



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Michel Martins Bandeira

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Cichla melaniae* (CICHLIFORMES, CICHLIDAE),
NO MÉDIO RIO XINGU, PARÁ, BRASIL**

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Coorientador: Prof. Dr. George Shigueki Yasui

ALTAMIRA-PA
AGOSTO – 2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

Michel Martins Bandeira

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Cichla melaniae* (CICHLIFORMES, CICHLIDAE),
NO MÉDIO RIO XINGU, PARÁ, BRASIL**

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

Coorientador: Prof. Dr. George Shigueki Yasui

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA-PA

AGOSTO – 2023

“Na verdade, eu não quero ganhar
No fundo eu só quero alcançar o tamanho que eu sempre tive”

Felipe Ret – Taças pro ar

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo seu infinito amor, prosperidade e misericórdia, pois se não fosse isso, não teria capacidade qualquer para chegar até aqui.

Aos meus pais Maria Martins e Raimundo Bandeira que me amaram, cuidaram e incentivaram, com todo carinho e amor, aonde não pouparam esforços comigo mesmo estando longe, eu amo vocês.

Às minhas queridas irmãs Marcela Bandeira e Michelle Bandeira, ao meu cunhado Wenderson Miranda e o meu sobrinho Arthur Miranda que sempre estiveram me apoiando mesmo estando longe.

À minha noiva Júlia Alves, pelo carinho, dedicação e companheirismo, pois esteve comigo no momento em que eu mais precisei de apoio, dando força para que eu não desistisse, sou eternamente grato.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Leandro Sousa e Prof. Dr. George Yasui pela oportunidade, orientação, apoio, paciência e ensinamentos.

Aos Laboratório de Aquicultura de Peixes Ornamentais do Xingu, Laboratório de Biotecnologia de Peixes/CEPTA e Laboratório de Microbiologia e Multiuso e os grupos de estudos por me acolherem e me ajudarem durante o processo de escrita desta dissertação.

A seleção ESPECIAL Alice Xavier, Camila Freire, Edilberto Rodrigues, Elzamara Oliveira, Leydi Serra, Marina Pereira, que me proporcionaram momentos inigualáveis dentro e fora da universidade que jamais serão esquecidos.

À Universidade Federal do Pará, e seu Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação e seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa minha jornada, o meu mais sincero agradecimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos três pontos de coleta da espécie de peixe <i>Cichla melaniae</i> Kullander & Ferreira 2006. 1) Pimental; 2) Ressaca/Ilha da fazenda; 3) Kaituká.....	6
Figura 2 - Distribuição da frequência absoluta de fêmeas e machos da espécie <i>Cichla melaniae</i> nas classes de comprimento padrão.	10
Figura 3 - Distribuição dos valores médios da vazão no trecho coleta da espécie <i>Cichla melaniae</i> na Volta Grande do Xingu.	11
Figura 4 - Boxplot dos valores de IGS, IHS e Fator de condição de fêmeas e machos de <i>Cichla melaniae</i> no trecho de vazão reduzida no médio rio Xingu.	12
Figura 5 – Estágio gonadal de Desenvolvimento do macho da espécie <i>C. melaniae</i> . Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sz: Espermatozoide, L: Lúmen.....	13
Figura 8 - Estágio gonadal de Regeneração do macho da espécie <i>C. melaniae</i> . Sg: Espermatogônias, L: Lúmen.	14
Figura 7 - Estágio gonadal de Regressão do macho da espécie <i>C. melaniae</i> . Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sz: Espermatozoide.....	14
Figura 6 - Estágio gonadal Capaz de espimar do macho da espécie <i>C. melaniae</i> . Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sd: Espermátide, Sz: Espermatozoide.	14
Figura 9 – Estágio de desenvolvimento gonadal da fêmea da espécie <i>C. melaniae</i> . OCP: Oócito pré-vitelogênico, OCPS: Oócito pré-vitelogêncio em crescimento secundário, FA: Folículos atrésicos.	15
Figura 10 – Estágio Capaz de desovar da fêmea da espécie <i>C. melaniae</i> . OCP: Oócito pré-vitelogênico, OVF: Oócitos vitelogênicos em estágio final.....	16
Figura 11 – Estágio de Regressão da fêmea da espécie <i>C. melaniae</i> . OCP: Oócito pré-vitelogênico, OCPS: Oócito pré-vitelogêncio em crescimento secundário, FA: Folículos atrésicos, CF: Células foliculares.	16
Figura 12 - Distribuição da frequência absoluta das fases de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de <i>Cichla melaniae</i> em dois períodos de vazão no médio rio Xingu. A: fêmeas de <i>C. melanie</i> . B: machos de <i>C. melaniae</i>	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo geral	4
2.2 Objetivos específicos	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 Área de estudo	5
3.2 Coleta de material biológico	6
3.2.1 Biometria, fixação e processo histológico	6
3.2.2 Descrição dos estágios gonadais	7
3.3 Proporção sexual	7
3.4 Índice gonadossomático (IGS)	7
3.5 Índice hepatossomático (IHS)	7
3.6 Fator de condição (K)	8
3.7 Tipo de desova e diâmetro dos oócitos	8
3.8 Período reprodutivo	8
3.9 Parâmetros ambientais	8
3.10 Análise estatística	8
4 RESULTADOS	10
4.1 Proporção sexual	11
4.2 Índice gonadossomático, hepatossomático e fator de condição	11
4.3 Tipo de desova e diâmetro dos oócitos	12
4.4 Fases de desenvolvimento gonadal	13
4.4.1 Machos de <i>C. melaniae</i>	13
4.4.2 Fêmeas de <i>C. melaniae</i>	15
4.5 Período reprodutivo	16
5 DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.
6 CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

RESUMO

A instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte na região da Volta Grande do Xingu causou alterações significativas no ciclo hidrológico local, resultando em impactos potenciais na fauna aquática, que estão atualmente em fase de avaliação. O trecho original da Volta Grande foi afetado por dois fatores: o represamento do rio a montante da barragem de Pimental e a redução da vazão natural no trecho à jusante, conhecido como trecho de vazão reduzida (TVR). Estudos anteriores em hidrelétricas brasileiras indicam que espécies do gênero *Cichla* geralmente se adaptam bem a ambientes de reservatórios. No entanto, ainda não existem estudos abrangentes sobre o ciclo reprodutivo em condições semelhantes às encontradas no TVR. Portanto, este estudo tem como objetivo descrever os parâmetros reprodutivos de *Cichla melaniae* no TVR da Volta Grande do Xingu. As coletas foram realizadas quinzenalmente de julho de 2022 a junho de 2023. Um total de 40 exemplares de *C. melaniae* foi capturado, sendo 28 machos e 12 fêmeas. A análise da proporção sexual revelou uma predominância de machos durante o período total e na estação de menor vazão, sem diferença estatística na estação de maior vazão. Os índices gonadossomático, hepatossomático e o fator de condição apresentaram diferenças significativas entre os períodos de vazão estipulados ($P=0,004$, $P=0,003$ e $P=0,006$, respectivamente). O tamanho médio dos oócitos vitelogênicos em fêmeas capazes de desovar foi de 1053 μm . Análises histológicas das gônadas revelaram três fases de desenvolvimento gonadal em fêmeas (em desenvolvimento, capaz de desovar e regeneração) e quatro estágios em machos (em desenvolvimento, capaz de espermiar, regressão e regeneração). O período de maior atividade reprodutiva ocorreu nos meses de maior vazão (fevereiro a junho), embora tenha sido observada atividade reprodutiva pelos machos durante o período de menor vazão (julho a janeiro). A dinâmica encontrada na região apresentou desafios para a captura da espécie durante o período de coleta. As informações obtidas neste estudo serão úteis para os órgãos fiscalizadores na tomada de decisões visando a preservação desse recurso na área de influência da barragem de Pimental.

Palavras chaves: Análise histológica; Ciclo reprodutivo; Desova parcelada; Índice gonadossomático.

ABSTRACT

The installation of the Belo Monte hydroelectric power plant in the Volta Grande do Xingu region has caused significant alterations to the local hydrological cycle, resulting in potential impacts on the aquatic fauna, which are currently under evaluation. The original stretch of the Volta Grande was affected by two main factors: the damming of the river upstream from the Pimental dam and the reduction of the natural flow downstream in a section known as the Reduced Flow Section (RFS). Previous studies on Brazilian hydroelectric plants suggest that species of the *Cichla* genus typically adapt well to reservoir environments. However, comprehensive studies on the reproductive cycle under conditions similar to those in the RFS are currently lacking. Therefore, this study aims to describe the reproductive parameters of *Cichla melaniae* in the RFS of the Volta Grande do Xingu. Collections were conducted biweekly from July 2022 to June 2023, resulting in a total of 40 specimens of *C. melaniae* captured, comprising 28 males and 12 females. Analysis of the sex ratio revealed a predominance of males throughout the entire period and in the low-flow season, with no statistically significant difference in the high-flow season. Gonadosomatic, hepatosomatic, and condition factor indices exhibited significant differences between the specified flow periods ($P=0.004$, $P=0.003$, and $P=0.006$, respectively). The average size of vitellogenic oocytes in females capable of spawning was 1053 μm . Histological analyses of the gonads revealed three phases of gonadal development in females (developing, capable of spawning, and regeneration) and four stages in males (developing, capable of spermiating, regression, and regeneration). The peak reproductive activity occurred during the months of high flow (February to June), although reproductive activity by males was also observed during the low-flow period (July to January). The dynamic conditions in the region posed challenges for species capture during the collection period. The information obtained in this study will be valuable for regulatory bodies in making decisions aimed at preserving this resource in the influence area of the Pimental dam.

