídios nos tecidos são utilizados para crescimento rápido e reprodução eficiente (Suzuki e Agostinho, 2001). Durante o processo de maturação gonadal ocorre a otimização no acúmulo de energia nos músculos das fêmeas e machos, antes e após o período reprodutivo o que foi observado em outras espécies do gênero pelo Brasil (Espínola *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos evidencia que a espécie encontra-se adaptada às condições ambientais da Bacia do Rio Preguiças, em Barreirinhas (MA). Os dados indicam que a área funciona como ambiente de manutenção, crescimento e desova da espécie. O fator de condição, em consonância com os parâmetros reprodutivos, reforça essa interpretação, sugerindo um processo de adaptação favorável. Além disso, a espécie demonstra elevada eficiência na conversão dos recursos ambientais em energia destinada à sua manutenção ecológica e ao sucesso reprodutivo.

Os dados obtidos representam uma prospecção inicial para futuros estudos voltados à compreensão dos mecanismos de adaptação da espécie na região dos Lençóis Maranhenses, contribuindo para subsidiar medidas de manejo adequadas. Além disso, o monitoramento contínuo de aspectos ambientais, como biologia reprodutiva, hábitos alimentares e interações interespecíficas, mostra-se essencial a longo prazo para elucidar a história adaptativa da espécie nesse ecossistema.

O desenvolvimento da pesquisa foi condicionado por limitações estruturais e operacionais, as quais impossibilitaram a execução de análises mais sofisticadas em instituições de ensino e pesquisa do estado do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo e Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão-FAPEMA.

laboratório do grupo de pesquisa

em Tecnologia Aplicada à Reprodução e Produção de Organismos Marinhos (TARPON).

Universidade Estadual do Maranhão -UEMA

Universidade Federal do Maranhão-UFMA

Programa de Pós-Graduação BIONORTE

Laboratório de Patologia -UFMA

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JUNIOR, H. F. **Peixes de outras águas**. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 124, p. 36-44, 1996.
- ANDRADE, M. C.; PELICICE, F. M. **Reproductive dynamics of *Cichla kelberi* in a tropical reservoir: evidence of reproductive plasticity in an introduced species**. *Neotropical Ichthyology*, v. 20, n. 2, e210130, 2022.
- ARRINGTON, D. A.; WINEMILLER, K. O. **Preservation effects on stable isotope analysis of fish muscle**. *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 131, p. 337-342, 2002.
- ARRINGTON, D. A.; WINEMILLER, K. O.; LAYMAN, C. A. **Influence of life history and seasonal hydrology on lipid storage in three neotropical fish species**. *Journal of Fish Biology*, v. 68, p. 1347-1361, 2006.
- BARLOW, G. W. **Contrasts in social behavior between Central American cichlid fishes and coral-reef surgeon fishes**. *American Zoologist*, v. 14, n. 1, p. 9-34, 1974.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRAGA, R. A. **Crescimento de tucunaré-pinima, *Cichla temensis* Humboldt, em cativeiro**. *Dusenía*, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 41-47, 1953.
- BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J. **A standardized terminology for describing reproductive development in fishes**. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011.
- CARVALHO, D. C.; DE AOLIVEIRA, D. A. A.; DOS SANTOS, J. E.; TESKE, P.; BEHEREGARAY, L. B.; SCHNEIDER, H. SAMPAIO, H. **Genetic characterization of native and introduced populations of the neotropical cichlid genus *Cichla* in Brazil**. *Genetics and Molecular Biology*, v. 32, n. 3, p. 601-607, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572009005000060>.
- COCHRANE, K. L. **A fishery manager's guide book (Management measures and their application)**. Fisheries Technical Paper – FAO. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.
- COWARD, K.; BROMAGE N. R.; HIBBITT O., PARRINGTON J. **Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish**. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 12, n. 1, p. 33-58, 2002.
- ESPÍNOLA, L. A. **Tática reprodutiva e estrutura da população de *Cichla monoculus* Spix & Agassiz, 1831 (Perciformes, Cichlidae) em ambientes com diferentes regimes hidrológicos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- ESPÍNOLA, L. A.; JÚLIO JUNIOR, H. F.; BENEDITO, E. **Invasive non-native species of fish in upper Paraná river Basin, Brazil: variations of caloric**

content in *Cichla kelberi*. *Neotropical Ichthyology*, v. 10, n. 2, p. 401–408, 2012.

