



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS TROPICAIS

MARCILENE PRISCILA MORAES RIBEIRO

MORFOMETRIA E CRESCIMENTO DA PESCADA-BRANCA
***Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) NO RESERVATÓRIO DA**
UHE DE TUCURUÍ, AMAZÔNIA ORIENTAL

BELÉM
2026

MARCILENE PRISCILA MORAES RIBEIRO

MORFOMETRIA E CRESCIMENTO DA PESCADA-BRANCA
***Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) NO RESERVATÓRIO DA**
UHE DE TUCURUÍ, AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.

BELÉM
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R484m Ribeiro, Marcilene Priscila Moraes
 Morfometria e crescimento da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) no
 reservatório da UHE de Tucuruí, Amazônia Oriental / Marcilene Priscila Moraes Ribeiro. - 2026.
 62 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos
 Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,
 Belém, 2026.
 Orientador: Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo
1. *Plagioscion squamosissimus* - morfometria - Amazônia. 2. Alterações ambientais - impactos. I. Melo,
 Nuno Filipe Alves Correia de, *orient.* II. Título
-

CDD 577.609811

MARCILENE PRISCILA MORAES RIBEIRO

MORFOMETRIA E CRESCIMENTO DA PESCADA-BRANCA
***Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840) NO RESERVATÓRIO DA**
UHE DE TUCURUÍ, AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Data de aprovação: 28/08/2026

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **NUNO FILIPE ALVES CORREIA DE MELO**
Data: 28/09/2026 10:48:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo (Orientador)
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Documento assinado digitalmente
 **IVAN FURTADO JUNIOR**
Data: 26/09/2026 21:32:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ivan Furtado Júnior
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO AUGUSTO PEDROSO BARBOSA**
Data: 26/09/2026 09:34:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Augusto Pedroso Barbosa
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Documento assinado digitalmente
 **MAURICIO WILLIANS DE LIMA**
Data: 28/09/2026 11:04:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Maurício Willians de Lima
Universidade do Estado do Amapá - UEAP

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, em especial à minha mãe, Elenira Moraes Ribeiro, por todo o amor, carinho e apoio que me deram até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo, pela orientação, confiança, apoio e acompanhamento durante o desenvolvimento deste mestrado.

À Professora Rosália Furtado Cutrim Souza, pela disponibilização dos dados e da infraestrutura do laboratório, pela coorientação e pelo acompanhamento acadêmico ao longo de minha formação.

À equipe do Laboratório de Ictiologia e Dinâmica de Populações Pesqueiras (LAID), que me acompanhou, ajudou e incentivou em todos os momentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida (Código de Financiamento 001).

Agradeço também às instituições responsáveis pelo financiamento da amostragem de campo e da aquisição dos dados, realizadas no âmbito do projeto “Plano de Gestão do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí/Pará”, financiado pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio) e pela Greentec Tecnologia Ambiental.

*“Se há magia nesse planeta, ela está contida na
água”*
(Eiseley, 1957, tradução nossa)

RESUMO

Estudos sobre morfometria e crescimento são fundamentais para compreender o desenvolvimento dos organismos e subsidiar o manejo adequado dos recursos pesqueiros. Este trabalho teve como objetivo analisar a morfometria e estimar o crescimento da pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus*, no reservatório de Tucuruí, considerando as alterações ambientais provocadas pelo represamento do rio Tocantins. Foram amostrados 355 indivíduos em cinco campanhas realizadas entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019; destes, 353 foram incluídos nas análises morfométricas, enquanto os 355 exemplares com registros válidos de comprimento total e data foram utilizados na análise de frequência de comprimentos. As relações morfométricas lineares e a relação peso-comprimento foram analisadas por área e por sexo, e a possível estratificação espacial por tamanho foi investigada por meio de análise de componentes principais (PCA), análise de redundância (RDA) e análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA); os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy foram estimados de forma indireta e exploratória, com todos os indivíduos agrupados, por meio de Análise Eletrônica de Frequência de Comprimentos (ELEFAN). O crescimento alométrico foi predominantemente isométrico em todas as áreas e grupos de sexo, com alometria positiva significativa em machos e fêmeas da Área 2, e foram detectadas diferenças significativas na distribuição do tamanho corporal entre os estratos amostrais, parcialmente associadas às variáveis ambientais avaliadas; como os setores foram amostrados em períodos distintos, os componentes espacial e temporal não puderam ser completamente dissociados. A estimativa indireta de crescimento indicou comprimento assintótico de 62,06 cm (620,6 mm) e coeficiente de crescimento de $0,064 \text{ ano}^{-1}$, resultado preliminar em razão do número reduzido de datas de amostragem disponíveis e que requer validação por métodos independentes. Como os espécimes foram obtidos por redes de espera com diferentes malhagens, os dados de frequência de comprimento utilizados na estimativa de crescimento representam, por fim, a fração da população vulnerável ao conjunto de aparelhos empregado.

Palavras-chave: Sciaenidae; relação peso-comprimento; reservatório tropical; frequência de comprimentos; dinâmica populacional.

ABSTRACT

Studies on morphometry and growth are fundamental to understanding organism development and to supporting the adequate management of fisheries resources. This study aimed to analyse the morphometry and estimate the growth of the South American silver croaker, *Plagioscion squamosissimus*, in the Tucuruí reservoir, considering the environmental changes brought about by the damming of the Tocantins River. A total of 355 individuals were sampled over five campaigns conducted between December 2017 and January 2019; of these, 353 were included in the morphometric analyses, while the 355 specimens with valid total length and date records were used in the length-frequency analysis. Linear morphometric relationships and the length–weight relationship were analysed by area and by sex, and possible spatial size stratification was investigated through principal component analysis (PCA), redundancy analysis (RDA), and permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA); von Bertalanffy growth parameters were estimated indirectly and exploratorily, with all individuals pooled, using Electronic Length Frequency Analysis (ELEFAN). Allometric growth was predominantly isometric across all areas and sex groups, with significant positive allometry in both males and females in Area 2, and significant differences in body size distribution were detected among the sampled strata, partially associated with the environmental variables assessed; as the sectors were sampled in distinct periods, the spatial and temporal components could not be fully disentangled. The indirect growth estimate indicated an asymptotic length of 62.06 cm (620.6 mm) and a growth coefficient of 0.064 year^{-1} , a preliminary result given the reduced number of sampling dates available, which requires validation through independent methods. As the specimens were obtained using gillnets of different mesh sizes, the length-frequency data used in the growth estimate represent, finally, the fraction of the population vulnerable to the gear employed.

Keywords: Sciaenidae; length–weight relationship; tropical reservoir; length-frequency; population dynamics.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Área de estudo	13
3.2 Coleta de campo	14
3.3 Procedimentos Laboratoriais	15
3.4 Análises de Dados.....	16
3.4.1 Relações morfométricas lineares.....	16
3.4.2 Relação peso-comprimento	17
3.4.3 Estatística descritiva.....	18
3.4.4 Distribuição espacial por tamanho e estruturação morfométrica	18
3.5 Estimativa indireta dos parâmetros de crescimento (ELEFAN).....	19
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 1 – Variação morfométrica da pescada-branca <i>Plagioscion squamosissimus</i> em gradientes espaciais e ambientais em um reservatório tropical.....	23
CAPÍTULO 2 – Estimativa indireta do crescimento da pescada-branca <i>Plagioscion squamosissimus</i> em um reservatório tropical por meio de análise de frequência de comprimentos.....	47
CONCLUSÃO GERAL	62

1 INTRODUÇÃO

A família Sciaenidae compreende peixes amplamente distribuídos em ambientes marinhos, estuarinos e dulcícolas. Esses peixes são caracterizados, entre outros atributos, por otólitos sagitta bem desenvolvidos e pela capacidade de produção de sons associada à musculatura da bexiga natatória (Chao, 1978). Entre seus representantes dulcícolas neotropicais, destaca-se *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), popularmente conhecida como pescada-branca, corvina ou pescada-do-piauí, dependendo da região do país. A espécie consta entre as espécies de água doce já catalogadas para a América do Sul e Central (Reis; Kullander; Ferraris, 2003).

Nativa da bacia amazônica, a espécie foi introduzida ao longo das últimas décadas em reservatórios de outras regiões do Brasil, como as bacias do Paraná, do São Francisco e do Nordeste, onde se tornou uma das espécies dominantes em termos de biomassa e de importância na pesca comercial (Agostinho *et al.*, 2016). Trata-se de espécie carnívora, de hábito alimentar predominantemente piscívoro, que também consome camarões e outros invertebrados. Essa plasticidade trófica favorece sua adaptação a diferentes ambientes — incluindo lagos naturais, reservatórios artificiais e planícies de inundação — e pode contribuir para o estabelecimento da espécie em ambientes represados, onde, junto a outras espécies carnívoras, compõe a fração de maior biomassa entre os predadores de níveis tróficos superiores (Bennemann *et al.*, 2006; Costa; Angelini, 2020).

A espécie é geralmente classificada como não migradora ou sedentária quanto à reprodução. Apresenta fecundação externa e desova parcelada ao longo do período reprodutivo, sem cuidado parental — características compatíveis com os padrões reprodutivos descritos para teleósteos neotropicais não migradores (Vazzoler, 1996; Barbosa *et al.*, 2012; Matsumoto *et al.*, 2026).

Além de suas características biológicas, a pescada-branca destaca-se também do ponto de vista econômico. Segundo as estatísticas nacionais publicadas pelo Ministério da Pesca e Aquicultura para o ano de 2011, a espécie esteve entre os peixes mais explorados nas pescarias de águas continentais do país (MPA, 2013). No entorno do reservatório de Tucuruí, a pescada-branca figura entre os principais recursos pesqueiros desembarcados (Brambilla *et al.*, 2015), desempenhando ainda papel relevante na pesca de subsistência, por ser muito apreciada na alimentação das populações ribeirinhas que vivem às margens dos rios e lagos amazônicos (Goulding, 1980; Cerdeira; Isaac; Ruffino, 1997; Soares *et al.*, 2008).

Esse reservatório foi formado pela Usina Hidrelétrica de Tucuruí, situada no rio Tocantins, no estado do Pará. A usina possui potência instalada de 8.370 MW e constitui um dos maiores empreendimentos hidrelétricos do Brasil; seu funcionamento exigiu a formação de um lago artificial que inundou uma área de 2.830 km², com cota máxima de 74 m e cota mínima de 58 m (Eletronorte, 1989). A região do reservatório integra atualmente um Mosaico de Unidades de Conservação, criado com a finalidade de compatibilizar a valorização da biodiversidade e da pluralidade social com o desenvolvimento sustentável no contexto regional (Pará, 2002; Araújo; Rocha, 2008).

A formação de grandes reservatórios, como o de Tucuruí, provoca alterações profundas na estrutura das comunidades de peixes dos rios represados (Mérona *et al.*, 2010). Segundo os mesmos autores, duas décadas após o fechamento da barragem, a fragmentação do rio Tocantins e a interrupção das rotas migratórias afetaram negativamente as espécies de piracema, reduzindo a abundância de espécies migradoras de interesse comercial, como o mapará (*Hypophthalmus spp.*), a jusante do barramento. Esse padrão é consistente com o descrito para reservatórios neotropicais em geral, nos quais a fragmentação dos rios e a interrupção das rotas migratórias tendem a favorecer espécies sedentárias e generalistas em detrimento das migradoras de piracema (Agostinho; Pelicice; Gomes, 2008). Em contrapartida, no ambiente lântico formado a montante, espécies carnívoras e planctófagas não migradoras — entre as quais se destaca a pescada-branca — tiveram sua biomassa incrementada, favorecidas pela maior disponibilidade de habitat lântico e de recursos alimentares associados ao novo ambiente lacustre (Mérona *et al.*, 2010).

Diante desse cenário de reorganização da assembleia de peixes após a formação do reservatório, Mérona *et al.* (2010) destacam que estudos de pesca são particularmente necessários e urgentes em regiões cujos recursos correm risco de sofrer modificações drásticas, seja pela superexploração, seja por transformações ambientais de origem antrópica. Para esses autores, o entendimento da dinâmica populacional por meio de estudos de morfometria, alimentação, reprodução e crescimento é fundamental para o sucesso de planos de manejo e conservação dos recursos pesqueiros (Fonteles-Filho, 2011).