Keywords: Histological analysis; Reproductive cycle; Fractional spawning; Gonadosomatic index.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso na reprodução de peixes, tanto em ambiente natural quanto em cativeiro, depende de diversas características fisiológicas e ambientais, e a combinação destas pode ditar o sucesso na perpetuação de espécies e a aplicação na aquicultura (BARROS *et al.*, 2016; BUENO *et al.*, 2017).

Os peixes apresentam mecanismos primordiais que demonstram sua estratégia reprodutiva, e dentre eles alguns parâmetros acerca da biologia reprodutiva são empregados para descrever o potencial de reprodução, dentre eles: tamanho corporal, relação peso-comprimento, proporção sexual, tamanho da primeira maturação sexual, desenvolvimento das gônadas, fecundidade, índice gonadosomático (IGS), tipo e época de desova (SOUZA *et al.*, 2007; CHELLAPPA *et al.*, 2009; CHELLAPPA *et al.*, 2013).

Para a reprodução ser consumada, uma sincronia temporal entre as condições ambientais e os processos fisiológicos garante a maturação gonadal, desova e sobrevivência da prole (VAZZOLER, 1996; LOWERRE-BARBIERI *et al.*, 2011). Um dos métodos utilizados para ajudar no entendimento do ciclo reprodutivo de um de peixe é a análise por meio da observação microscópica histológica, concedendo maior acurácia na descrição das fases do desenvolvimento e maturação gonadal da espécie (LOWERRE BARBIERI *et al.*, 2011). Além disso, o estudo da reprodução em peixes fornece valiosas informações que permitem a manutenção e conservação das espécies no ambiente (CANTANHÊDE *et al.*, 2016), essas informações são de suma importância, especialmente, para espécies endêmicas (MYERS *et al.*, 2000).

O rio Xingu contempla mais de 450 espécies, sendo algumas espécies endêmicas (SABAJ PEREZ, 2015; WINEMILLER *et al.* 2016, CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2018), dentre estas, *Cichla melaniae* (KULLANDER & FERREIRA, 2006) que pertencente a ordem Cichliformes, família Cichlidae, (WILLIS *et al.*, 2012; FRICKE *et al.*, 2022), caracterizada por exibir um padrão de pigmentação com barras verticais estreitas no corpo, numerosas manchas brancas espalhadas pela região ventral e ocelos, além de apresentar linha lateral não contínua. Esta espécie é encontrada em locais de pedrais, cachoeiras e águas rasas, com fortes correntezas (STAWIKOWSKI & WERNER, 2004; KULLANDER & FERREIRA, 2006; FRANCESCO, 2016).

Embora a maioria das espécies de *Cichla* geralmente ocupe ambientes lênticos em rios e lagos, *C. melaniae*, *C. mirianae* (KULLANDER & FERREIRA, 2006), *C.*

cataractae (EIGENMANN, 1908) e *C. thyrurus* (KULLANDER & FERREIRA, 2006) destoam das demais espécies do gênero, habitando ambientes lóticos com corredeiras diante de rochas e um grande fluxo de água, que os fornecem uma grande variedade de substratos (KULLANDER & FERREIRA, 2006; SABAJ *et al.*, 2020). Nestes ambientes lóticos, as espécies dependem inteiramente desses habitats para sua sobrevivência (ZUANON *et al.*, 2021).

A Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte está localizada em uma região de grande importância ecológica, conhecida como a Volta Grande do Xingu, região de aspectos únicos (SAWAKUCHI *et al.*, 2015). A UHE Belo Monte foi construída seguindo a lógica de engenharia de fio d'água que manterá a Volta Grande do Xingu como Trecho de Vazão Reduzida (TVR), ocorrendo uma redução de até 80% na vazão de água, esta redução se deve ao Hidrograma de Consenso (HC) (ZUANON *et al.*, 2021).

O Hidrograma de Consenso (HC) foi proposto pelo Estudo de Impacto Ambiental (EIA) (BRASIL. ELETRONORTE, 2002) para mitigar os impactos da redução da vazão, tendo como objetivo reproduzir artificialmente o pulso sazonal de cheias e secas que caracteriza as vazões naturais do rio Xingu. Entretanto, variáveis primordiais para assegurar a sustentabilidade socioambiental nem sempre são suficientes para garantir as condições ambientais necessárias à sobrevivência de espécies de fauna e flora na região (MOLINA, 2009; ZUANON *et al.*, 2021).

Assim como amplamente visto em muitos outros rios tropicais, as hidrelétricas afetam a ictiofauna de corredeiras de maneira devastadora (ZARLF *et al.*, 2015, WINEMILLER *et al.*, 2016). Apesar deste contraste, estudos em hidrelétricas apontam que as espécies do gênero *Cichla* costumam se adaptar bem aos ambientes de reservatórios, exemplo disso temos *Cichla ocellaris* (BLOCH & SCHNEIDER, 1801), originalmente da bacia Amazônica, foi introduzida no sudeste e pantanal (GOMIERO; BRAGA 2003). *Cichla kelberi* (KULLANDER & FERREIRA, 2006), foi introduzida no reservatório de Juturnaíba, localizado no Rio de Janeiro em uma área a jusante do rio São João, em conjunto com *Cichla monoculus* (SPIX & AGASSIZ 1831), introdução realizada por pescadores esportivos em virtude do valor econômico das espécies (DIAMANTE *et al.*, 2017). *Cichla piquiti* (KULLANDER & FERREIRA, 2006), é naturalmente encontrada nas bacias dos rios Tocantins-Araguaia, porém, populações não nativas são registradas em diversos reservatórios do centro, sul e sudeste do Brasil (DOS

SANTOS *et al.*, 2016). Entretanto, estudos abordando o ciclo reprodutivo de *Cichla* em condições como as encontradas no TVR ainda não existem.

Neste contexto, torna-se fundamental compreender a biologia reprodutiva das populações naturais de *C. melaniae* no trecho de vazão reduzida da Usina Hidrelétrica Belo Monte. Essa compreensão é essencial para investigar se a espécie está se adaptando ao novo hidrograma implementado pela Usina Hidrelétrica Belo Monte, especificamente ao fluxo de água que passa pela barragem do Pimental, atualmente em operação como parte do empreendimento hidrelétrico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Descrever a biologia reprodutiva de *Cichla melaniae* no Trecho de Vazão Reduzida da Volta Grande do Xingu.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar e avaliar os aspectos reprodutivos (proporção sexual, índice gonadossomático, índice hepatossomático, fator de condição k, fecundidade, diâmetro dos oócitos maduros e tipo de desova);
- Determinar o período reprodutivo de *Cichla melaniae*, por meio da classificação e distribuição das fases reprodutivas gonadais da espécie ao longo do ano.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A bacia do rio Xingu abrange cerca de 13% da área da bacia Amazônica, percorrendo os estados do Pará e Mato Grosso, com uma área total de drenagem de cerca de 510.000 km². O rio Xingu tem sua nascente no Mato Grosso, a 600 m de altitude, no encontro das serras Formosa e Roncador, no Cerrado, e depois se junta ao bioma Amazônia cobrindo uma extensão de aproximadamente 2000 km até sua foz no rio Amazonas, a uma altitude de 4 m (SILVA, 2013).

O rio exibe uma orientação sul-norte e divide-se basicamente em três regiões: Alto Xingu, Médio Xingu e Baixo Xingu, sendo os principais afluentes os rios Iriri, Fresco, Curuá, Culuene e rios Bacajá (LUCAS, 2021). Nas imediações da cidade de Altamira – PA, o rio Xingu sofre uma acentuada deflexão formando a chamada Volta Grande do Xingu, de grandes corredeiras, com um desnível de 85m em 160 km (FRANCO, 2014).

O regime de chuvas é definido por um período chuvoso de novembro a abril e um período seco de junho a novembro, tendo precipitação média anual de 1963,5 mm (DOS SANTOS, 2016). O clima é tropical, quente e úmido (SAWAKUCHI *et al.*, 2015), com temperatura média mensal de 26 °C (ALVARES *et al.*, 2013).

Os pontos de coletas para o estudo da biologia reprodutiva do *C. melaniae* estão situados à jusante da barragem do sítio Pimental, sendo divididas em três localidades, sendo elas: 1) Pimental; 2) Ressaca/Ilha da fazenda; 3) Kaituká, (Fig. 1).

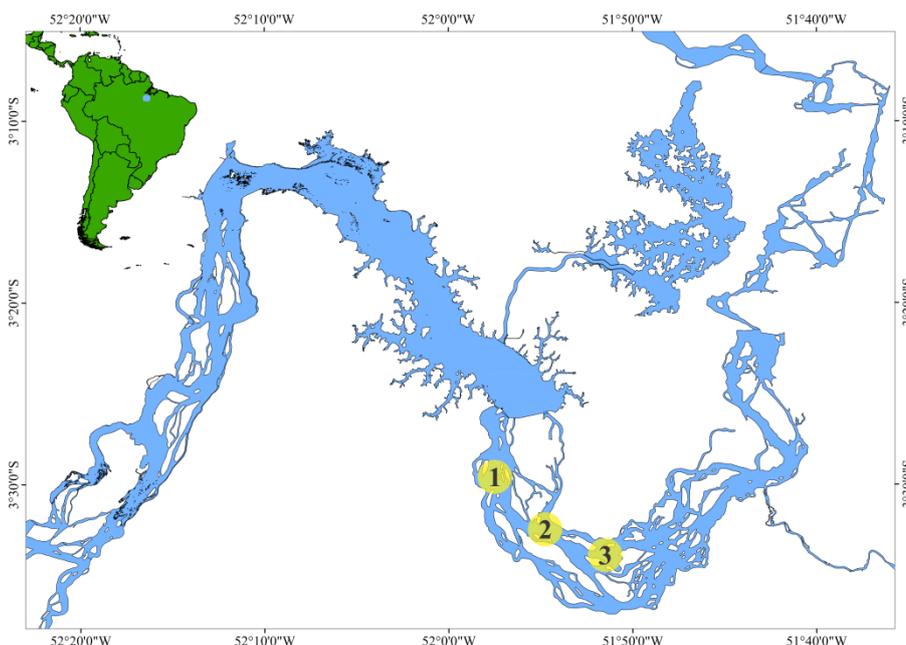


Figura 1 - Mapa de localização dos três pontos de coleta da espécie de peixe *Cichla melaniae* Kullander & Ferreira 2006. 1) Pimental; 2) Ressaca/Ilha da fazenda; 3) Kaituká.