FONTENELE, O. **Contribuição para o conhecimento da biologia dos tucunarés (Actinopterygii, Cichlidae), em cativeiro. Aparelho de reprodução. Hábitos de desova e incubação.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 10, n. 4, p. 503–519, 1950.

FRANCO, A. C. S.; BERTHOU, E.G.; DOS SANTOS, L.N. **Ecological impacts of an invasive top predator fish across South America.** *Science of the Total Environment*, 2022.

FRANCO, A. C. S.; SANTOS, L. N.; PETRY, A. C.; GARCÍA-BERTHOU, E. **Abundance of invasive peacock bass increases with water residence time of reservoirs in southeastern Brazil.** *Hydrobiologia*, v. 817, p. 155–166, 2018.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. **Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande – MG/SP.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 25, n. 1, p. 79–86, 2003.

GOMIERO, L. M.; BRAGA, F. M. S. **Reproduction of species of genus *Cichla* in a reservoir in Southeastern Brazil.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, n. 4, p. 613–624, 2004.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JUNIOR, G. A.; NAOUS, F. **Relação peso-comprimento e fator de condição de *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) introduzidos em um lago artificial no Sudeste Brasileiro.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 2, p. 173–178, 2008.

GOMIERO, L. M.; VILLARES JUNIOR, G. A.; NAOUS, F. **Reproduction of *Cichla kelberi* Kullander and Ferreira, 2006 introduced into an artificial lake in southeastern Brazil.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 69, n. 1, p. 175–183, 2009.

GRIER, H. J. **Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes.** *American Zoologist*, v. 21, n. 2, p. 345–357, 1981.

HARISH KUMAR, K. *et al.* **Length-weight relationship of cyprinid fish *Rasbora daniconius* (Hamilton-Buchanan) from Saravathi reservoir, Karnataka.** *Zoos' Print Journal*, v. 21, p. 2140–2141, 2006.

JEPSEN, D. B.; WINEMILLER, K.O.; TAPHORN, D. C.; RODRÍGUEZ OLARTE, D. **Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela.** *Journal of Fish Biology*, v. 55, p. 433–450, 1999.

JEPSEN, D. B.; WINEMILLER, K. O.; TAPHORN, D. C. **Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river.** *Journal of Fish Biology*, v. 51, p. 1085–1108, 1997.

JOBLING, M. **Environmental factors and rates of development and growth.** In: HART, P. J.; REYNOLDS, J. D. (ed.). *Handbook of fish biology and fisheries: Fish biology*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2002. v. 1, p. 97–122.

KULLANDER, S. O. **A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes).** In: MALABARBA, L. R. *et al.* (org.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p. 461–498.

KULLANDER, S. O.; FERREIRA, E. J. G. **A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species.** *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 17, p. 289–398, 2006.

LATINI, A. O.; PETRERE JUNIOR, M. **Reduction of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian freshwater tropical lakes.** *Fisheries Management and Ecology*, v. 11, n. 2, p. 71–79, 2004.

LE CREN, E. D. **The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*).** *The Journal of Animal Ecology*, p. 201–219, 1951.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **The fishes of the Rupununi savanna district of British Guiana, Pt 1. Groupings of fish species and effects of the seasonal cycles on the fish.** *Journal of the Linnean Society (Zoology)*, v. 45, p. 103–144, 1964.

LOWERRE-BARBIERI, S. K.; GANIAS, K.; SABORIDO-REY, F.; MURUA, H.; HUNTER, J. R. **Reproductive timing in marine fishes: variability, temporal scales, and methods.** *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 71–91, 2011.

MACKIE, M.; LEWIS, P. **Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson*, in Western Australia.** *Fisheries Research Reports*, p. 1–44, 2001.

McKAYE, K. R. **Behavioral aspects of cichlid reproductive strategies.** In: POTTS, G. W.; WOOTTON, R. J. (ed.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London: Academic Press, 1984. p. 245–273.

McKAYE, K. R. **Competition for breeding sites between the cichlid fishes of Lake Jiloá, Nicaragua.** *Ecology*, v. 58, p. 291–302, 1977.

MORO, P. S. **Prospecção do estoque do Robalo-peva (*Centropomus parallelus*) no litoral do Paraná, através da pesca esportiva.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. **Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir.** *Biological Invasions*, v. 11, n. 8, p. 1789–1801, 2009.

POMPEU, P. S.; GODINHO, H. P. **Ictiofauna de três lagoas marginais do médio São Francisco.** In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 167–181.