Entre essas abordagens, a morfometria compreende a análise quantitativa do tamanho, das dimensões e das proporções corporais dos organismos, podendo ser empregada na investigação de variações ontogenéticas, populacionais e ambientais. Esse tipo de estudo mostra-se de grande importância para auxiliar na identificação ou discriminação de possíveis unidades populacionais ou estoques (Fonteles-Filho, 2011), na identificação taxonômica, mensurando diferenças entre espécies e criando referências para comparação (Silva, 2000), e

na identificação de dimorfismo sexual entre machos e fêmeas sexualmente maduros (Fairbairn, 1997). No caso de espécies distribuídas em ambientes heterogêneos, como um grande reservatório amazônico, as relações morfométricas também podem revelar diferenças de forma corporal e de condição relacionadas a variações locais nas condições ambientais e tróficas entre diferentes áreas de um mesmo corpo d'água (Cunico; Agostinho, 2006).

Assim como a morfometria, a idade e o crescimento constituem elementos fundamentais na dinâmica populacional de peixes, desempenhando papel central no balanço da biomassa de um estoque explorado (Beverton; Holt, 1993). Essas informações são essenciais para identificar a estrutura etária das populações, estimar a idade de primeira maturação, a longevidade e as taxas de mortalidade, além de serem indispensáveis para calibrar modelos de avaliação de estoque e subsidiar medidas de manejo pesqueiro, como o estabelecimento de tamanhos mínimos de captura (Fonteles-Filho, 2011).

A determinação da idade e do crescimento de peixes tropicais pode ser realizada por métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos baseiam-se na contagem de marcas de crescimento em estruturas calcificadas que apresentam crescimento incremental e podem preservar registros cronológicos ao longo da ontogenia, como otólitos, escamas e espinhos; os métodos indiretos baseiam-se na progressão de classes modais de comprimento ao longo do tempo (Fonteles-Filho, 2011). Os otólitos, em particular, são estruturas calcárias metabolicamente inertes que crescem de forma contínua ao longo da vida do peixe e preservam registros de sua história de vida, sendo amplamente utilizados em estudos de idade, crescimento e identificação de estoques (Campana, 1990). A leitura direta de anéis de crescimento em otólitos exige, contudo, estruturas adequadamente preparadas (emblocamento, corte e desgaste) e validação da periodicidade de formação dos anéis — procedimentos que demandam tempo considerável de padronização e leitura (Campana, 1990; Chen *et al.*, 2022; Lackmann *et al.*, 2022).

Apesar da relevância pesqueira de *P. squamosissimus* em Tucuruí, ainda são limitadas as informações sobre a variação das relações morfométricas entre diferentes setores do reservatório e sobre os parâmetros de crescimento da população local. Essa lacuna restringe a caracterização da estrutura populacional e a avaliação de possíveis mudanças no estoque explorado. Diante desse cenário, esta dissertação está estruturada em dois capítulos, apresentados na forma de artigos científicos: o Capítulo 1 trata da análise das relações morfométricas e da possível estratificação espacial por tamanho da pescada-branca entre as áreas do reservatório; o Capítulo 2 apresenta uma estimativa indireta e exploratória dos parâmetros de crescimento da espécie, a partir da análise de frequência de comprimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a morfometria e estimar, de forma indireta, os parâmetros de crescimento da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) no Mosaico do Lago de Tucuruí, Pará.

2.2 Objetivos específicos

Analisar as relações morfométricas lineares entre o comprimento total e as demais medidas corporais (comprimento padrão, altura do corpo, comprimento do focinho, diâmetro do olho e comprimento da cabeça) da pescada-branca, por área de amostragem;

Determinar a relação peso-comprimento da pescada-branca para machos, fêmeas e sexos agrupados em cada área amostrada, classificando o padrão de crescimento alométrico;

Testar a existência de diferença entre os coeficientes angulares da relação peso-comprimento de machos e fêmeas;

Avaliar diferenças na distribuição do tamanho corporal da pescada-branca entre os setores amostrados do reservatório de Tucuruí;

Testar a existência de diferenças morfométricas multivariadas entre as áreas amostradas;

Obter estimativas exploratórias dos parâmetros L_{∞} e K da função de crescimento de von Bertalanffy mediante análise indireta de frequência de comprimentos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

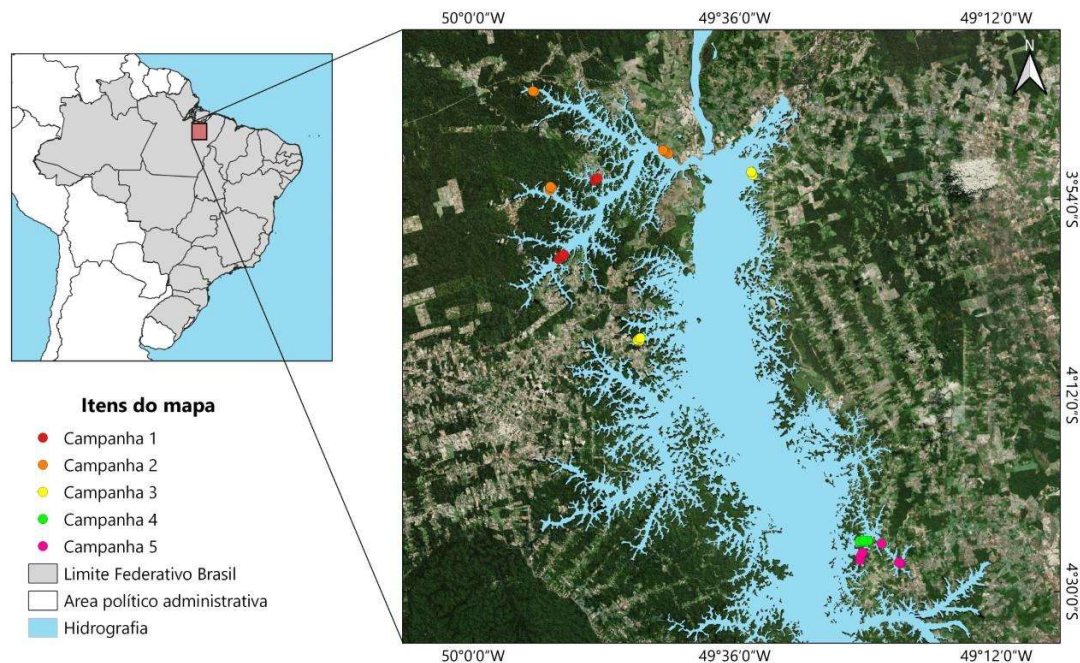
3.1 Área de estudo

O Mosaico de UC do Lago de Tucuruí/Pará foi criado por Lei Estadual (PA) nº 6.451 de 08 de abril de 2002 (Pará, 2002), com objetivos de conciliar a ocupação humana existente nas ilhas do lago, com a proteção dos recursos ambientais e socioculturais. O mosaico é formado pela Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Tucuruí (568.667 ha); Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça (36.126 ha); RDS Pucuruí-Ararão (29.049 ha), além de duas Zonas de Preservação de Vidas Silvestres (ZPVS), respectivamente, a Área de Soltura 3 (9.942 ha) e a Área de Soltura 4 (20.207 ha). As duas RDS e as duas ZPVS são sobrepostas à APA do Lago do Tucuruí. O Mosaico compreende parte dos municípios de Breu Branco, Goianésia, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí (Araújo; Rocha, 2008).

A UHE de Tucuruí foi construída entre 1975 e 1984 no canal principal do rio Tocantins, cerca de 7,5 km a montante da cidade de Tucuruí. De acordo com a Eletronorte (1989), a área inundada é 2.830 km², o perímetro é de 6.400 km, a profundidade média do reservatório é de 17,5 m, podendo atingir 75 m nas proximidades da barragem. O lago formado pelo barramento do rio Tocantins possui volume de 45,8 bilhões de m³. A cota máxima é de 74 m, a cota operacional normal é de aproximadamente 72 m e a cota mínima é de 58 m (Eletronorte, 1987), (Figura 1).

A área do reservatório apresenta clima tropical quente e úmido, com temperatura média anual entre de 25 °C e 29 °C, podendo chegar a valores mínimos de 18 °C e máximos de 36 °C. O clima é caracterizado por duas estações definidas, um período chuvoso que ocorre entre os meses de dezembro a maio, com chuvas intensas de origem convectiva, e outro período seco de junho a novembro, com estiagem pronunciada de agosto a setembro. Sua proximidade com o Equador faz com que as temperaturas sejam altas durante o ano inteiro com médias superiores a 24 °C (Fisch; Januário; Senna, 1990).

Figura 1 - Localização geográfica da Região de Integração do Lago de Tucuruí, estado do Pará, Brasil



Fonte: A autora

3.2 Coleta de campo

Foram realizadas cinco campanhas de amostragem entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019. Cada campanha compreendeu cinco dias efetivos de amostragem. Os pesqueiros utilizados nas coletas foram: Água Fria, Caraipé, Mureré, Cajazeiro Grande, Birica e Base 1. Em cada pesqueiro, as redes permaneceram em operação por 24 h, sendo vistoriadas a cada 4 h.

Os apetrechos utilizados para a captura das amostras foram oito redes de monofilamento com 40 m de comprimento cada uma, e tamanhos de malhas distintos, sendo esses de 4 cm, 5 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm, 10 cm, 14 cm e 17 cm, entre nós opostos e duas redes de multifilamento cada uma com 40m de comprimento e tamanhos de malhas de 10 e 12 cm entre nós opostos.

Para o deslocamento da equipe até a área de pesca foi utilizada uma embarcação de casco de madeira com motor na popa e casaria em todo o convés (barco principal). Para realizar o lançamento das redes foi utilizada uma voadeira com motor de rabeta. As redes foram lançadas em áreas de remanso próximas à margem. O tempo de imersão de cada rede foi de 24 horas em cada área de pesca, foram vistoriadas a cada quatro horas para a retirada dos peixes capturados.

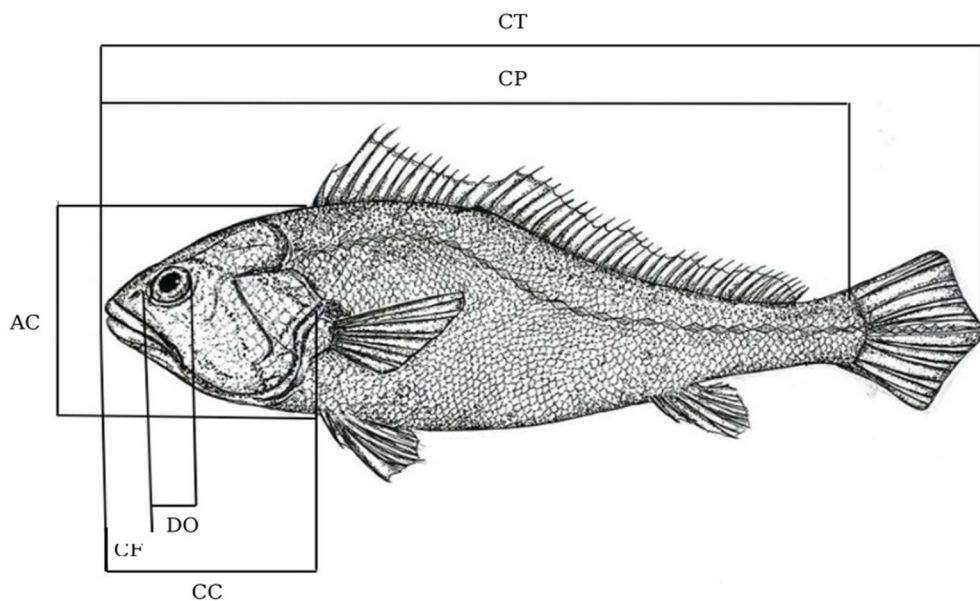
Após a retirada das redes, os peixes capturados foram acondicionados em sacos plásticos individualmente identificados. Cada saco recebeu um lacre com numeração específica, registrada no caderno de bordo. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo e transportadas para o barco principal. Ao término da coleta o material foi

transportado via terrestre até o laboratório de ictiologia e dinâmica de populações pesqueiras da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

3.3 Procedimentos Laboratoriais

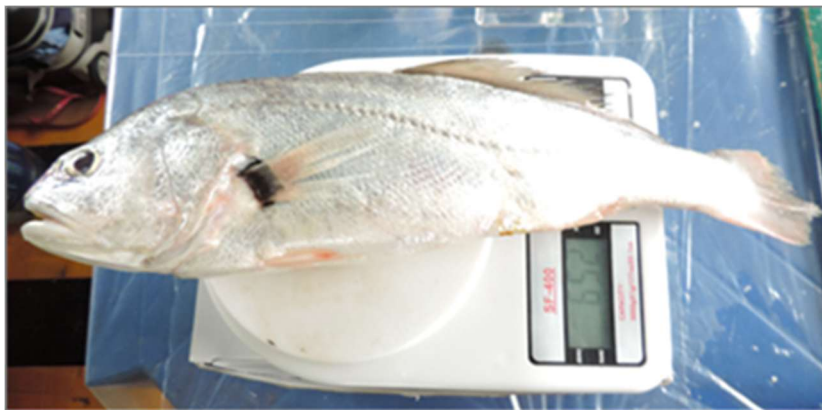
Em laboratório, as amostras coletadas passaram por um processo de triagem e identificação. Para cada exemplar capturado, foram determinados o sexo e, quando possível, o estágio de maturação gonadal, além de registradas as seguintes medidas morfométricas: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura do corpo (AC), comprimento do focinho (CF), diâmetro do olho (DO) e comprimento da cabeça (CC) (Figura 2), além do peso total (Pt) (Figura 3).