3.2 Coleta de material biológico

As coletas e o manejo dos animais foram realizados de acordo com as autorizações concedidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), através do SISBIO n° 79124-2 e do Comitê de Ética de Uso de Animais (CEUA) n° 4751220822. Os peixes foram coletados quinzenalmente no período de julho/2022 a junho/2023, no médio rio Xingu a jusante da barragem do Pimental, sendo capturados no canal principal (margem, meio do canal, corredeiras), no período diurno, com a utilização de linha de mão de 0,60 mm, utilizando iscas vivas (*Geophagus* spp.). Os espécimes foram mantidos vivos em caixas d'água de 500 l, contendo aeração constante e transportados até o Centro de Estudos Ambientais (CEA) da Norte Energia, localizado às margens do reservatório do rio Xingu, no município Vitória do Xingu-PA.

3.2.1 Biometria, fixação e processo histológico

Os indivíduos foram eutanasiados com Eugenol (400 mg L⁻¹), até o cessamento da ventilação opercular e dos batimentos cardíacos. Para cada peixe capturado, foi coletado o seu comprimento total (cm), comprimento padrão (cm) e o peso (g). Os peixes foram então dissecados, realizando-se uma incisão ventral para observação e retirada das gônadas, fígado e vísceras.

As gônadas de cada exemplar foram acondicionadas em tubos cônicos variando de 15 - 50 ml (dependo do tamanho do tecido) e fixadas em solução Bouin por 24 horas, depois mantidas em álcool 70% (TOKUMARU *et al.*, 1968). Após a fixação, os fragmentos dos ovários e testículos passaram pelo processo técnico de histologia convencional descrita por MENEZES & SÃO THIAGO (1996) para confirmação da análise macroscópica.

Fragmentos das gônadas foram desidratados em série crescente de etanol (70%, 80%, 90% e 100%), clareadas em xilol e incluídas em paraplast® (Sigma # SLBS8607, St. Louis, US). Os blocos foram cortados em série utilizando-se micrótomo (Leica RM2235, Lincolnshire, USA), com espessura de 5µm, coradas com hematoxilina e contra coradas com eosina. As lâminas foram analisadas por meio de microscopia de luz (Nikon-Eclipse Ni, Tóquio, Japão) e foto-micrografadas (Nikon DSRi2, Nikon, Tóquio, Japão), para posterior caracterização da linhagem germinativa.

3.2.2 Descrição das fases gonadais

As gônadas foram submetidas ao procedimento histológico, sendo definida a fase gonadal de cada exemplar de acordo com a terminologia de BROWN-PETERSON *et al.*, (2011).

3.3 Proporção sexual

A proporção sexual foi calculada para o período total e por período de vazão (menor vazão e maior vazão). As razões sexuais obtidas foram testadas pelo teste χ^2 (teste Qui-quadrado) com nível de significância de 5% para verificar se houve diferença significativa com a hipótese de 1:1.

3.4 Índice gonadossomático (IGS)

O índice gonadossomático é um indicador confiável do período de reprodução, pois reflete o investimento energético de fêmeas e machos. O cálculo feito para obter o IGS foi realizado conforme proposto por VAZZOLER (1996), onde: $IGS = W_g / W_t \times 100$; Sendo W_g , peso da gônada; W_t , peso total do peixe.

3.5 Índice hepatossomático (IHS)

O índice hepatossomático (IHS) é utilizado pois pode-se mostrar sensível ao período reprodutivo da população, dado que o fígado pode ter influência na produção de

vitelogenina. Esse índice foi calculado pela fórmula: $Pf / Pt \times 100$; Sendo, Pf peso do fígado, Pt peso total do peixe.

3.6 Fator de condição (K)

O fator de condição indica a condição fisiológica do peixe, descrita pela variação do peso do indivíduo em relação ao comprimento. Quando as gônadas estão desenvolvidas, seu peso se reflete no fator de condição, o que o torna um indicador do período reprodutivo.

Para o cálculo do fator de condição, foi utilizado primeiramente a relação peso-comprimento ($P = a \times C^b$), após transformação logarítmica, obtendo-se $\ln y = \ln A + B \ln x$, aplicando o método dos mínimos quadrados obtêm-se A e B de onde consegue-se $a = e^A$, $b = B$ (SANTOS 1978, BRAGA 1986), fazendo-se para cada grupo a relação peso-comprimento e assim utilizando a constante b estimada, respectivamente.

O fator de condição (K) foi estimado por período de vazão (menor vazão e maior vazão), através da expressão: $K = \text{Comp.} Wt / \text{Peso } Lt^b$ (VAZZOLER, 1996), onde b é o coeficiente angular da relação peso/comprimento.

3.7 Tipo de desova e diâmetro dos oócitos

O tipo de desova foi avaliado através da medição do diâmetro dos oócitos (em μm) e através da análise histológica do desenvolvimento dos oócitos.

3.8 Período reprodutivo

Para determinar o período reprodutivo, foi detalhadamente analisada a frequência mensal das fases de maturação, utilizando a terminologia e classificação sugeridas por BROWN-PETERSON *et al.*, (2011), tanto para fêmeas quanto para machos. Os meses de pico reprodutivo foram definidos como aqueles nos quais ocorreu a maior frequência de exemplares aptos à reprodução

3.9 Parâmetros ambientais

Os dados de níveis fluviométricos para o período de estudo foram obtidos no site da Norte Energia.

3.10 Análise estatística

Para atender as premissas dos modelos estatísticos, foi aplicado o teste de Shapiro wilk para averiguar a normalidade dos dados dos índices gonadossomático (IGS) e

hepatossomático (IHS) assim como para o fator de condição. Diante da normalidade e anormalidade dos dados, foi aplicado o teste t-student e teste de Mann-Whitney afim de aferir se houve diferença entre os períodos de menor e maior vazão respectivamente.

A proporção sexual foi apurada através do teste de qui-quadrado (χ^2) para averiguação da hipótese de 1:1. A idade da primeira maturação sexual foi mensurada considerado o L50 através da fórmula de VAZZOLER (1996), e a descrição dos aspectos reprodutivos foram apresentadas através de gráficos com médias e desvios padrões. As análises foram conduzidas no software RStudio e no excel.

4 RESULTADOS

Ao longo de 12 meses, foram capturados 40 exemplares de *C. melaniae*, dos quais 28 eram machos e 12 eram fêmeas. Os machos apresentaram um comprimento padrão médio de $30,26 \pm 4,38$ cm (média \pm desvio padrão) e um peso médio de $770,05 \pm 359,24$ g. Já as fêmeas exibiram um comprimento padrão médio de $26,95 \pm 4,31$ cm e um peso médio de $510,79 \pm 359,24$ g. A maioria dos exemplares concentrou-se na classe de comprimento entre 26 e 29 cm para ambos os sexos (Fig. 2).

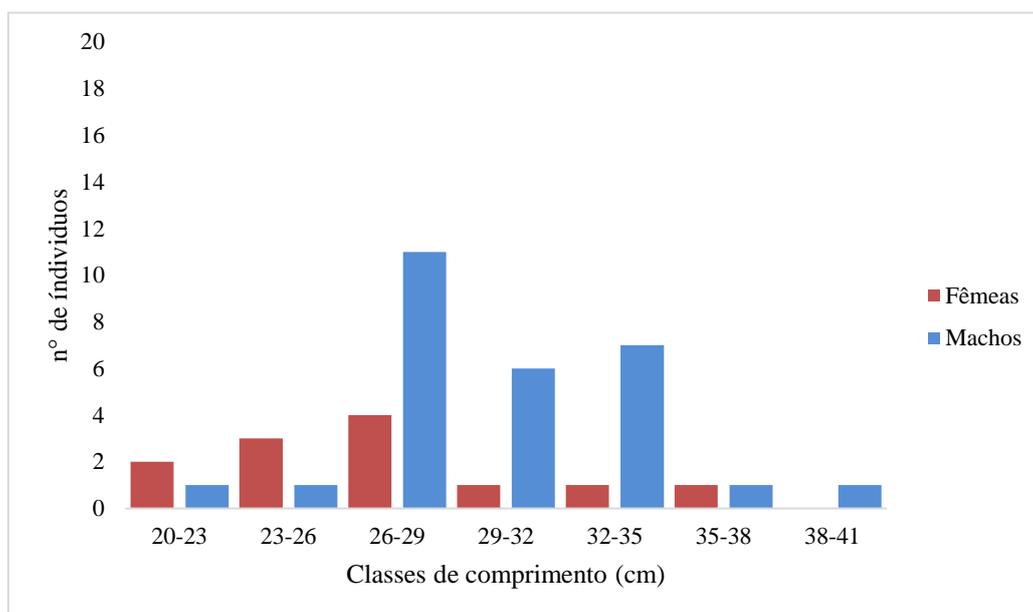


Figura 2 - Distribuição da frequência absoluta de fêmeas e machos da espécie *Cichla melaniae* nas classes de comprimento padrão.