POTTS, G. W.; WOOTTON, R. J. **Fish reproduction: strategies and tactics**. London: Academic Press, 1984.

SABAJ, M. H.; FERNÁNDEZ, H. L.; WILLIS, S. C.; WILLIS DEVYA, S.C.; HEM-RAJ, D. D.; TAPHORN, D.C.; WINEMILLER, K. H. ***Cichla cataractae* (Cichli-formes: Cichlidae), new species of peacock bass from the Essequibo Basin, Guyana and Venezuela**. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, v. 167, n. 1, p. 69–86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1635/053.167.0106>. Acesso em: 19 jul. 2025.

SANTOS, A. A.; EGAMI, M. I.; RANZANI-PAIVA, M. J. T.; JULIANO, Y. **Hematological parameters and phagocytic activity in fat snook (*Centropomus parallelus*): Seasonal variation, sex and gonadal maturation**. *Aquaculture*, v. 296, p. 359–366, 2009.

SANTOS, G. M.; OLIVEIRA JUNIOR, A. B. **A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil)**. *Acta Amazônica*, v. 29, n. 1, p. 145–163, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921999291163>.

SATO, Y.; SAMPAIO, E. V. **A ictiofauna na região do alto São Francisco, com ênfase no reservatório de Três Marias, Minas Gerais**. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (org.). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RIMA, 2005. p. 303–330.

SUZUKI, H. I.; AGOSTINHO, A. A. **Reprodução de peixes do reservatório Corumbá (GO)**. In: AGOSTINHO, A. A.; FUGI, R.; VERÍSSIMO, S.; LATINI, A. A. (org.). *Estudos ictiológicos na área de influência do AHE de Corumbá*. Maringá: EDUEM, 2001. p. 227–323.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia de peixes teleósteos: teoria e prática**. São Paulo: EDUEM, 1996.

VILA NOVA, C. M. V. M. *et al.* **Composição química, teor de colesterol e caracterização dos lipídios totais de tilápia e pargo (*Oreochromis niloticus*, *Lutjanus purpureus*)**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 430–436, 2005.

VITULE, J. R. S.; FREIRE, C. A.; SIMBERLOFF, D. **Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad**. *Fish and Fisheries*, v. 10, n. 1, p. 98–108, 2009.

WILLIS, S. C.; MACRANDER, J.; FARIAS, I.P.; ORTÍ, G. **Simultaneous delimitation of species and quantification of interspecific hybridization in Amazonian peacock cichlids (genus *Cichla*) using multi-locus data**. *BMC Evolutionary Biology*, v. 12, p. 1–14, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-96>. Acesso em: 19 jul. 2025.

WILLIS, S. C.; NUNES, M. S.; MONTAÑA, C. G.; FARIAS, P. F.; LOVE-JOY, N. R. **Systematics, biogeography and evolution of the Neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes, Cichlidae)**. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 44, p. 291–307, 2007.

WINEMILLER, K. O. **Ecology of peacock cichlids (*Cichla* spp.) in Venezuela.** *Journal of Aquariculture and Aquatic Sciences*, v. 9, p. 93–112, 2001.

WOOTTON, R. J.; EVANS, G. W.; MILLS, L. A. **Annual cycle in female three-spined sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.) from an upland and lowland population.** *Journal of Fish Biology*, v. 12, p. 331–343, 1978.

YOSHIDA, H. O. **Skipjack tuna spawning in the Marquesas Islands and Tuamotu Archipelago.** *Fishery Bulletin*, v. 65, p. 479–488, 1964.

ZARET, T. M. **Life history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predatory South American cichlid.** *Biotropica*, v. 12, n. 2, p. 144–157, 1980.

DECLARAÇÃO

Caderno Pedagógico, ISSN 1983-0882, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado Prospecção reprodutiva e energética do tucunaré-amarelo *Cichla kelberi* cichliformes: cichlidae em ambiente natural na bacia adjacente ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Nordeste do Brasil de autoria de Denise Carla da Silva Mendes, Katherine Saldanha Noleto Soares, Irayana Fernanda da Silva Carvalho, José de Ribamar de Souza Torres-Júnior, Alcina Vieira de Carvalho Neta, Débora Martins Silva Santos, foi publicado no v.22, n.11, de 2025.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:

<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/issue/view/159>

DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n11-051>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a

presente declaração. Curitiba, 5 setembro 2025

Equipe Editorial