Figura 2 - Imagem da pescada-branca com marcações para realização da biometria: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura do corpo (AC), comprimento da cabeça (CC), comprimento do focinho (CF) e diâmetro do olho (DO).



Fonte: Adaptado de Ferreira-Filho *et al.* (2014).

Figura 3 - Pesagem da pescada branca em balança digital.



Fonte: LAID

3.4 Análises de Dados

3.4.1 Relações morfométricas lineares

Para a realização das relações de morfometria lineares da pescada-branca, foram determinadas equações de regressão linear simples do tipo $Y = a + bX$, entre o comprimento total (variável independente, eixo X) e as demais medidas morfométricas — comprimento padrão, altura do corpo, comprimento do focinho, diâmetro do olho e comprimento da cabeça (variáveis dependentes, eixo Y) — correlacionadas de forma independente. Essas análises foram realizadas separadamente para cada área amostrada (Área 1, Área 2 e Área 3), utilizando o software R (versão 4.3.3).

Para cada relação foram estimados os coeficientes a (intercepto) e b (inclinação), o intervalo de confiança de 95% de b, o coeficiente de determinação (R^2) e o nível de significância (p), sendo consideradas significativas as relações com $p < 0,05$.

Com a finalidade de analisar a existência de correlação entre as variáveis, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r), com a força da correlação classificada segundo os intervalos de referência usualmente adotados na literatura estatística (Zar, 2010), testando-se as hipóteses:

H0: $r = 0$, não existe correlação entre as variáveis;

H1: $r \neq 0$, existe correlação entre as variáveis.

O coeficiente de determinação (r^2), função do coeficiente de Pearson, foi determinado em todas as correlações.

3.4.2 Relação peso-comprimento

A fim de determinar a relação peso-comprimento foi calculada a equação de potência do tipo $Pt = a.Ct^b$ (Le Cren, 1951), para correlacionar as medidas de peso e comprimento total. Esta relação foi calculada separadamente para cada área amostrada (Área 1, Área 2 e Área 3), para machos, fêmeas e sexos agrupados dentro de cada área.

Para fêmeas: $Ptf = a.Ctf^b$, onde: Ptf = Peso total das fêmeas (g); Ctf = Comprimento total das fêmeas (cm); a = coeficiente de normalização; b = expoente alométrico.

Para machos: $Ptm = a.Ctm^b$, onde: Ptm = Peso total dos machos (g); Ctm = Comprimento total dos machos (cm).

Os valores de a e b foram estimados pelo método dos mínimos quadrados, após log-transformação dos dados.

O grau de alometria foi avaliado com base no intervalo de confiança de 95% de b , sendo classificado como:

Alométrico positivo, quando o limite inferior do IC95% de b for maior que 3,0;

Isométrico, quando o IC95% de b incluir o valor 3,0;

Alométrico negativo, quando o limite superior do IC95% de b for menor que 3,0;

conforme adaptado de Fonteles-Filho (1989).

Para verificar a existência de correlação entre as variáveis e o sentido da variação da reta de regressão, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r), considerando o número de pares ordenados para estimar o valor crítico de r .

A normalidade dos resíduos dos modelos de regressão foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Seis indivíduos (1,7% da amostra), com resíduos padronizados superiores a 3 desvios-padrão em relação ao modelo ajustado para sua área, foram identificados como estatisticamente discrepantes e excluídos das análises de relação peso-comprimento e ANCOVA, resultando em resíduos normalmente distribuídos nas três áreas ($p > 0,05$). Para analisar a existência de diferença entre os coeficientes angulares (b) da relação peso-comprimento de machos e fêmeas, dentro de cada área, foi utilizada análise de covariância (ANCOVA) (Zar, 2010), considerando $\alpha = 0,05$, testando-se as hipóteses:

H_0 : $b_1 = b_2$, as retas são equivalentes e não existe diferença entre a inclinação da relação peso-comprimento de machos e fêmeas;

H_1 : $b_1 \neq b_2$, as retas não são equivalentes e existe diferença entre a inclinação da relação peso-comprimento de machos e fêmeas.

3.4.3 Estatística descritiva

Para obter os dados de tendência central (média e mediana) e de dispersão (erro padrão, desvio padrão e variância da amostra), além de outros parâmetros quantitativos (curtose, assimetria, intervalo, mínimo, máximo, soma e contagem) das medidas morfométricas de comprimento total por área amostrada, foi utilizado o software R (versão 4.3.3).

3.4.4 Distribuição espacial por tamanho e estruturação morfométrica

Com o intuito de averiguar a existência de estratificação por tamanho e a estruturação morfométrica da pescada-branca entre as diferentes áreas do reservatório, foram realizadas as seguintes análises multivariadas, com o pacote *vegan* (versão 2.7-5), Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada com a função *prcomp()* do R sobre as sete variáveis morfométricas (CT, CP, CC, AC, DO, CF e peso total, este último submetido a transformação logarítmica prévia), padronizadas em escala z (média 0, desvio-padrão 1) e organizadas em matriz de correlação, com o número de componentes interpretáveis determinado pelo critério do broken-stick, permitindo identificar gradientes de tamanho corporal entre as áreas amostradas.

A Análise de Redundância (RDA) e partição de variância foi utilizada para avaliar a contribuição de variáveis ambientais (temperatura da superfície da água, precipitação diária e índice de vegetação por diferença normalizada — NDVI, obtidos via Google Earth Engine a partir dos produtos MODIS Terra, CHIRPS e Sentinel-2) e da área de amostragem sobre a variação morfométrica. A matriz resposta foi composta pelas sete variáveis morfométricas padronizadas (z-score); a matriz explicativa incluiu as variáveis ambientais contínuas e a área de amostragem como fator categórico. O modelo foi ajustado com a função *rda()* do pacote *vegan* do R, e a significância dos termos foi testada por permutação (999 permutações). A partição de variância foi realizada com a função *varpart()*, permitindo estimar os efeitos puros do ambiente, da área de amostragem e a fração compartilhada entre ambos. Cada indivíduo amostrado foi considerado a unidade estatística independente.

A Análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA) (Anderson, 2001), método não paramétrico que testa diferenças entre grupos com base em distâncias multivariadas por meio de permutações, sem pressupor distribuição normal multivariada, foi aplicada sobre a matriz de distâncias euclidianas das variáveis morfométricas padronizadas, com a área de amostragem como fator, utilizando a função *adonis2()* do pacote *vegan* do R (999 permutações), a homogeneidade de dispersão multivariada entre as áreas foi testada por meio das funções *betadisper()* e *permutest()* (999 permutações), de modo a verificar se eventuais diferenças na

PERMANOVA refletem separação de centroides e/ou heterogeneidade de dispersão dentro dos grupos.

Foi adotado nível de significância $\alpha = 0,05$ para todos os testes estatísticos (Zar, 2010) e todas as análises foram realizadas no software R (versão 4.3.3).

3.5 Estimativa indireta dos parâmetros de crescimento (ELEFAN)

O comprimento assintótico L_{∞} e coeficiente de crescimento K da pescada-branca no reservatório de Tucuruí foram estimados de forma indireta, por meio de Análise Eletrônica de Frequência de Comprimentos (ELEFAN), a partir dos dados de comprimento total e data de amostragem coletados neste estudo. Os dados foram agrupados em uma única distribuição de frequência de comprimento para todo o reservatório, sem distinção de área ou sexo, com amplitude de classe de 1 cm, utilizando a função `lfqCreate` do pacote `TropFishR` (Mildenberger; Taylor; Wolff, 2017) no software R. O ajuste do modelo de von Bertalanffy foi realizado por meio da rotina `ELEFAN_GA` (algoritmo genético), com limites de busca definidos a partir do comprimento máximo observado, seguindo Taylor e Mildenberger (2017). A idade teórica em comprimento zero (t_0) foi estimada pela equação empírica de Pauly (1980), e o índice de desempenho de crescimento (ϕ') foi calculado para permitir a comparação com valores publicados para a espécie em outras regiões do Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; SANTOS, N. C. L.; ORTEGA, J. C. G.; PELICICE, F. M. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: colonization patterns, impacts and management. **Fisheries Research**, v. 173, p. 26-36, 2016.
- AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 4 (suppl.), p. 1119-1132, 2008.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.
- ARAÚJO, O. R. A.; ROCHA, G. de M. Unidades de Conservação em Tucuruí/PA como instrumento de Gestão Territorial. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Anppas, 2008.
- BARBOSA, N. D.; ROCHA, R. M.; LUCENA FRÉDOU, F. The reproductive biology of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) in the Pará River estuary (Amazon Estuary). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, n. 5, p. 800-805, 2012.
- BENNEMANN, S. T.; CAPRA, L. G.; GALVES, W.; SHIBATTA, O. A. Dinâmica trófica de *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes, Sciaenidae) em trechos de influência da represa Capivara (rios Paranapanema e Tibagi). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 96, n. 1, p. 115-119, 2006.
- BEVERTON, R. J. H.; HOLT, S. J. **On the dynamics of exploited fish populations**. London: Chapman & Hall, 1993. 538 p.
- BRAMBILLA, E. M.; GARCIA-AYALA, J. R.; TRAVASSOS, F. A.; CARVALHO, E. D.; DAVID, G. S. Length-weight relationships of the main commercial fish species of Tucuruí reservoir (Tocantins/Araguaia basin, Brazil). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, p. 665-670, 2015.
- CAMPANA, S. E. How reliable are growth back-calculations based on otoliths? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 47, p. 2219-2227, 1990.
- CERDEIRA, R. G. P.; ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L. Captura de pescado nas comunidades ribeirinhas do Lago Grande de Monte Alegre-PA, Brasil. In: IBAMA (ed.). **Recursos pesqueiros do médio Amazonas: biologia e estatística pesqueira**. Brasília: Ibama, 1997. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 22). p. 281-316.
- COSTA, Igor David; ANGELINI, Ronaldo. Gut content analysis confirms the feeding plasticity of a generalist fish species in a tropical river. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. e21, 2020.
- CHAO, L. N. **A basis for classifying western Atlantic Sciaenidae (Teleostei: Perciformes)**. Washington: NOAA Technical Report NMFS Circular 415, 1978. 64 p.
- CHEN, Xinjun; LIU, Bilin; FANG, Zhou. **Age and growth of fish**. In: *Biology of fishery resources*. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 71-111.

CUNICO, A. M.; AGOSTINHO, A. A. Morphological patterns of fishes and their relationships with reservoir hydrodynamics. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 125-134, 2006.