Com base nos dados do índice fluviométrico, identificaram-se duas épocas distintas de vazão na região de coleta dos peixes (Fig. 3). Durante o período determinado de menor vazão (julho a dezembro), observou-se a coleta do maior número de exemplares, totalizando 29 espécimes de *C. melaniae*. Em contrapartida, no período de maior vazão (janeiro a junho), foram coletados apenas 11 exemplares da espécie em estudo.

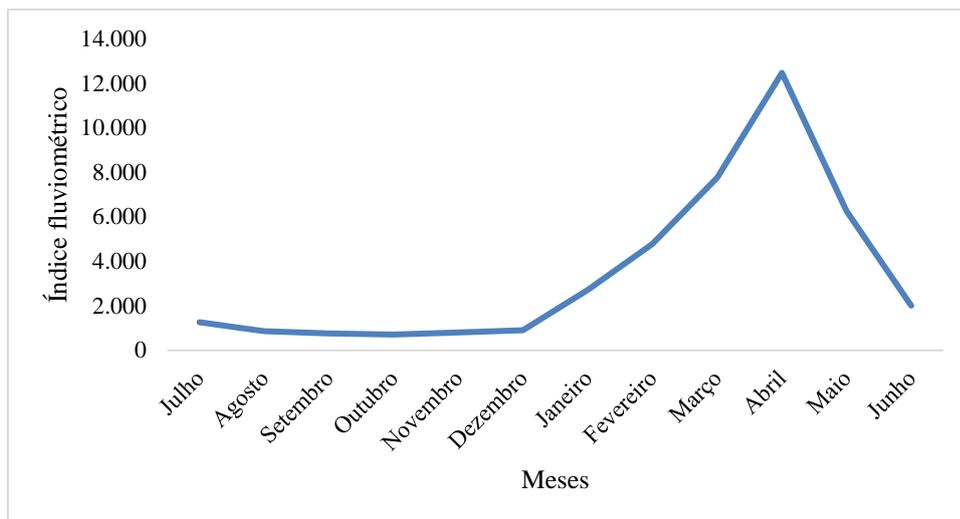


Figura 3 - Distribuição dos valores médios da vazão no trecho coleta da espécie *Cichla melaniae* na Volta Grande do Xingu.

4.1 Proporção sexual

A proporção sexual identificada ao longo do período de 12 meses revelou uma diferença estatisticamente significativa em relação à hipótese de equilíbrio entre os sexos (1M:1F), com um *P*-valor de 0,004. A proporção observada durante esse período foi de aproximadamente 2M:1F. Ao analisar os dados de acordo com os períodos de vazão, foi constatado que houve uma diferença estatisticamente significativa apenas durante o período de menor vazão ($P = 0,005$), com uma proporção observada de cerca de 3M:1F. Por outro lado, no período de maior vazão, não foi encontrada diferença estatística ($P = 0,76$) em relação à premissa de 1M:1F.

4.2 Índice gonadossomático, hepatossomático e fator de condição

A distribuição dos valores de IGS, IHS e Fator de condição de fêmeas e machos estão representados na (Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 4C) respectivamente. Todos os índices apresentaram diferença significativa para ambos os sexos dentre o período de maior e menor vazão: IGS com $P = 0,004$, IHS com $P = 0,003$ e Fator de condição com $P = 0,006$. Os maiores valores dos índices se concentraram no período de maior vazão para ambos os sexos.

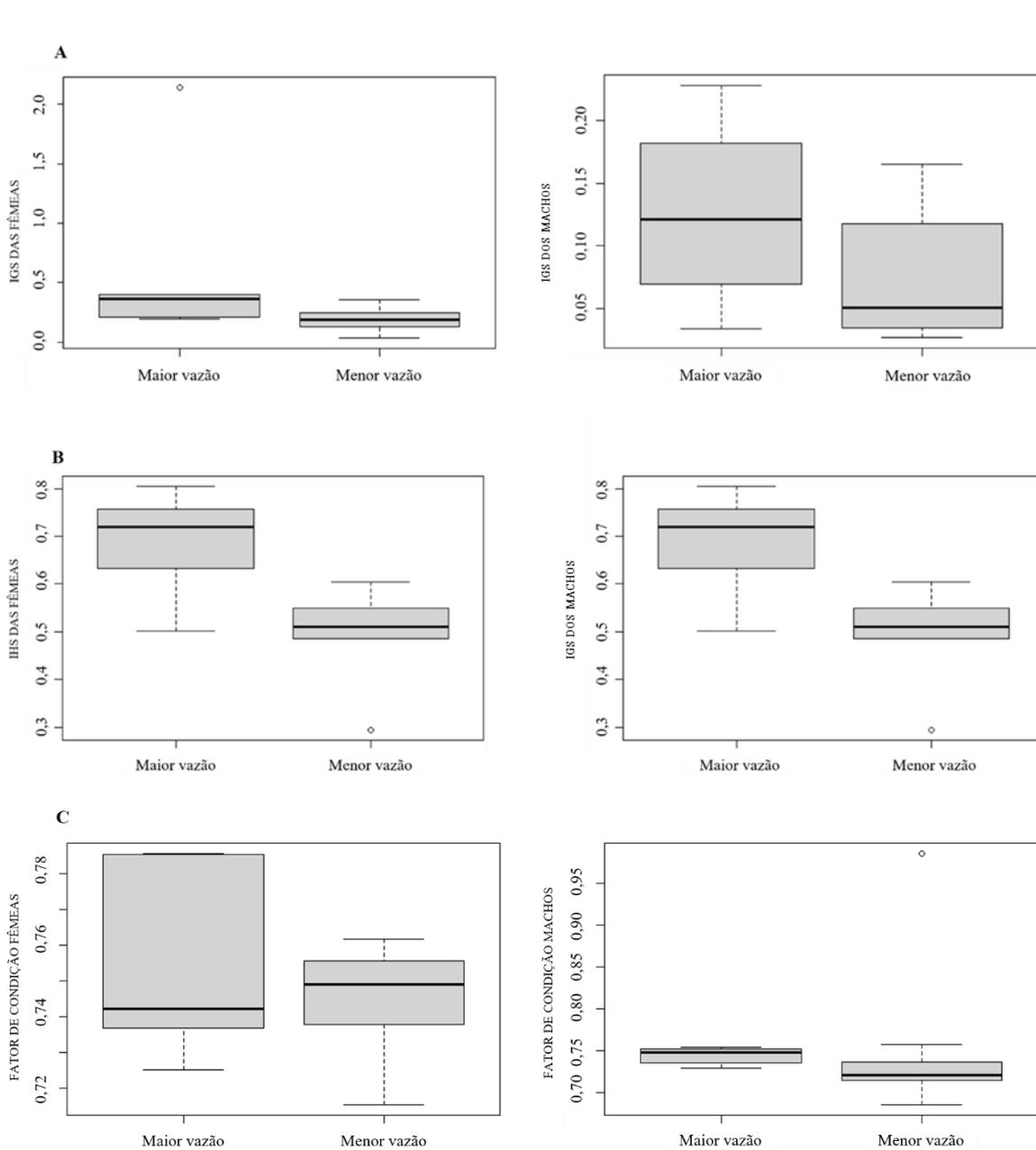


Figura 4 - Boxplot dos valores de IGS, IHS e Fator de condição de fêmeas e machos de *Cichla melaniae* no trecho de vazão reduzida no médio rio Xingu.

4.3 Tipo de desova e diâmetro dos oócitos

Nos ovários, observou-se a presença de oócitos em diversos estágios e diâmetros, indicando que a espécie apresenta um mecanismo de desenvolvimento oocitário assincrônico em mais de dois grupos. Esse tipo de desenvolvimento é característico de desova múltipla ou parcelada (VAZZOLLER, 1996). A média do diâmetro dos oócitos maduros foi aproximadamente 1053 μm .

4.4 Fases de desenvolvimento gonadal

4.4.1 Machos de *C. melaniae*

Cichla melaniae exibe pares alongados, situados dorsalmente à cavidade celomática abaixo dos rins, envolvidos externamente por uma túnica albugínea. No aspecto histológico, os machos capturados apresentaram quatro estágios distintas de maturação testicular durante o período de coleta: Desenvolvimento, capaz de espermiar, regressão e regeneração.

No estágio de Desenvolvimento, observa-se um epitélio germinativo contínuo com espermatogônias, espermatócitos e espermatídes, assim como uma quantidade reduzida de espermatozoides nos lúmens (Fig. 5). Durante a fase Capaz de Espermiar, os lúmens estão praticamente preenchidos por espermatozoides, representando a presença de todos os estágios ou células da linhagem germinativa da espermatogênese na gônada (Fig. 6). Na fase de Regressão, os lúmens dos túbulos estão dilatados e contêm espermatozoides residuais, além da proliferação de espermatogônias e espermatócitos (Fig. 7). Por outro lado, na fase de Regeneração, há uma significativa quantidade de espermatogônias repovoando a gônada, as quais darão origem a novos espermatócitos. A maioria dos lúmens está vazia ou contém resíduos de espermatozoides (Fig. 8).

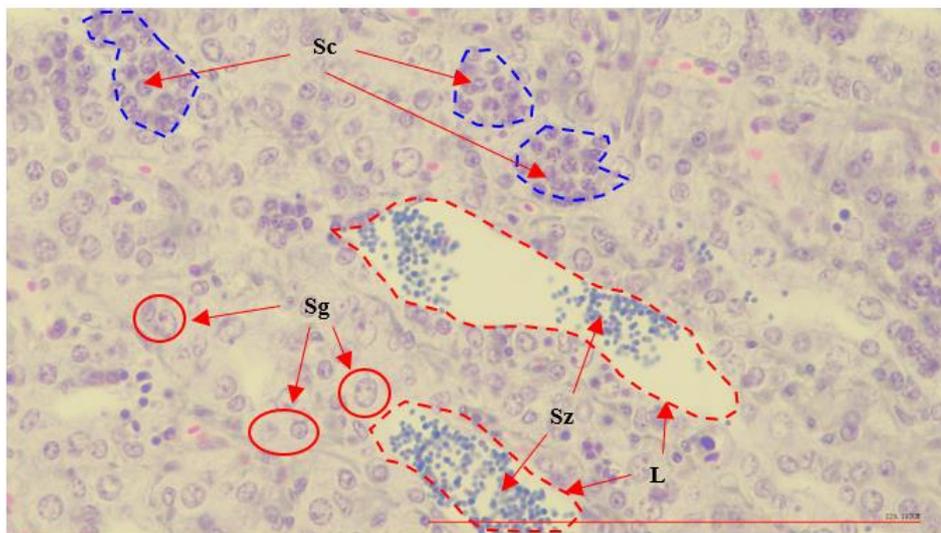


Figura 5 – Estágio gonadal de Desenvolvimento do macho da espécie *C. melaniae*. Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sz: Espermatozoide, L: Lúmen.

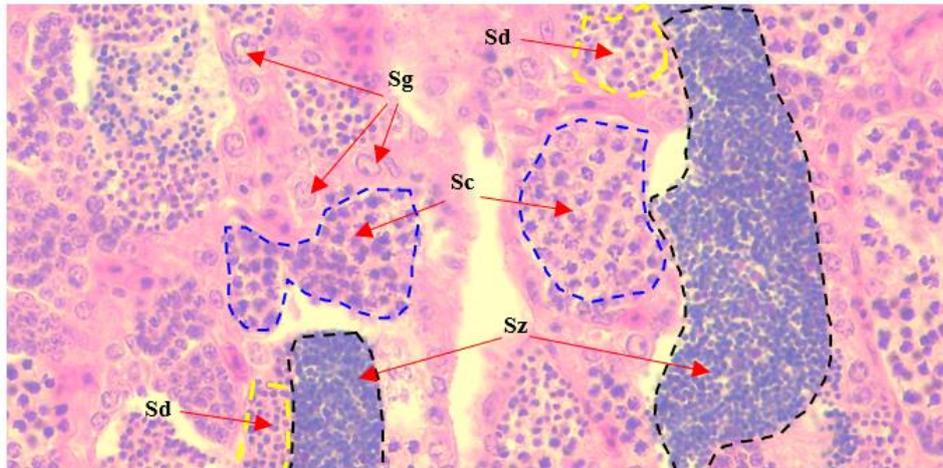


Figura 6 - Estágio gonadal Capax de espinar do macho da espécie *C. melaniae*. Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sd: Espermátide, Sz: Espermatozoide.

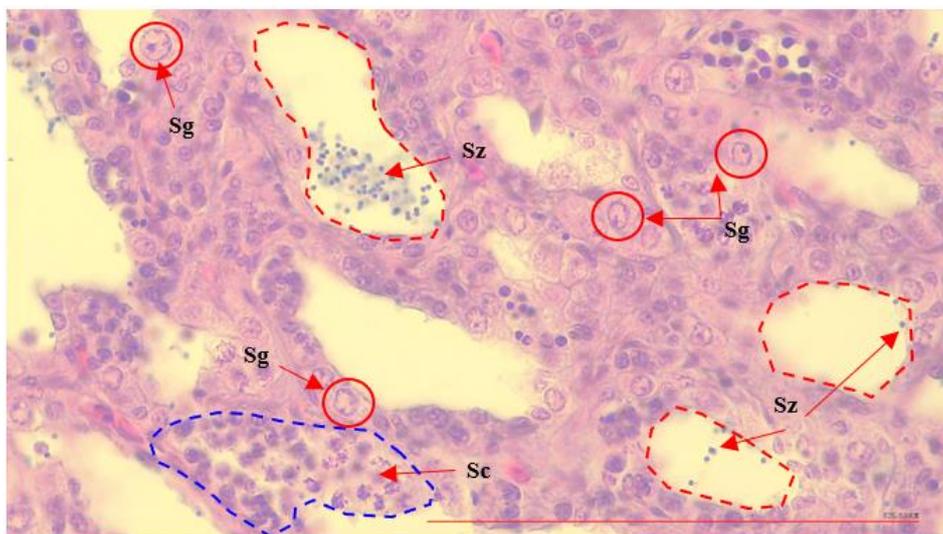


Figura 7 - Estágio gonadal de Regressão do macho da espécie *C. melaniae*. Sg: Espermatogônias, Sc: Espermatócitos, Sz: Espermatozoide.

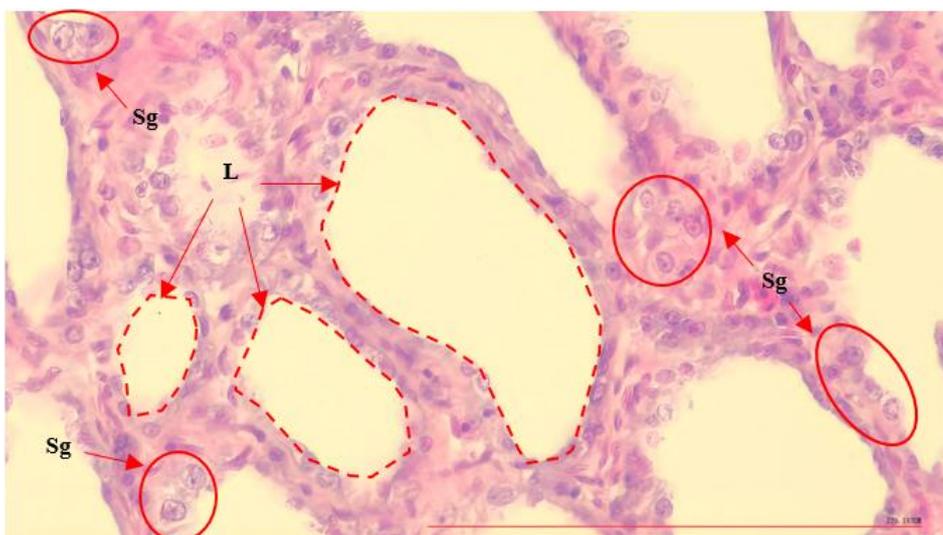


Figura 8 - Estágio gonadal de Regeneração do macho da espécie *C. melaniae*. Sg: Espermatogônias, L: Lúmen.

4.4.2 Fêmeas de *C. melaniae*

As fêmeas apresentam três estágios distintos de desenvolvimento gonadal. Na fase em desenvolvimento, observa-se uma quantidade significativa de oócitos pré-vitelogênicos (OCP) em diversos tamanhos, além da presença de oócitos pré-vitelogênicos em crescimento secundário (OCPS) e alguns folículos atrésicos (FA) (Figura 6). Durante a fase Capaz de Desovar, os ovários são predominantemente ocupados por oócitos vitelogênicos em fase final (OVF), embora ainda haja uma pequena quantidade de oócitos pré-vitelogênicos (OCP) (Figura 7). Na fase de Regressão, os oócitos pré-vitelogênicos (OCP) e os oócitos pré-vitelogênicos secundários estão envolvidos por células foliculares (CF), e folículos atrésicos (AT) são visíveis no ovário.

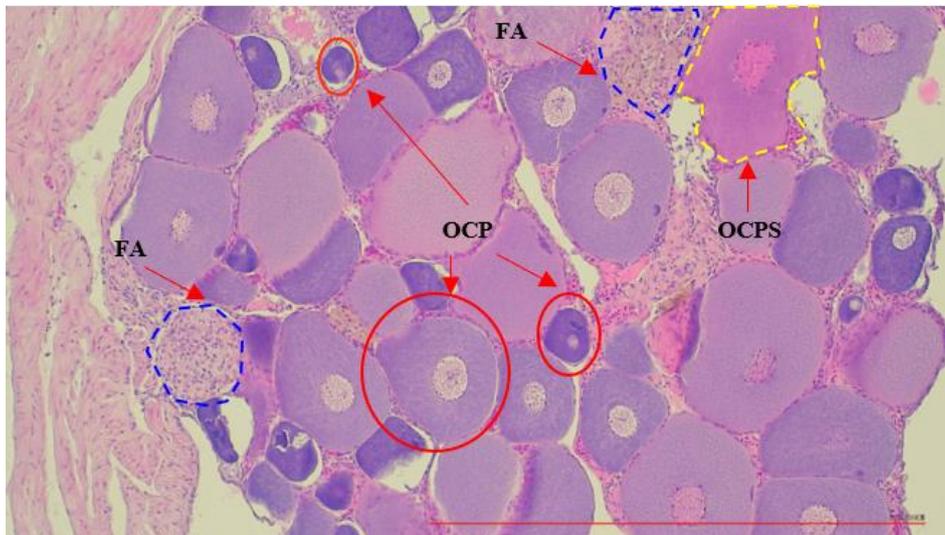


Figura 9 – Estágio de desenvolvimento gonadal da fêmea da espécie *C. melaniae*. OCP: Oócito pré-vitelogênico, OCPS: Oócito pré-vitelogênio em crescimento secundário, FA: Folículos atrésicos.