ELETRONORTE. **Livro sobre o meio ambiente na Usina Hidrelétrica de Tucuruí**. Brasília: Eletronorte, 1987.

ELETRONORTE. **Plano de utilização do reservatório**: a pesca nas áreas de influência local e de jusante - caracterização preliminar (TUC 10-26443-RE). Brasília: Eletronorte, 1989. (Relatório).

FAIRBAIRN, D. J. Allometry for sexual size dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 659-687, 1997.

FISCH, G. F.; JANUÁRIO, M.; SENNA, R. C. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 49-60, 1990.

FONTELES-FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

FONTELES-FILHO, A. A. **Recursos pesqueiros**: biologia e dinâmica populacional. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1989.

GOULDING, M. **The fishes and the forest**: explorations in Amazonian natural history. Berkeley: University of California Press, 1980. 280 p.

LACKMANN, Alec R. *et al.* Otolith allometry informs age and growth of long-lived Quillback *Carpoides cyprinus*. **Environmental Biology of Fishes**, v. 105, n. 8, p. 1051-1064, 2022.

LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, v. 20, n. 2, p. 201-219, 1951.

MATSUMOTO, Anderson Arimura *et al.* Fisheries biology of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) in a neotropical reservoir in southeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 52, p. e971, 2026.

MÉRONA, B.; JURAS, A. A.; SANTOS, G. M.; CINTRA, I. H. A. **Os peixes e a pesca no baixo Rio Tocantins**: vinte anos depois da UHE Tucuruí. Brasília: Eletronorte, 2010.

MILDENBERGER, T. K.; TAYLOR, M. H.; WOLFF, M. TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 1520-1527, 2017.

MPA. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura Brasil 2011**. Versão preliminar. Brasília: MPA, 2013.

PARÁ. **Lei nº 6.451, de 8 de abril de 2002**. Cria a Área de Proteção Ambiental do Lago de Tucuruí. Pará, 2002. Disponível em: <https://ideflorbio.pa.gov.br/area-de-protecao-ambiental-do-lago-de-tucuruí/>. Acesso em: 24 jul. 2026.

PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. **Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 39, p. 175-192, 1980.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS JR., C. J. (Eds.). **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 742 p.

SILVA, E. L. **Utilização de técnicas multivariada no estudo morfométrico da albacora laje (*Thunnus albacares*) do Atlântico**. 2000. 56 f. Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

SOARES, M. G. M.; COSTA, E. L.; SOUZA, F. K. S.; ANJOS, H. D. B.; YAMAMOTO, K. C.; FREITAS, C. E. C. **Peixes de lagos do médio Rio Solimões**. Manaus: Instituto Piatam, 2008.

TAYLOR, M. H.; MILDENBERGER, T. K. Extending electronic length frequency analysis in R. **Fisheries Management and Ecology**, v. 24, p. 330-338, 2017.

VAZZOLER, A. E. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: SBI/EDUEM, 1996.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall/Pearson, 2010. 944 p.

CAPÍTULO 1

Este capítulo corresponde ao manuscrito intitulado “Variação morfométrica da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* em gradientes espaciais e ambientais em um reservatório tropical” e está padronizado de acordo com as normas da revista “Journal of Applied Ichthyology” ISSN 1439-0426, onde foi submetida.

Varição morfométrica da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* em gradientes espaciais e ambientais em um reservatório tropical

Marcilene Priscila Moraes Ribeiro^{1,2} (<https://orcid.org/0009-0002-6093-9020>), Rosália Furtado Cutrim Souza² (<https://orcid.org/0000-0002-2843-7760>), Lucas Garcia Martins² (<https://orcid.org/0000-0001-9886-1391>), Anderson José Aleixo de Moraes² (<https://orcid.org/0009-0008-2229-5723>), Ygor Yuri Pereira da Silva² (<https://orcid.org/0009-0003-1658-3079>), Nuno Filipe Alves Correia de Melo¹ (<https://orcid.org/0000-0003-4163-4133>)

¹ Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, Belém, PA, 66077-830, Brasil

² Laboratório de Ictiologia e Dinâmica de Populações Pesqueiras, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, Belém, PA, 66077-830, Brasil

Autora correspondente: Marcilene Priscila Moraes Ribeiro, m.eng.pesca23@gmail.com

Título corrente: Morfometria de Peixes de Reservatório

Tipo de artigo: Artigo Original

Nota: versão em português, de uso interno, traduzida do manuscrito original em inglês preparado segundo as normas da Journal of Applied Ichthyology.

Resumo

A morfometria de peixes é amplamente utilizada para avaliar como gradientes ambientais influenciam a estrutura populacional e os padrões de crescimento em populações de peixes. Este estudo avaliou a variação morfométrica da pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus*, em gradientes espaciais e ambientais em um reservatório tropical no rio Tocantins, Brasil. Um total de 353 indivíduos foi amostrado em três setores do reservatório com condições ambientais contrastantes, e foram aplicadas relações morfométricas lineares, relação peso-comprimento, análise de componentes principais, análise de redundância e análise multivariada de variância permutacional. Todas as relações morfométricas lineares foram positivas e significativas, indicando crescimento proporcional entre as estruturas corporais. A relação peso-comprimento revelou crescimento predominantemente isométrico, com alometria positiva significativa detectada em machos e fêmeas do setor protegido. Não foram observadas diferenças significativas nos coeficientes angulares alométricos entre os sexos. A análise de componentes principais indicou forte estruturação espacial associada principalmente ao tamanho corporal, com indivíduos maiores no setor próximo ao município, indivíduos menores no setor protegido e tamanhos intermediários a montante. A análise de redundância mostrou que fatores ambientais e espaciais, em conjunto, explicaram aproximadamente um terço da variação morfométrica total, com contribuições independentes significativas tanto do ambiente quanto do setor de amostragem. A análise permutacional de variância confirmou diferenças morfométricas significativas entre os setores, embora o resultado deva ser interpretado com certa cautela devido à heterogeneidade de dispersão dentro dos grupos. Esses achados indicam que a heterogeneidade espacial e ambiental molda a organização morfométrica dessa espécie em reservatórios tropicais, com implicações práticas para o monitoramento e manejo pesqueiro espacialmente diferenciado.

Palavras-chave: Crescimento alométrico; Bacia amazônica; Manejo pesqueiro; Relação peso-comprimento; Sciaenidae

1 Introdução

Medidas corporais e índices como a relação peso-comprimento são amplamente utilizados em estudos com peixes para descrever crescimento, condição corporal e diferenças entre populações [1]. Esses descritores permitem quantificar a variação de forma e tamanho em resposta a gradientes ambientais e impactos antrópicos, constituindo a base para métodos morfométricos e análises multivariadas [2]. A morfometria é amplamente aplicada na caracterização de estoques e na identificação de grupos populacionais distintos [3,4].

Estudos de plasticidade do desenvolvimento demonstram que condições ambientais experimentadas ao longo da ontogenia podem produzir fenótipos distintos e ampliar o morfoespaço de uma espécie [5], ilustrando como fatores ambientais podem, de modo geral, influenciar a morfologia de peixes ao longo do ciclo de vida. A relação peso-comprimento é uma ferramenta fundamental para estimar o peso a partir de dados de comprimento, avaliar a condição corporal e comparar padrões de crescimento entre populações e habitats [1,6,7].

A pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), pertence à família Sciaenidae [8] e apresenta ampla distribuição em bacias hidrográficas e reservatórios brasileiros onde foi introduzida [9,10]. A espécie está entre os principais recursos pesqueiros dos reservatórios do rio Tocantins, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e a renda das comunidades ribeirinhas [11,12]. A formação de reservatórios e o aumento da pressão pesqueira têm promovido alterações ambientais que podem afetar a estrutura populacional e a morfologia da espécie [12,13].

Diante da relevância ecológica e socioeconômica dessa espécie, este estudo avaliou a variação morfométrica da pescada-branca entre setores do reservatório de Tucuruí. Testou-se a hipótese de que os estratos amostrados diferem quanto ao tamanho corporal e às relações morfométricas, avaliando-se também sua associação com a heterogeneidade ambiental

registrada durante as campanhas, de modo a fornecer subsídios sobre a estrutura populacional e apoiar estratégias de manejo em sistemas represados.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no rio Tocantins, localizado dentro do mosaico de áreas protegidas do Lago de Tucuruí (Lei Estadual nº 6.451/2002). O reservatório possui área alagada de 2.830 km², profundidade média de 17,5 m e volume estimado de 45,8 bilhões de m³ [13]. A área apresenta clima tropical quente e úmido, com temperaturas médias anuais entre 25 °C e 29 °C, e duas estações bem definidas: chuvosa (dezembro–maio) e seca (junho–novembro) [14].

2.2 Desenho amostral e coleta de dados

Cinco campanhas de amostragem foram realizadas entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019 nos pesqueiros Água Fria, Caraipé, Mureré, Cajazeiro Grande, Birica e Base 1. As campanhas foram agrupadas em três setores do reservatório: Área 1 (campanhas 1 e 2), próxima ao município de Tucuruí, com maior influência antrópica; Área 2 (campanha 3), em área protegida; e Área 3 (campanhas 4 e 5), em trechos a montante. Os peixes foram capturados com oito redes de espera monofilamento (40 m; malhas de 4, 5, 7, 8, 9, 10, 14 e 17 cm entre nós opostos) e duas redes multifilamento (40 m; malhas de 10 e 12 cm), permanecendo submersas por 24 h e inspecionadas a cada quatro horas.

2.3 Medidas morfométricas

O sexo foi registrado e as seguintes variáveis morfométricas foram medidas: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura do corpo (AC), comprimento do focinho (CF), diâmetro do olho (DO) e comprimento da cabeça (CC) (Figura S1, Informação Suplementar Eletrônica). O peso total (W) foi medido com precisão de 0,01 g.

Dois registros com valores biologicamente implausíveis e um registro com variáveis morfométricas próximas de zero foram identificados como valores extremos (*outliers*) (resíduo > 3 desvios-padrão na regressão log-log por área) e excluídos, resultando em um conjunto final de 353 indivíduos (Área 1: n = 80; Área 2: n = 85; Área 3: n = 188). O estágio de maturação gonadal foi registrado segundo os critérios descritos por Vazzoler [15].

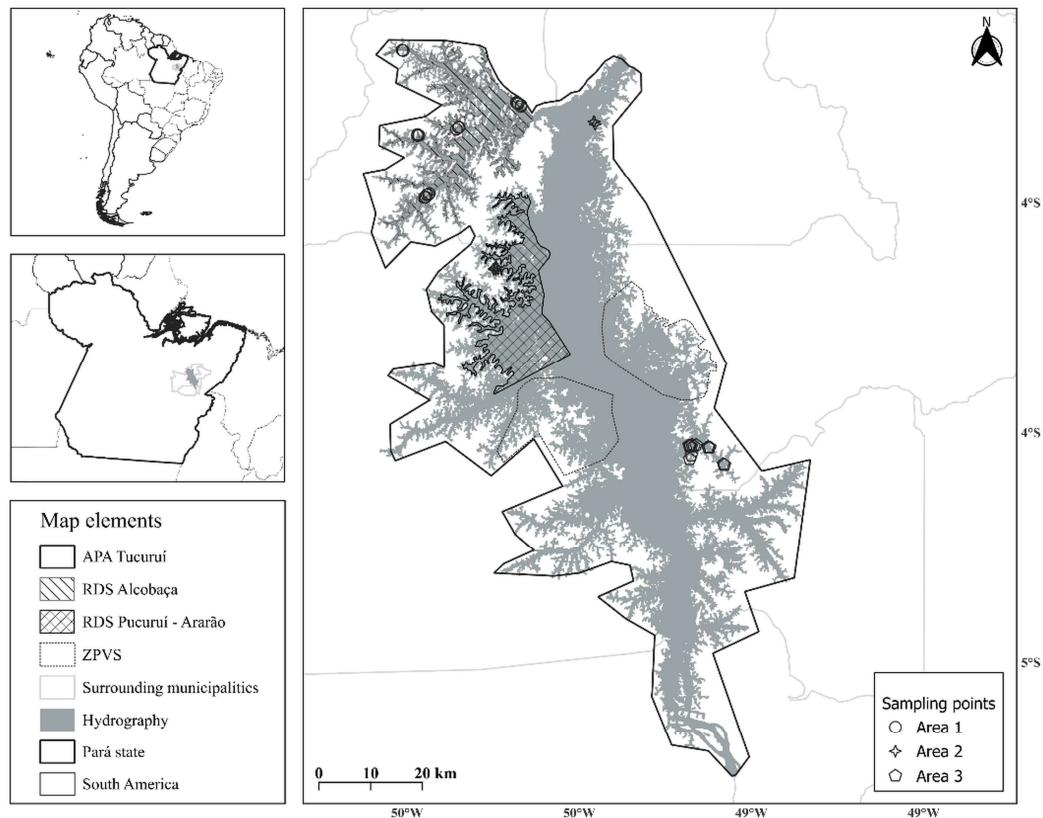


Figura 1. Distribuição espacial das campanhas de amostragem (Áreas 1, 2 e 3) no Lago de Tucuruí, rio Tocantins, Brasil.

2.4 Análise estatística

Normalidade e homogeneidade de variâncias foram avaliadas como verificações preliminares antes das análises inferenciais. As relações morfométricas lineares foram avaliadas por meio de regressões lineares simples no R versão 4.4.1, com CT como variável independente.

A relação peso-comprimento foi ajustada pelo modelo de potência $W = aL^b$, separadamente para machos, fêmeas e sexos agrupados por área, após log-transformação [1,6].

O padrão de crescimento foi classificado com base nos intervalos de confiança de 95% de b : alometria positiva (limite inferior $> 3,0$), isometria (intervalo inclui $3,0$) ou alometria negativa (limite superior $< 3,0$). Diferenças nos coeficientes alométricos entre sexos foram testadas por análise de covariância (ANCOVA), com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

A análise de componentes principais foi realizada sobre a matriz de correlação das variáveis morfométricas padronizadas; o número de componentes interpretáveis foi determinado pelo critério do broken-stick [16]. Variáveis ambientais — temperatura da superfície da água, precipitação diária e o índice de vegetação por diferença normalizada [17] — foram obtidas por meio do Google Earth Engine [18,19], utilizando MOD11A2 MODIS Terra (temperatura da superfície terrestre diurna), precipitação diária CHIRPS [20] e reflectância de superfície harmonizada do Sentinel-2. Dados hidrometeorológicos adicionais (temperatura do ar e umidade relativa) foram obtidos de uma estação meteorológica nacional localizada em Tucuruí. A análise de redundância, a partição de variância e a análise multivariada de variância permutacional foram conduzidas com o pacote *vegan* para R [21]. Adotou-se nível de significância de $\alpha = 0,05$ para todos os testes estatísticos.

3 Resultados

3.1 Relações morfométricas lineares

Um total de 353 indivíduos de pescada-branca foi analisado: Área 1 ($n = 80$; CT médio = $33,63 \pm 5,63$ cm; variação: 26,2–49,0 cm), Área 2 ($n = 85$; CT médio = $25,67 \pm 4,93$ cm; variação: 16,6–39,0 cm) e Área 3 ($n = 188$; CT médio = $30,02 \pm 3,07$ cm; variação: 23,7–42,9 cm). Todas as relações lineares foram positivas e significativas em todas as áreas ($p < 0,001$; Tabela 1; Figura 2). O CP apresentou o maior R^2 em todas as áreas (0,983, 0,991 e 0,925 nas Áreas 1, 2 e 3, respectivamente), com coeficientes angulares semelhantes ($b = 0,907, 0,871$ e $0,875$). A AC apresentou $R^2 = 0,906, 0,886$ e $0,649$; a CC, $R^2 = 0,887, 0,822$ e $0,721$; o DO e a CF apresentaram R^2 entre 0,802 e 0,869 nas Áreas 1 e 2, e entre 0,606 e 0,652 na Área 3.

Tabela 1. Parâmetros das relações morfométricas lineares entre CT e CP, CC, AC, DO e CF da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* por área de amostragem no reservatório de Tucuruí. a = intercepto; b = coeficiente angular; IC 95% = intervalo de confiança de b; R² = coeficiente de determinação. Todas as relações significativas a $p < 0,001$.

Área	Var.	n	a	b	IC 95% (b)	R ²	p
Área 1	CP	80	-2.748	0.907	[0.880; 0.934]	0.983	<0.001
	CC	80	-0.164	0.263	[0.242; 0.284]	0.887	<0.001
	AC	80	-1.045	0.269	[0.249; 0.288]	0.906	<0.001
	DO	80	0.362	0.042	[0.037; 0.046]	0.802	<0.001
	CF	80	-0.162	0.066	[0.060; 0.072]	0.869	<0.001
Área 2	CP	85	-1.510	0.871	[0.853; 0.888]	0.991	<0.001
	CC	85	0.547	0.239	[0.214; 0.263]	0.822	<0.001
	AC	85	-0.823	0.252	[0.232; 0.271]	0.886	<0.001
	DO	85	0.463	0.038	[0.034; 0.042]	0.807	<0.001
	CF	85	0.053	0.061	[0.054; 0.067]	0.811	<0.001
Área 3	CP	188	-1.621	0.875	[0.839; 0.911]	0.925	<0.001
	CC	188	0.817	0.224	[0.204; 0.245]	0.721	<0.001
	AC	188	-0.148	0.234	[0.209; 0.259]	0.649	<0.001
	DO	188	0.405	0.039	[0.035; 0.043]	0.652	<0.001
	CF	188	0.044	0.062	[0.054; 0.069]	0.606	<0.001

3.2 Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento revelou crescimento predominantemente isométrico na Área 1 e na Área 3, e alometria positiva significativa na Área 2, na Área 1 todos os grupos apresentaram crescimento isométrico: machos $b = 3,081$ (IC 95%: 2,880–3,282; $n = 43$; $R^2 = 0,959$), fêmeas $b = 3,083$ (IC 95%: 2,877–3,288; $n = 36$; $R^2 = 0,965$), sexos agrupados $b = 3,086$ (IC 95%: 2,943–3,229; $n = 79$; $R^2 = 0,960$). Na Área 2, tanto machos quanto fêmeas apresentaram alometria positiva significativa, sendo o único setor em que o IC 95% de b não incluiu 3,0 em nenhum dos grupos: machos $b = 3,316$ (IC 95%: 3,073–3,559; $n = 29$; $R^2 = 0,967$), fêmeas $b = 3,221$ (IC 95%: 3,071–3,370; $n = 49$; $R^2 = 0,976$), sexos agrupados $b = 3,273$ (IC 95%: 3,150–3,395; $n = 82$; $R^2 = 0,973$).

A ANCOVA não indicou diferença significativa entre os coeficientes angulares entre os sexos ($p > 0,05$), na Área 3, todos os grupos foram isométricos: machos $b = 3,008$ (IC 95%: 2,756–3,261; $n = 69$; $R^2 = 0,894$), fêmeas $b = 2,933$ (IC 95%: 2,724–3,142; $n = 115$; $R^2 = 0,872$), sexos agrupados $b = 2,970$ (IC 95%: 2,810–3,131; $n = 185$; $R^2 = 0,879$) (Tabela 2; Figura 2).

A análise de covariância não revelou diferenças significativas nos coeficientes alométricos entre machos e fêmeas em nenhuma área (Área 1: $F = 0,000$, $gl = 1,75$, $p = 0,993$; Área 2: $F = 0,456$, $gl = 1,74$, $p = 0,502$; Área 3: $F = 0,207$, $gl = 1,180$, $p = 0,650$) (Figura 3).

Tabela 2. Parâmetros da relação peso-comprimento ($W = aL^b$) da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* por área de amostragem e sexo no reservatório de Tucuruí. a = coeficiente de normalização; b = expoente alométrico; IC 95% = intervalo de confiança de b ; R^2 = coeficiente de determinação. A análise de covariância testa a homogeneidade dos coeficientes alométricos entre machos e fêmeas dentro de cada área (ns = não significativo, $p > 0,05$). Nas Áreas 2 e 3, o total de indivíduos (n) é superior à soma de Machos e Fêmeas porque inclui, respectivamente, 4 e 1 indivíduos de sexo não determinado, considerados apenas na análise de sexos agrupados.

Área	Sexo	n	a	b	IC 95% (b)	R^2	ANCOVA
Area 1	Machos	43	0.009071	3.081	[2.880; 3.282]	0.959	F=0.000; gl=1,75; p=0.993
	Fêmeas	36	0.009485	3.083	[2.877; 3.288]	0.965	
	Total	79	0.009120	3.086	[2.943; 3.229]	0.960	
Area 2	Machos	29	0.003800	3.316	[3.073; 3.559]	0.967	F=0.456; gl=1,74; p=0.502
	Fêmeas	49	0.004911	3.221	[3.071; 3.370]	0.976	
	Total	82	0.004233	3.273	[3.150; 3.395]	0.973	
Area 3	Machos	69	0.011293	3.008	[2.756; 3.261]	0.894	F=0.207; gl=1,180; p=0.650
	Fêmeas	115	0.014959	2.933	[2.724; 3.142]	0.872	
	Total	185	0.013032	2.970	[2.810; 3.131]	0.879	

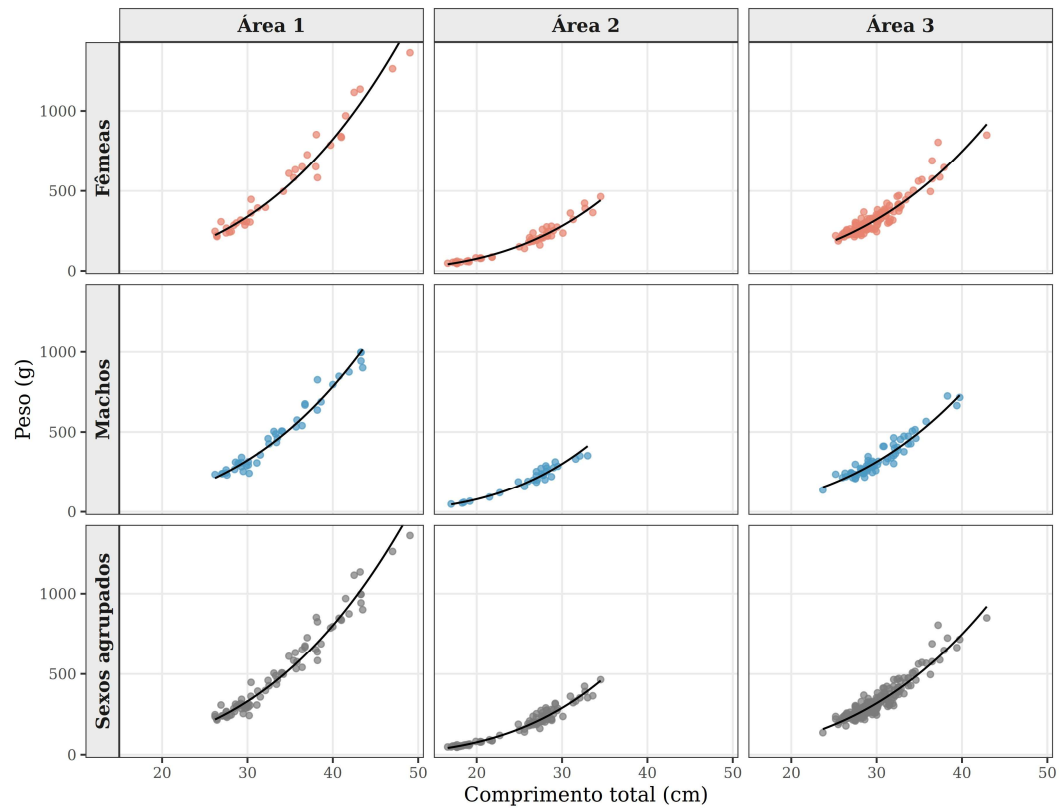


Figura 2. Relação peso-comprimento ($W = aL^b$) da pescada-branca por área de amostragem (colunas) e sexo (linhas: fêmeas, machos e sexos agrupados). Curvas de potência ajustadas; estimativas dos parâmetros (a, b), intervalos de confiança de 95% de b e R^2 são apresentados na Tabela 2.