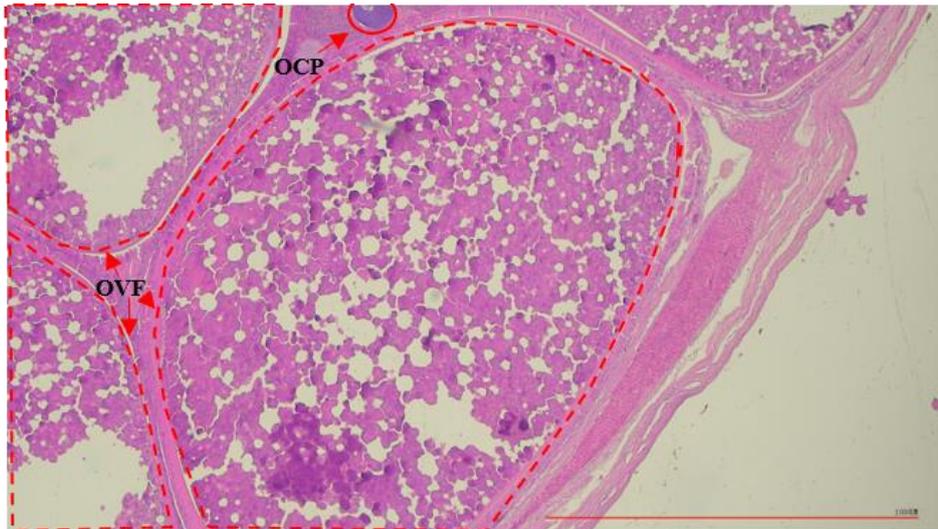


Figura 10 – Estágio Capaz de desovar da fêmea da espécie *C. melaniae*. OCP: Oócito pré-vitelogênico, OVF: Oócitos vitelogênicos em estágio final.

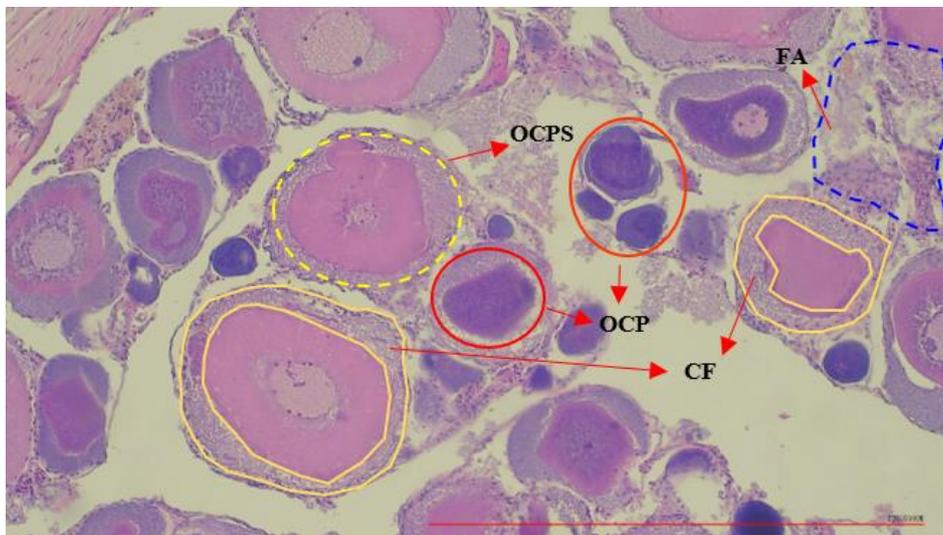


Figura 11 – Estágio de Regressão da fêmea da espécie *C. melaniae*. OCP: Oócito pré-vitelogênico, OCPS: Oócito pré-vitelogênico em crescimento secundário, FA: Folículos atrésicos, CF: Células foliculares.

4.5 Período reprodutivo

Em relação à maturação sexual, foram observadas microscopicamente 40 gônadas de *C. melaniae*, sendo 12 pertencentes a fêmeas e 28 a machos. Entre as fêmeas, foram identificados 10 exemplares em desenvolvimento, 1 com capacidade de desovar e 1 em fase de regressão (Figura 7A). Para os machos, observou-se 11 exemplares em desenvolvimento, 6 capazes de espermiar, 7 em regressão e 4 em regeneração (Figura 7B).

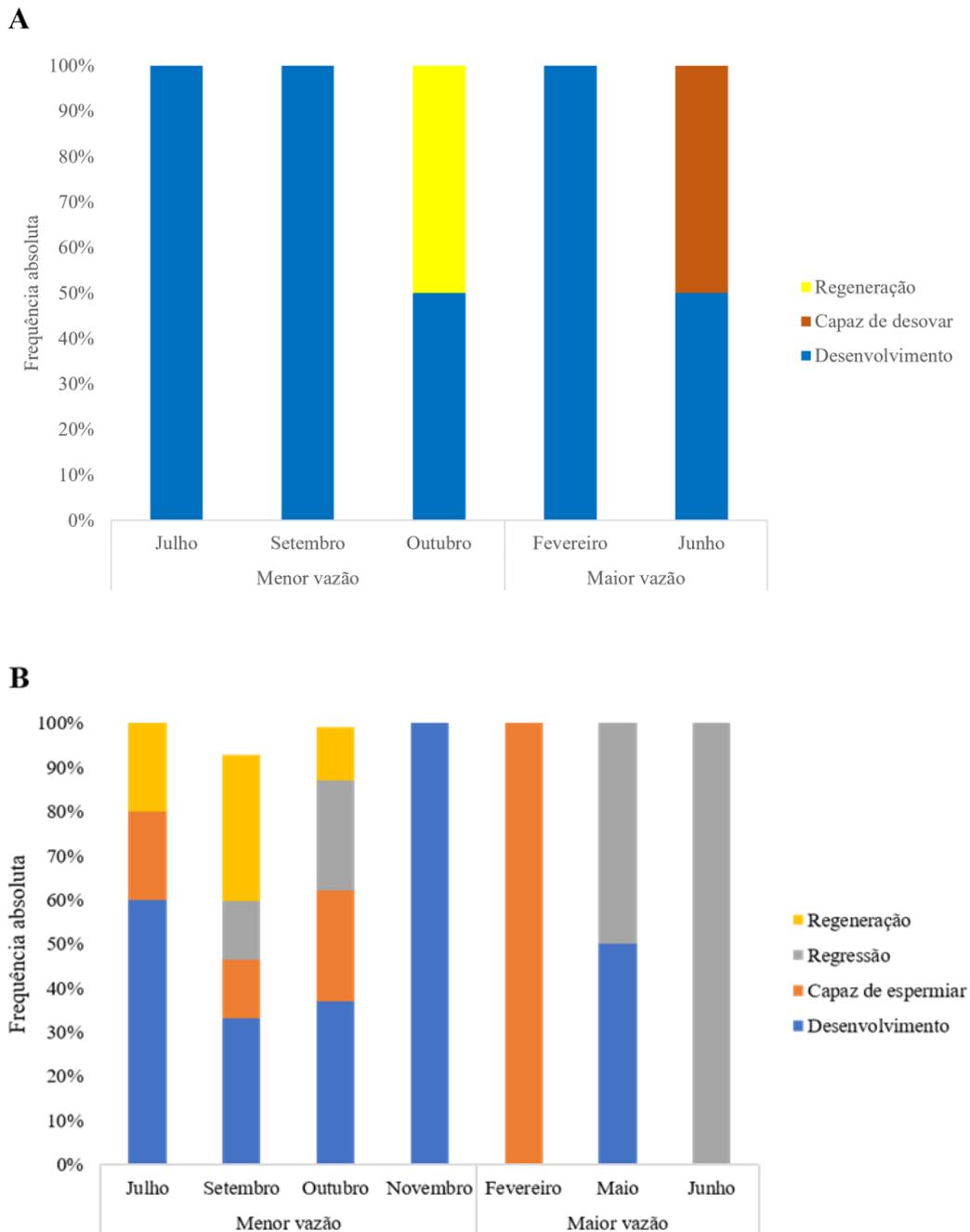


Figura 12 - Distribuição da frequência absoluta das fases de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *Cichla melaniae* em dois períodos de vazão no médio rio Xingu. A: fêmeas de *C. melaniae*. B: machos de *C. melaniae*.

Observa-se que os machos apresentaram atividade reprodutiva com mais frequência do que as fêmeas. A estação reprodutiva nos machos está presente nos dois períodos de vazão, nos meses de julho, setembro, outubro e fevereiro. Já as fêmeas, mostraram-se aptas a reproduzir apenas no mês de junho. No período de menor vazão, as fêmeas prevaleceram em fase de Desenvolvimento, ocorrendo também a presença da

fasede Regeneração, e no mês de junho chegou ao estágio capacidade de desovar. As demais fases do desenvolvimento ovariano não foram descritas, possivelmente devido à baixa captura de e fêmeas durante o período de amostragem.

Os machos por sua vez no período de menor vazão apresentam quase todos os estágios de desenvolvimento testicular, faltando apenas o indivíduo imaturo. Durante o período de maior vazão, em fevereiro especificamente, os indivíduos estavam 100% aptos espermiar. Nos meses de coletas consequentes, os indivíduos estavam em fase de Regeneração e Desenvolvimento.

5 DISCUSSÃO

Diante das particularidades do médio rio Xingu, com a vazão controlada pela UHE Belo Monte na região da Volta Grande, enfrentamos extrema dificuldade na captura da espécie *C. melaniae*, que apresentou números inferiores de indivíduos coletados quando comparados com populações de *Cichla ssp.* em diferentes ambientes. Além da grandiosidade do rio, há a complexidade ecológica envolvendo ilhas pluviais, plantas, pedras e a dinâmica de deslocamento de cardumes, o que dificulta sobremaneira a captura.