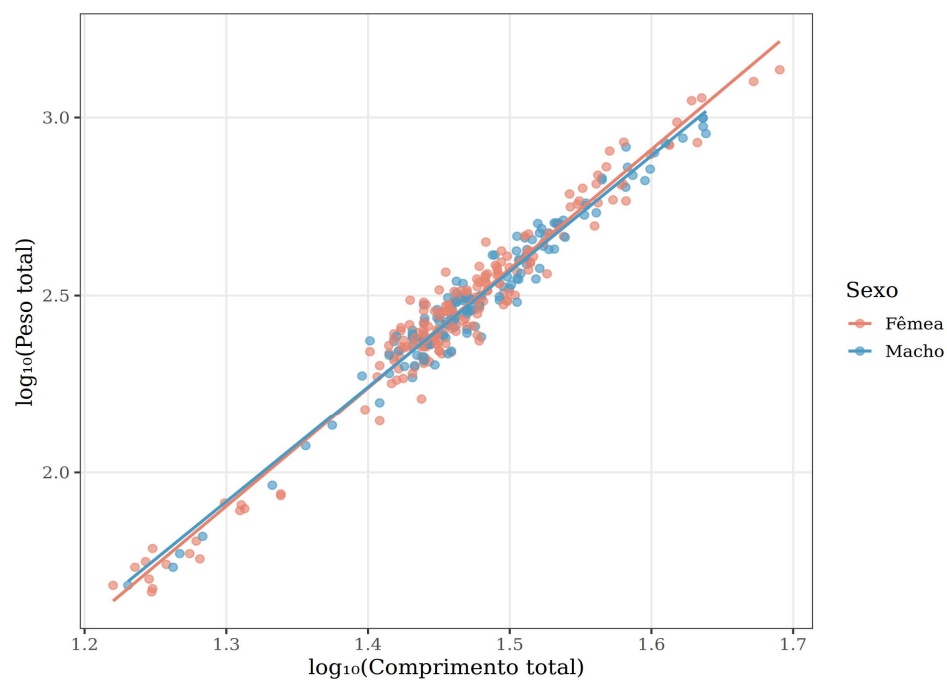


Figura 3. Relação peso-comprimento (escala $\log_{10}$) da pescada-branca para fêmeas e machos no reservatório de Tucuruí, com todas as áreas agrupadas. A análise de covariância indicou ausência de diferença significativa nos coeficientes alométricos entre sexos em qualquer área ($p > 0,05$).

3.3 Distribuição espacial por tamanho

A análise de componentes principais resumiu 91,7% da variância total no PC1 (autovalor = 6,416 > broken-stick = 2,593; Tabela S1, Informação Suplementar Eletrônica), representando um gradiente geral de tamanho corporal. A Área 1 ocupou escores mais altos de PC1 (indivíduos maiores), a Área 2 escores mais baixos (menores), e a Área 3 um padrão intermediário (Figura 4).

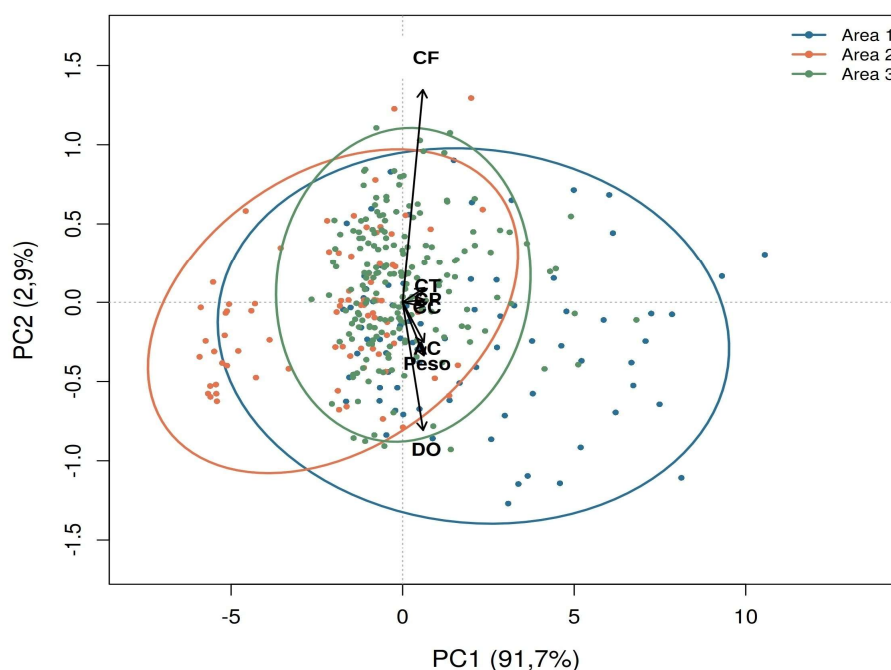


Figura 4. Biplot da análise de componentes principais da morfometria da pescada-branca com elipses de confiança de 95% por área de amostragem. O PC1 (91,7%) representa um gradiente geral de tamanho corporal. Os vetores indicam a direção e a magnitude das variáveis morfométricas (CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; CC = comprimento da

cabeça; AC = altura do corpo; DO = diâmetro do olho; CF = comprimento do focinho; W = peso corporal).

3.4 Análises morfométricas multivariadas

O modelo global de análise de redundância foi significativo ($R^2_{adj} = 0,311$; $p = 0,001$), explicando 31,1% da variação morfométrica total. A partição de variância revelou efeitos puros significativos do ambiente ($R^2_{adj} = 0,058$; $p = 0,001$) e da área de amostragem ($R^2_{adj} = 0,084$; $p = 0,001$). A fração compartilhada entre os componentes ambiental e espacial correspondeu a 16,9% da variação total ($R^2_{adj} = 0,169$), indicando que uma parcela substancial da variação ambiental está espacialmente estruturada dentro do reservatório (Tabela 3; Figura 5). A análise multivariada de variância permutacional (PERMANOVA; distância euclidiana, 999 permutações, função adonis2) indicou diferenças morfométricas significativas entre as áreas de amostragem (pseudo-F = 67,81; $R^2 = 0,283$; $p = 0,001$); contudo, o teste de homogeneidade de dispersão multivariada (betadisper/permutest) revelou heterogeneidade significativa de dispersões entre as áreas ($F = 28,37$; $p = 0,001$), sugerindo que essas diferenças podem refletir tanto a separação de centroides quanto a variação na dispersão dentro dos grupos, devendo ser interpretadas com cautela.

Tabela 3. Partição de variância da morfometria da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* por análise de redundância. Os efeitos puros — fração da variação associada exclusivamente a cada preditor, controlando o outro — do ambiente e da área de amostragem são estatisticamente significativos ($p = 0,001$). A fração compartilhada representa a variação atribuível conjuntamente aos componentes ambiental e espacial, indicando estruturação espacial da heterogeneidade ambiental dentro do reservatório.

Componente da variação	R ² adj	Variância (%)	valor-p
Fração ambiental pura	0.058	5.80	0.001
Área de amostragem (efeito puro)	0.084	8.40	0.001
Fração compartilhada (ambiente × área)	0.169	16.90	—
Total explicado	0.311	31.10	0.001
Resíduo	0.689	68.90	—

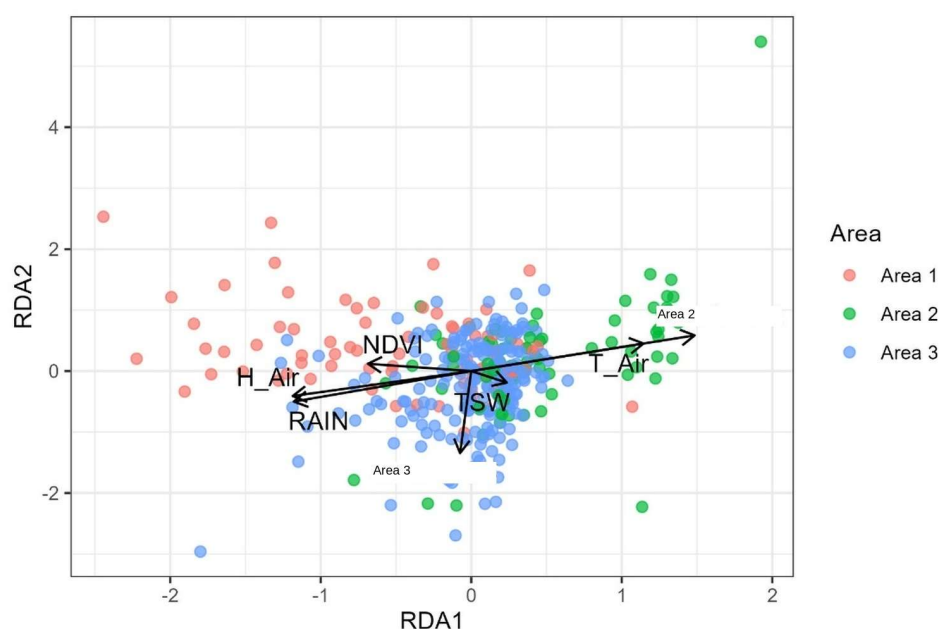


Figura 5. Biplot da análise de redundância mostrando a relação entre a variação morfométrica da pescada-branca, as áreas de amostragem e as variáveis ambientais (TSW = temperatura da superfície da água; T_Air = temperatura do ar; H_Air = umidade relativa; RAIN = precipitação diária; NDVI = índice de vegetação por diferença normalizada).

4 Discussão

As fortes associações lineares entre as medidas morfométricas da pescada-branca nos três setores do reservatório indicam crescimento corporal proporcional, de acordo com estudos anteriores em ambientes represados [22]. A consistência dos coeficientes angulares de CP entre

as áreas sugere que a relação CT–CP é um descritor alométrico estável nessa espécie, independentemente do contexto ambiental.

A análise da relação peso-comprimento revelou um padrão alométrico espacialmente heterogêneo, com crescimento predominantemente isométrico nas Áreas 1 e 3, e alometria positiva significativa em machos e fêmeas da Área 2 (machos: $b = 3,316$; IC 95%: 3,073–3,559; fêmeas: $b = 3,221$; IC 95%: 3,071–3,370).

A alometria positiva observada na Área 2 indica aumento proporcionalmente maior da massa corporal em relação ao comprimento no intervalo amostrado, esse padrão pode estar relacionado a diferenças na condição corporal, estágio reprodutivo, disponibilidade alimentar, composição etária ou características ambientais, como essas variáveis não foram simultaneamente controladas, os mecanismos responsáveis pela diferença observada permanecem indeterminados.

A ausência de diferenças significativas entre sexos nos coeficientes alométricos é consistente com resultados relatados para outras populações de cienídeos e para a pescada-branca na bacia amazônica [6,23], sugerindo alocação semelhante de energia para o crescimento somático entre os sexos dentro de cada setor.

A variação espacial no tamanho corporal — indivíduos maiores na Área 1, menores na Área 2 e intermediários na Área 3 — indica um padrão de segregação por tamanho corporal potencialmente associado a gradientes ambientais dentro do reservatório [22], com implicações para a caracterização da estrutura populacional da espécie na região amazônica [25]. A maior frequência de indivíduos de menor comprimento na Área 2 é compatível com maior representação de classes jovens; entretanto, sua caracterização como área de recrutamento requer confirmação por idade, maturidade e amostragem temporalmente replicada.

Os resultados da análise de redundância indicam que fatores espaciais e ambientais explicam, em conjunto, 31,1% da variação morfométrica total. A fração compartilhada

substancial (16,9%) indica que as diferenças ambientais entre os setores estão espacialmente estruturadas, de acordo com o gradiente ambiental longitudinal tipicamente observado em sistemas de reservatório [24]. A variação residual não explicada provavelmente reflete variação individual em idade, dieta, estágio reprodutivo e características de microhabitat não capturadas pelas variáveis de sensoriamento remoto utilizadas [5,7].

Os padrões observados são compatíveis com a hipótese de plasticidade fenotípica na pescada-branca, espécie frequentemente descrita como bem-sucedida em ambientes alterados. Contudo, a demonstração direta de plasticidade requer abordagens experimentais que integrem histórico de vida, idade e dados limnológicos locais [5].