No estudo realizado por DA LUZ (2016), exemplares de *Cichla monoculus* foram coletados no submédio rio São Francisco, em um ambiente lântico, na área de reservatório do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso. Já no trabalho de CAMPOS (2013), *Cichla temensis* foi coletado no canal principal do médio rio Negro, em lagos adjacentes e canais do arquipélago Mariuá. Vale ressaltar que, nesses estudos, a captura pode ter sido mais facilitada devido a menos variáveis, como o regime de vazão e a correnteza. A notável dificuldade na captura de *C. melaniae* pode estar relacionada à visibilidade do apetrecho de pesca utilizado na captura dos espécimes, dificultando a visualização da isca.

A dinâmica observada no local de coleta, com variações na coluna d'água ao longo dos meses, sugere que a espécie pode estar um pouco mais distante do perímetro de coleta. Em resumo, espera-se que, durante a estação de enchente, a coluna d'água e a turbidez estejam aumentadas, resultando em maior dificuldade na captura com apetrechos visuais. Por outro lado, a captura passiva, menos dependente da visibilidade, pode ser otimizada até certo ponto pela turbidez da água e pelas alterações no regime hidrológico.

A proporção sexual durante o período experimental, especialmente na estação de menor vazão, indicou a predominância de indivíduos machos, refletida também na maioria das classes de comprimento. Isso reforça a probabilidade de os machos atingirem tamanhos maiores que as fêmeas, uma relação que varia consideravelmente entre as espécies. Em geral, populações apresentam proporções sexuais próximas de 1:1 (VAZZOLER, 1996; ANDRADE et al., 2015). Além disso, durante a época reprodutiva de *Cichla*, é comum observar uma prevalência na captura de indivíduos machos devido à agressividade deles na defesa do território ou dos juvenis contra invasores, como indicado por JEPSEN et al., (1997). É interessante notar que trabalhos anteriores, como CHELLAPPA et al., (2003) e CARVALHO et al., (2021), mostraram predominância de

fêmeas na espécie *Cichla monoculus* durante o período de coleta, um padrão que contrasta com os resultados obtidos neste estudo.

Com a maior disponibilidade de áreas e, conseqüentemente, de alimento devido ao aumento do volume de água liberado pela companhia hidrelétrica, os índices reprodutivos (IGS, IHS e Fator de Condição) apresentaram valores significativamente maiores durante o período de maior vazão. Os valores do Fator de Condição neste período, para ambos os sexos, sugerem um crescente aumento da massa corporal em preparação para o esforço reprodutivo. Além disso, os altos valores de IHS indicam que, antes do aumento nos valores de IGS, as reservas de energia armazenadas no fígado estão sendo direcionadas para a maturação das gônadas, conforme discutido por ARAÚJO et al., (2019).

De acordo com os resultados da frequência dos estágios de maturação das gônadas e o IGS, observou-se que a época de reprodução da espécie ocorre no período de maior vazão, corroborando com os achados nos estudos de CARVALHO (2021) e SOUZA (2007). Durante a época chuvosa, há uma melhoria na quantidade e qualidade da água, proporcionando condições ideais para alimentação dos progenitores e suas respectivas proles.

É relevante destacar que, no período de menor vazão, foram encontrados machos com capacidade de espermiar, indicando que a atividade reprodutiva é extensa. A baixa prevalência de fêmeas não pode ser completamente explicada pelos dados do presente trabalho, mas, como mencionado anteriormente, a maior agressividade dos machos em resposta à captura com iscas visuais parece exercer uma grande influência.

Adicionalmente, as fêmeas, geralmente menores que os machos, podem estar buscando outras fontes de alimento nas regiões marginais do rio, onde se concentra uma grande quantidade de peixes de menor porte. Vale ressaltar que as coletas foram realizadas em áreas mais abertas, distantes das regiões marginais, onde há falhas, troncos e plantas, que servem como refúgios para pequenos peixes. Essas áreas marginais, embora ricas em biodiversidade, dificultam a coleta por meio de barcos em movimento e iscas visuais, uma técnica conhecida localmente como "currica". Esses fatores podem ter contribuído para a baixa captura da espécie.

O extenso período reprodutivo das espécies de *Cichla* tem sido observado tanto em ambientes naturais quanto em lagos e reservatórios onde as espécies foram

introduzidas (ESPÍNOLA, 2005). Contudo, conforme descrito por HORIE (2012), não se pode afirmar que a vazão controlada pela Usina Hidrelétrica seja um gatilho para a reprodução da espécie em estudo.

Dessa forma, torna-se imperativo o monitoramento da população de *Cichla melaniae* para compreender mecanismos cruciais como crescimento, recrutamento e mortalidade. Conforme destacado por PEREIRA (2013), a intensa seleção das espécies comerciais mais relevantes impacta negativamente a conservação, indicando que, nos próximos ciclos reprodutivos, essas espécies devem adotar estratégias reprodutivas que favoreçam a sobrevivência (ARAÚJO et al., 2012; CHELLAPPA et al., 2013; BARROS et al., 2016).

6 CONCLUSÃO

Este estudo representa a primeira fonte de informações inéditas sobre a biologia reprodutiva de *C. melaniae*, uma espécie endêmica do rio Xingu, em sua área de distribuição natural. As análises histológicas realizadas permitiram uma identificação precisa dos aspectos reprodutivos da espécie, fornecendo dados relevantes para os órgãos fiscalizadores no contexto da preservação desse recurso na área influenciada pela barragem do Pimental.

Ao examinar a maturação gonadal da espécie, observou-se que, jusante da barragem do Pimental, na região da Volta Grande do Xingu, *C. melaniae* conseguiu manter o seu comportamento reprodutivo. Apesar das alterações drásticas causadas pelo hidrograma em execução, que modificou significativamente a região da Volta Grande, a plasticidade fenotípica do gênero *Cichla* (KOVALENKO *et al.*, 2010) preservou a capacidade da espécie de reprodução no ambiente.

A presença de diferentes lotes de desenvolvimento oocitário sugere que a espécie realiza desova parcelada. Embora a atividade reprodutiva tenha sido mais intensa durante o período de maior vazão, destaca-se que machos com capacidade de reprodução também foram capturados na estação de menor vazão, indicando uma prática reprodutiva abrangente e flexível. Este fenômeno demonstra a capacidade de adaptação da espécie às condições ambientais variáveis, enfatizando a importância de considerar essa flexibilidade em futuras avaliações e estratégias de preservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.; SAWAKUCHI, A. O.; ZUANON, J.; MURIEL-CUNHA, J.; SALM, R.; CARNEIRO, C. C.; RODRIGUES, R. R. Situação ambiental no trecho do rio Xingu afetado pela UHE Belo Monte, a montante da barragem Pimental. **A Expulsão de ribeirinhos em Belo Monte: relatório da SBPC**, p. 150, 2017.

ANDRADE, E. S.; DE ANDRADE, E. A.; FELIZARDO, V. D. O.; PAULA, D. A. D. J.; VERAS, G. C.; MURGAS, L. D. S. Biologia reprodutiva de peixes de água doce. **R. bras. Reprod. Anim.**, p. 195-201, 2015.

ALBERT, J. S.; TAGLIACOLLO, V. A.; DAGOSTA, F. Diversification of Neotropical freshwater fishes. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 51, p. 27-53, 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, F. G.; NASCIMENTO, A. A.; GOMES, I. D.; SALES, A.; OLIVEIRA, B. A. Gonadal development and reproductive period of the characin *Astyanax aff. bimaculatus* (Characiformes: Characidae) in a tropical reservoir in southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 36, p. 30610, 2019.

ARAÚJO, A. S.; DO NASCIMENTO, W. S.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Temporal dynamics of reproduction of the neotropical fish, *Crenicichla menezesi* (Perciformes: Cichlidae). **The Scientific World Journal**, 2012.

BARROS, N. H. C.; LIMA, L. T. B.; ARAÚJO, A. S.; GURGEL, L. L.; CHELLAPPA, N. T.; CHELLAPPA, S. Estudos sobre as táticas e as estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes de água doce do Rio Grande do Norte, Brasil. **Holos**, v. 3, p. 84-103, 2016.

BRAGA, F. M. S. Estudo entre fator de condição e relação peso/comprimento para alguns peixes marinhos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, p. 339-346, 1986.

BRASIL, ELETRONORTE. Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- EIA. **Versão preliminar, Brasília: ELETRONORTE**, v. 6, 2002.

BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 1, p. 52-70, 2011.

CAMPOS, C. P. Dinâmica populacional do tucunaré *Cichla temensis* (Humboldt, 1983) do médio rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, Amazonas, 2013.