As diferenças morfométricas aqui atribuídas à Área devem, ser interpretadas com cautela, pois podem refletir, em parte, variação sazonal na condição dos peixes, e não apenas gradientes puramente espaciais dentro do reservatório.

5 Conclusões

Os indivíduos de *Plagioscion squamosissimus* apresentaram diferenças morfométricas entre os estratos amostrados no reservatório de Tucuruí, dominadas principalmente por um gradiente de tamanho corporal. A relação peso–comprimento foi predominantemente isométrica, com alometria positiva detectada em machos e fêmeas da Área 2.

Variáveis ambientais e o setor de amostragem estiveram associados a parte da variabilidade morfométrica; contudo, como os setores foram amostrados em diferentes períodos do ciclo hidrológico, os componentes espacial e temporal não puderam ser dissociados. Os padrões observados devem, portanto, ser interpretados como associações espaço-temporais, cuja confirmação requer desenho amostral com replicação simultânea entre setores.

6 Informação suplementar eletrônica

A Figura Suplementar S1 (representação esquemática das medidas morfométricas) e a Tabela Suplementar S1 (cargas fatoriais da análise de componentes principais) são fornecidas

como Informação Suplementar Eletrônica, anexadas como arquivo separado no momento da submissão do manuscrito.

7 Contribuições dos autores

Os autores confirmam a contribuição para este artigo da seguinte forma: concepção e planejamento do estudo: Ribeiro MPM, Melo NFAC; coleta de dados: Souza RFC, Moraes AJA, Silva YYP; análise e interpretação dos resultados: Martins LG, Ribeiro MPM; preparação do manuscrito: Ribeiro MPM, Melo NFAC. Todos os autores revisaram os resultados e aprovaram a versão final do manuscrito.

8 Agradecimentos

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida (Código de Financiamento 001). Os autores agradecem também que a amostragem de campo e a aquisição de dados foram conduzidas no âmbito do projeto “Plano de Gestão do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí/Pará”, financiado pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio) e pela Greentec Tecnologia Ambiental. Os autores agradecem a todos os membros da equipe de campo e colaboradores envolvidos na coleta e no processamento das amostras.

9 Declaração ética

A amostragem de campo foi realizada sob a autorização nº 005/2017, emitida em 7 de dezembro de 2017 e válida de dezembro de 2017 a Janeiro de 2019 pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio), no âmbito do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí. Todos os procedimentos envolvendo espécimes de peixes seguiram os padrões éticos aplicáveis ao uso de animais em pesquisa e a legislação nacional vigente.

9.1 Declaração sobre o uso de inteligência artificial

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram Claude (Anthropic; versão/data de uso: 2026) para auxílio na edição de linguagem e na tradução entre português e inglês. Os autores revisaram e editaram todo o conteúdo produzido com o auxílio dessa ferramenta, verificaram sua exatidão e assumem total responsabilidade pela integridade e originalidade do manuscrito final. Este trabalho representa a contribuição intelectual própria dos autores, e nenhuma ferramenta de IA é creditada como autora.

10 Financiamento

Esta pesquisa foi apoiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio de bolsa de mestrado concedida à primeira autora (Código de Financiamento 001). A amostragem de campo e a aquisição de dados foram financiadas pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio) e pela Greentec Tecnologia Ambiental, no âmbito do projeto “Plano de Gestão do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí/Pará”.

11 Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse financeiros ou não financeiros relevantes relacionados ao conteúdo deste artigo.

12 Disponibilidade de dados

Os conjuntos de dados gerados e analisados durante o presente estudo estão disponíveis com a autora correspondente, mediante solicitação razoável.

13 Referências

As referências a seguir são mantidas no idioma original de publicação, conforme convenção acadêmica padrão.

- [1] Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241–53.
- [2] Viana AP, Fredou T, Lucena F. 2006. Aplicações de técnicas morfométricas no estudo da morfometria de pescada branca, *Plagioscion squamosissimus*, Heckel (1940), Perciformes, Sciaenidae, desembarcada na Ilha de Mosqueiro-PA [Applications of morphometric techniques in the study of the morphometry of the silver croaker, *Plagioscion squamosissimus*, Heckel (1940), Perciformes, Sciaenidae, landed on Mosqueiro Island, PA]. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia* 19:1–12.
- [3] Strauss RE. 1985. Evolutionary allometry and variation in body form among the South American catfish genus *Corydoras*. *Systematic Zoology* 34:381–96.
- [4] Fonteles-Filho AA. 1989. Recursos pesqueiros: biologia e dinâmica populacional. Imprensa Oficial do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- [5] Lofeu L, Anelli V, Straker LC, Kohlsdorf T. 2021. Developmental plasticity reveals hidden fish phenotypes and enables morphospace diversification. *Evolution* 75:1170–88.
- [6] Lubich CCF, Aguiar-Santos J, Freitas CEC, Siqueira-Souza FK. 2021. Length–weight relationship of 16 fish species from the Negro River basin (Amazonas state, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology* 37:342–46. DOI: 10.1111/jai.14112.
- [7] Gubiani ÉA, Ribas LGS, Maciel AL, Cantanhêde G, Meier LT, *et al.* 2025. Length–weight and length–length relationships of freshwater fish species caught by professional fishermen in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 2025:6631571. DOI: 10.1155/jai/6631571.
- [8] Casatti L. 2005. Revision of the South American freshwater genus *Plagioscion* (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae). *Zootaxa* 1080:39–64.

- [9] Sato Y, Godinho HP. 1999. Peixes da bacia do rio São Francisco. In *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*, ed. Lowe-McConnell RH. EDUSP, São Paulo, Brasil. pp. 401–13.
- [10] Agostinho AA, Gomes LC, Santos NCL, Ortega JCG, Pelicice FM. 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research* 173:26–36.
- [11] Mérona B, Juras AA, Santos GM, Cintra IH. 2010. Os peixes e a pesca no baixo rio Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí. Eletronorte, Brasília, Brazil.
- [12] Mendonça HS, Silva-Camacho DS, Pinto SM, Araújo FG. 2015. Length–weight relationships of 14 fish species from a lowland tropical reservoir in southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 31:970–72.
- [13] Eletronorte. 1989. Plano de utilização do reservatório: a pesca nas áreas de influência local e de jusante. Eletronorte, Brasília, Brazil.
- [14] Fisch GF, Januário ME, Senna RC. 1990. Impacto ecológico em Tucuruí (PA): climatologia. *Acta Amazonica* 20:49–60.
- [15] Vazzoler AEM. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. SBI/EDUEM, Maringá, PR, Brasil.
- [16] Legendre P, Legendre L. 2012. *Numerical Ecology*, 3rd edn. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- [17] Rouse JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third ERTS Symposium*, Vol 1. NASA, Washington DC, USA. pp. 309–17.

- [18] Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, *et al.* 2017. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment* 202:18–27.
- [19] Aybar C, Wu Q, Bautista L, Yali R, Barja A. 2020. rgee: an R package for interacting with Google Earth Engine. *Journal of Open Source Software* 5:2272.
- [20] Funk C, Peterson P, Landsfeld M, Pedreros D, Verdin J, *et al.* 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations – a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data* 2:150066.
- [21] Oksanen J, Simpson GL, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, *et al.* 2026. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.7-5.
- [22] Ferreira Filho VP, Guerra TP, Lima MCS, Teixeira DFF, Costa RR, *et al.* 2014. Ecomorphological patterns associated with the diet of *Plagioscion squamosissimus* in a permanent reservoir of northeastern Brazil. *Iheringia Série Zoologia* 104:134–42.
- [23] Lima EMM, Sousa KNS, Santos PRB, Ferreira LAR, Rodrigues AF, Pantoja AS. 2017. Length–weight relationship and condition factor of *Plagioscion squamosissimus* marketed in Santarém, Pará, Brazil. *Biota Amazônia* 7:44–48. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v7n2p44-48.
- [24] Cunico AM, Agostinho AA. 2006. Morphological patterns of fishes and their relationships with reservoir hydrodynamics. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49:125–34.
- [25] Mesquita EMC, Cruz RÉA, Hallwass G, Isaac VJ. 2019. Parâmetros pesqueiros e dinâmica populacional da pescada-branca no rio Xingu, Pará, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 45(2):423. DOI: 10.20950/1678-2305.2019.45.2.423.

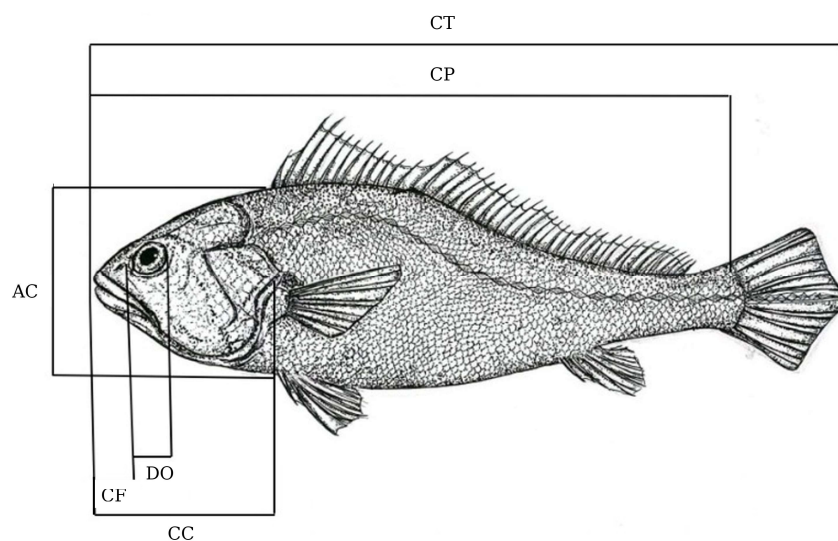
Informação Suplementar Eletrônica

Figura S1. Medidas morfométricas registradas para a pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus*: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura do corpo (AC), comprimento da cabeça (CC), comprimento do focinho (CF) e diâmetro do olho (DO).

Tabela S1. Cargas fatoriais da análise de componentes principais, comunalidades (h^2), autovalores, valores esperados pelo critério broken-stick e variância explicada para os dois primeiros componentes principais, com base nas variáveis morfométricas padronizadas da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* ($n = 353$). Apenas o PC1 excedeu o limiar do broken-stick ($\lambda_1 = 6,416 > 2,593$), explicando 91,7% da variância total. CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; CC = comprimento da cabeça; AC = altura do corpo; DO = diâmetro do olho; CF = comprimento do focinho; W = peso corporal.

Variável	Carga PC1	h^2	Carga PC2	h^2
CT	0.389	0.151	0.056	0.003
CP	0.390	0.152	0.010	0.000
CC	0.377	0.142	-0.016	0.000
AC	0.380	0.144	-0.155	0.024
DO	0.367	0.134	-0.496	0.246
CF	0.362	0.131	0.827	0.684
W	0.381	0.145	-0.207	0.043
Autovalor	6.416	—	0.200	—
Esperado (broken-stick)	2.593	—	1.593	—
Variância explicada (%)	91.7	—	2.9	—
Variância acumulada (%)	91.7	—	94.5	—

CAPÍTULO 2

Este capítulo corresponde ao manuscrito intitulado “Estimativa indireta do crescimento da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* em um reservatório tropical por meio de análise de frequência de comprimentos” e está padronizado de acordo com as normas da revista “Journal of Applied Ichthyology” ISSN 1439-0426, onde foi submetida.

Estimativa indireta do crescimento da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* em um reservatório tropical por meio de análise de comprimentos

Marcilene Priscila Moraes Ribeiro^{1,2} (<https://orcid.org/0009-0002-6093-9020>), Rosália Furtado Cutrim Souza² (<https://orcid.org/0000-0002-2843-7760>), Anderson José Aleixo de Moraes² (<https://orcid.org/0009-0008-2229-5723>), Ygor Yuri Pereira da Silva² (<https://orcid.org/0009-0003-1658-3079>), Nuno Filipe Alves Correia de Melo¹ (<https://orcid.org/0000-0003-4163-4133>)

¹ Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, Belém, PA, 66077-830, Brasil

² Laboratório de Ictiologia e Dinâmica de Populações Pesqueiras, Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, Belém, PA, 66077-830, Brasil

Autora correspondente: Marcilene Priscila Moraes Ribeiro, m.eng.pesca23@gmail.com

Título corrente: Crescimento indireto da pescada-branca

Tipo de estudo: Estudo exploratório / preliminar

Nota: versão em português, de uso interno, traduzida do manuscrito original em inglês preparado segundo as normas da Journal of Applied Ichthyology.