- CANTANHÊDE, L. G.; CARVALHO, I. F. D. S.; SANTOS, N. B.; ALMEIDA, Z. D. S. D. Biologia reprodutiva do *Hassar affinis* (Pisces: Siluriformes, Doradidae), Lago de Viana, Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 46, p. 219-226, 2016.
- CARVALHO, I. F. S.; CANTANHÊDE, L. G.; DINIZ, A. L. C.; CARVALHO-NETA, R. N. F.; ALMEIDA, Z. D. S. D. Reproductive biology of seven fish species of commercial interest at the Ramsar site in the Baixada Maranhense, Legal Amazon, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 19, 2021.
- CHELLAPPA, S.; DO NASCIMENTO, W. S.; BARROS, N. H. C.; DE ARAUJO, A. S.; CHELLAPPA, N. T. Reproductive characteristics and strategies of freshwater fish species from the semiarid region of Brazil. **Animal Biology Journal**, v. 4, p. 85, 2013.
- CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologica**, v. 39, p. 325-329, 2009.
- 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**, v. 63, p. 17-26, 2003.
- DAGOSTA, F. C. P.; DE PINNA, M. The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, p. 1-163, 2019.
- DA LUZ, S. C. S. Identificação molecular e biologia reprodutiva do *Cichla* e suas interações morfológicas. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.
- DE FRANCESCO, A.; CARNEIRO, C. Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca. **Instituto Socioambiental (ISA), São Paulo, SP, Brazil. 64f pp.**, v. 8, p. 2016, 2015.
- DIAMANTE, N. A.; DE OLIVEIRA, A. V.; PETRY, A. C.; CATELANI, P. A.; PELICICE, F. M.; PRIOLI, S. M. A. P.; PRIOLI, A. J. Molecular analysis of invasive *Cichla* (Perciformes: Cichlidae) populations from neotropical ecosystems. **Biochemical systematics and ecology**. v, 72, p. 15-22, 2017.
- DOS SANTOS, C. A.; DE LIMA, A. M. M.; DE OLIVEIRA, E. A. S.; FARIAS, M. H. C. S.; WANZELER, R. T. S.; ARAUJO, I. B. Modelo de previsão fluviométrica para o rio Xingu na cidade de Altamira-PA. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, p. 230-243, 2016.
- DOS SANTOS, L. N.; SALGUEIRO, F.; SAMPAIO-FRANCO, A. C.; MARQUES, A. C. P.; NÓBREGA, F. First record of the invasive blue peacock cichlid *Cichla piquiti* Kullander and Ferreira (Cichliformes: Cichlidae) in the Paraíba do Sul River basin, Southeastern Brazil. **BioInvasions Record**. v. 5, 2006.

DUARTE, C.; PY-DANIEL, L. H. R.; DEUS, C. P. D. Fish assemblages in two sandy beaches in lower Purus River, Amazonas, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 100, p. 319-328, 2010.

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

FITZGERALD, D. B.; PEREZ, M. H. S.; SOUSA, L. M.; GONÇALVES, A. P.; PY-DANIEL, L. R.; LUJAN, N. K. & LUNDBERG, J. G. Diversity and community structure of rapids-dwelling fishes of the Xingu River: Implications for conservation amid large-scale hydroelectric development. **Biological conservation**, v.222, p.104-112, 2018.

FRANCO, V. S. Previsão hidrológica de cheia sazonal na sub-bacia do rio Xingu e análise de vulnerabilidade social em Altamira-PA. Universidade Federal do Pará, Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Instituto de Geociências, Belém, 2014.

FRICKE, R. *et al.* 2022. Eschmeyer's Catalog of fishes: genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>).

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**, p. 79-86, 2003.

GONÇALVES, C.; CESTARI, C. The use of an Atlantic Forest stream by the catfish *Scleromystax barbatus* (Quoy & Gaimard, 1824). **Neotropical Biology and Conservation**, v. 8, n. 3, p. 115, 2013.

GONÇALVES, CRISTINA DA SILVA; SOUZA, URSULLA PEREIRA; VOLCAN, MATHEUS VIEIRA. The opportunistic feeding and reproduction strategies of the annual fish *Cynopoecilus melanotaenia* (Cyprinodontiformes: Rivulidae) inhabiting ephemeral habitats on southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 191-200, 2011.

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, n. 2, p. 121-126, 2003.

INOMATA, S. O.; FREITAS, C. E. C. Fish landings in Barcelos, in the middle Negro River region, Amazonas. **WIT Trans Ecol Environ**, v. 192, p. 67–76, 2015.

ISAAC, V. J.; ALMEIDA, M. C. D.; CRUZ, R. E. A.; NUNES, L. G. Artisanal fisheries of the Xingu River basin in Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 125-137, 2015.

JÚNIOR, J. R. C.; DA SILVA, N. A. S. C.; NUNES, J. L. G.; CAMÕES, A.; DA CUNHA, M. F. B.; DE SANTANA, A. R.; NAKAYAMA, L. Sobre a pesca de peixes

ornamentais por comunidades do rio Xingu, Pará, Brasil: relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, p. 521-530, 2018.

JÚNIOR, J. R. C.; DA CONCEIÇÃO FONSECA, M. D. J.; DE SANTANA, A. R.; NAKAYAMA, L. O conhecimento etnoecológico dos pescadores yudjá, terra indígena paquaçamba, volta Grande do rio Xingu, PA. **Tellus**, p. 123-147, 2011.

KING, M. Fisheries biology: assessment and managment. **Fishing News Books**. p. 341. 1995.

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. Family Cichlidae (Cichlids). In: Reis, R.E.; Kullander, S.O.; Ferraris, C.L. (eds.) **Check list of the freshwater fishes of the south and central America**. Edipucrs, Porto Alegre, RS. p. 605-654, 2003.

KULLANDER, S. O.; FERREIRA, E.J.G. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). **Ichthyology Explorer Freshwaters**, v. 17, n. 4, p. 289-398, 2006.

LUCAS, E. W. M.; DE SOUSA, F. D. A. S.; DOS SANTOS S. F. D.; DA ROCHA J. R. L.; PINTO, D. D. C.; DA SILVA, V. D. P. R. Trends in climate extreme indices assessed in the Xingu river basin-Brazilian Amazon. **Weather and Climate Extremes**, v. 31, p. 100-306, 2021.

LOWERRE-BARBIERI, S. K.; BROWN-PETERSON, N. J.; MURUA, H., TOMKIEWICZ, J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3: 32-51, 2011.

MARTO, V. C. O.; AKAMA, A.; PELICICE, F. M. Feeding and reproductive ecology of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 within its native range, Lajeado reservoir, rio Tocantins basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 13, p. 625-636, 2015.

MENEZES, M. S.; THIAGO H. Descrição de um novo procedimento histológico para gônadas de peixes de água doce. **Revta Unimar** v. 18, n. 2, p. 293-297, 1996.

MENDONÇA J. T.; P. A. L. C. Avaliação do seguro defeso concedido aos pescadores profissionais no Brasil. Série Relatórios Técnicos. 2013; (50):1– 20. Available from: https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/serreltec_50.pdf.

MOLINA, J. Questões hidrológicas no EIA Belo Monte. In: MAGALHÃES, S. M. S. B.; HERNANDEZ, F. D. M. Painel de especialistas: análise crítica do estudo de impacto ambiental do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte. Belém: [s.n.], p. 95-107, 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. N. 403, p. 853-858, 2000.

NASCIMENTO, F. L.; CATELLA, A. C.; MORAES, A. S. Distribuição espacial do tucunaré, *Cichla* sp. (Pisces, Cichlidae), peixe amazônico introduzido no Pantanal, Brasil. *Bol. Pesq. Desen. EMBRAPA Pantanal*, v. 24: p. 1-15, 2001.

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

PERESSIN, A.; GONÇALVES, C. D. S.; BRAGA, F. M. D. S. Reproductive strategies of two Curimatidae species in a Mogi Guaçu impoundment, upper Paraná River basin, São Paulo, Brazil. **Neotropical Ichthyology**. v. 10, n. 4, p. 847-854. 2012.

REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

SABAJ P. M. 2015. Where the Xingu Bends and Will Soon Break. **American Scientist**. v. 103, p. 395, 2015.

SABAJ, M. H.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, H.; WILLIS, S. C.; HEMRAJ, D. D.; TAPHORN, D. C.; WINEMILLER, K. O. *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.

SANTOS, E. P. **Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura**. Hucitec, São Paulo. p. 129, 1978.

SAWAKUCHI, A. O.; HARTMANN, G. A.; SAWAKUCHI, H. O.; PUPIM, F. D. N.; BERTASSOLI, D. J.; PARRA, M.; FAUSTINO, S. B. *et al.* The Volta Grande do Xingu: Reconstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique Amazonian fluvial landscape: **Scientific Drilling**, v. 20, p. 21–32, 2015.

SILVA, J. P.; PEREIRA, D. I.; AGUIAR, A. M.; RODRIGUES, C. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, v. 9, n. 2, p. 254-262, 2013.

SOUZA, J. E. D. Caracterização populacional de *Cichla kelberi* (Perciformes: Cichlidae) no reservatório do Lobo (Broa), Brotas/Itirapina-SP. 2007.

STAWIKOWSKI, R.; U. WERNER. **Die Buntbarsche Amerikas. Band 3: Erdfresser, Hecht- und Kammbuntbarsche**. Ulmer, Stuttgart, p. 478, 2004.

TAPHORN, D. C.; BARBARINO, A. Evaluación de la situación actual de los pavones (*Cichla* spp.) en el Parque Nacional Capanaparo-Cinaruco, Estado Apure, Venezuela. **Natura**. v. 96, p. 10- 25, 1993.

TOKUMARU, M.; GODINHO, H.; & FERRI, A. G. Fixação de tecidos de peixes de água doce. **Braz J Vet Res Anim Sci**. v. 7 p. 841-848, 1968.

VAZZOLER, A. E. A. M. *et al.* **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: Eduem, v. 169, 1996.

VAZZOLER, A. E. A. M. Reprodução de peixes. In: AGOSTINHO, A.A.; BENEDITO-CECILIO, E. (Ed.). Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil. Maringá: Eduem, cap. 1, p. 1-17. 1992.

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, 2012.

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

WINEMILLER, K. O.; MCINTYRE, P. B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; SAENZ, L. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. **Science**. v. 351, p. 128–129, 2016.

ZARET, T. M. Inhibition of Cannibalism in *Cichla ocellaris* and Hypothesis of Predator Mimicry Among South American Fishes. **Evolution**. v. 31, p. 421-437, 1977.

ZARFL, C.; LUMSDON, A. E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. **Aquatic Sciences**, v. 77, n. 1, p. 161-170, 2015.

ZUANON, J.; SAWAKUCHI, A.; CAMARGO, M.; WAHNFRIED, I.; SOUSA, L.; AKAMA, A.; PEZZUTI, J. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, v. 28, n. 2, 2021.