Resumo

Este estudo exploratório aplicou a Análise Eletrônica de Frequência de Comprimentos (ELEFAN) para obter uma estimativa indireta preliminar dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy para a pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus*, no reservatório de Tucuruí, rio Tocantins, Brasil, onde a determinação direta da idade a partir de estruturas calcificadas não foi viável para a maioria dos indivíduos amostrados. Dados de frequência de comprimento de 355 indivíduos, coletados em cinco campanhas de amostragem entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019, foram agrupados em uma única distribuição mensal de frequência de comprimento para todo o reservatório, sem distinção de área ou sexo, e ajustados por meio do algoritmo genético do ELEFAN (ELEFAN_GA) no pacote TropFishR do R. A estimativa de comprimento assintótico (L_{∞}) foi de 62,06 cm (620,6 mm), com coeficiente de crescimento (K) de 0,064 ano⁻¹. Com oito datas efetivas provenientes das cinco campanhas, os parâmetros não devem ser aplicados a modelos de avaliação de estoque ou manejo antes de validação independente. Recomenda-se, como próximo passo, a validação dessas estimativas por meio da leitura direta dos otólitos já coletados para essa população, antes de sua adoção para fins de avaliação de estoque ou manejo pesqueiro.

Palavras-chave: Análise de frequência de comprimentos; ELEFAN; Parâmetros de crescimento; Sciaenidae; Bacia amazônica

1 Introdução

O crescimento é uma característica fundamental do histórico de vida que fundamenta a maioria dos modelos de avaliação e manejo de estoques pesqueiros, sendo mais comumente descrito pela função de crescimento de von Bertalanffy (VBGF) [1]. Existem duas abordagens amplas para estimar os parâmetros da VBGF: métodos diretos, baseados na leitura de idade a partir de estruturas calcificadas como otólitos e escamas, e métodos indiretos, baseados na progressão de modas de frequência de comprimento (LFQ) ao longo do tempo [2]. As abordagens indiretas, baseadas em comprimento, são particularmente valiosas quando a determinação direta da idade não é viável para todos ou a maioria dos indivíduos de uma amostra, uma limitação comum em pesquisas pesqueiras com dados escassos ou logisticamente restritas [2].

A Análise Eletrônica de Frequência de Comprimentos (ELEFAN) é um método indireto bem estabelecido que ajusta a VBGF à progressão das modas de frequência de comprimento ao longo de datas de amostragem sucessivas. Implementações modernas, incluindo rotinas de otimização por algoritmo genético e por recozimento simulado, estão disponíveis no pacote TropFishR do R [5,6].

A pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), é um Sciaenidae de considerável importância econômica em reservatórios e rios neotropicais [7], incluindo o reservatório de Tucuruí (rio Tocantins, Pará, Brasil), onde sustenta uma pesca artesanal expressiva. Estudos de crescimento anteriores para essa espécie relatam variação considerável no comprimento assintótico (L_{∞}) e no coeficiente de crescimento (K) entre localidades, sexos e métodos [8,9], e os dados específicos do reservatório de Tucuruí, até o momento, restringem-se a relações peso-comprimento [10], sem estimativas indiretas de crescimento publicadas para esse estoque.

Em um levantamento morfométrico complementar da mesma população de Tucuruí, a determinação direta da idade por leitura de otólitos e escamas foi tentada, mas se mostrou viável apenas para uma minoria dos indivíduos amostrados, impossibilitando uma análise de crescimento padrão baseada em idade para o conjunto completo de dados. Como os espécimes foram obtidos por redes de espera com diferentes malhagens, as frequências de comprimento representam a fração da população vulnerável ao conjunto de aparelhos utilizado. O objetivo do presente estudo foi, portanto, aplicar o ELEFAN_GA ao conjunto agrupado de dados de frequência de comprimento de *P. squamosissimus* no reservatório de Tucuruí, como uma abordagem preliminar e exploratória, com atenção explícita à robustez das estimativas de parâmetros resultantes, dadas as limitações do desenho amostral subjacente.

2 Materiais e métodos

2.1 Área de estudo e amostragem

O estudo foi conduzido no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no rio Tocantins, dentro do mosaico de áreas protegidas do Lago de Tucuruí, Pará, Brasil (Figura 1). Cinco campanhas de amostragem foram realizadas entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019 e agrupadas em três setores do reservatório, doravante Área 1, 2 e 3, seguindo o mesmo agrupamento espacial utilizado em um estudo morfométrico complementar dessa população: Área 1 (campanhas 1 e 2), próxima ao município de Tucuruí; Área 2 (campanha 3), dentro de uma área protegida; e Área 3 (campanhas 4 e 5), em trechos a montante. Os peixes foram capturados com redes de espera monofilamento e multifilamento de diferentes malhagens, permanecendo submersas por 24 h e sendo inspecionadas a cada quatro horas. O comprimento total (CT, cm) e o sexo foram registrados para cada indivíduo.

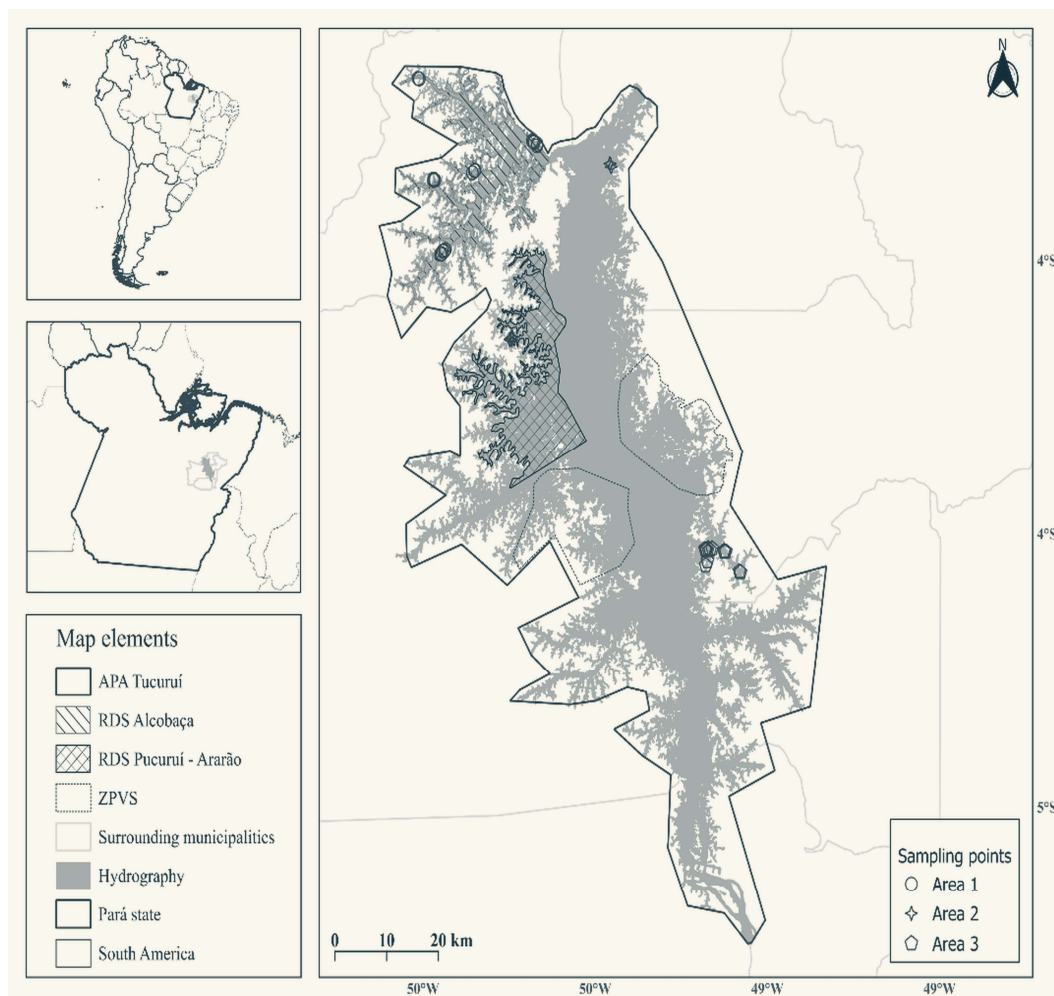


Figura 1. Localização geográfica do reservatório de Tucuruí e seu mosaico de unidades de conservação, Pará, Brasil, mostrando os três setores de amostragem (Área 1, 2 e 3) referidos neste estudo. Os painéis de detalhe mostram a localização da região de estudo no Brasil e na América do Sul.

2.2 Preparo dos dados e construção da frequência de comprimentos

Foram mantidos 355 indivíduos com registros válidos de comprimento total e data de amostragem. Esse tamanho amostral difere ligeiramente do conjunto de dados final utilizado na análise morfométrica complementar ($n = 353$), pois os dois estudos adotaram critérios de inclusão distintos: a análise morfométrica excluiu adicionalmente registros identificados como valores extremos (outliers) nas proporções corporais, enquanto a presente abordagem de frequência de comprimentos exigiu apenas comprimento total e data de amostragem válidos.

Um registro com data de coleta ilegível recebeu a data modal de sua campanha de amostragem. Um único objeto de frequência de comprimento (LFQ) foi construído agrupando todos os indivíduos do reservatório, sem distinção de área ou sexo, utilizando a função `lfqCreate` do pacote `TropFishR` do R [5], com amplitude de classe de 1 cm e datas agregadas por mês de amostragem, resultando em oito datas de amostragem distintas ao longo do período de estudo.

2.3 Estimativa dos parâmetros de crescimento

Os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy foram estimados para o conjunto de dados LFQ agrupado, utilizando a implementação por algoritmo genético do ELEFAN (ELEFAN_GA) no `TropFishR` [5,6], sob um modelo não sazonalizado. Os limites de busca para o comprimento assintótico (L_{∞}) foram definidos entre o maior comprimento médio de classe observado e 1,6 vez esse valor; o coeficiente de crescimento (K) foi limitado entre 0,05 e 1,50 ano^{-1} ; os demais parâmetros (t_{anchor} , amplitude e fase sazonais) foram deixados livres dentro de seu intervalo unitário padrão. O algoritmo genético foi executado com uma população de 30 indivíduos, no máximo 50 gerações, e critério de parada de 15 gerações sem melhoria; utilizou-se uma semente aleatória fixa para reprodutibilidade. A idade teórica em comprimento zero (t_0) foi calculada por meio da equação empírica de Pauly [3]: $\log_{10}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752 \cdot \log_{10}(L_{\infty}) - 1,038 \cdot \log_{10}(K)$. O índice de desempenho de crescimento ϕ' foi calculado como $\phi' = \log_{10}(K) + 2 \cdot \log_{10}(L_{\infty})$ [4]. O ajuste da solução do ELEFAN_GA foi avaliado pela estatística de escore R_n (razão entre a soma explicada de picos, ESP, e a soma disponível de picos, ASP, dos dados de LFQ reestruturados), conforme implementado no `TropFishR` [5].

Todas as análises foram realizadas em R (versão 4.3.3), utilizando os pacotes `TropFishR` (versão 1.6.6) [5], `dplyr` (versão 1.2.1), `readxl` (versão 1.5.0) e `lubridate` (versão 1.9.5). As figuras foram geradas com as funções gráficas nativas do R (base graphics).

3 Resultados

3.1 Estrutura da frequência de comprimentos

Foram analisados 355 indivíduos, com dados provenientes de oito datas de amostragem distintas ao longo do reservatório de Tucuruí, entre dezembro de 2017 e janeiro de 2019. O comprimento total variou de 12,5 a 49,0 cm no conjunto de dados agrupado.

3.2 Parâmetros de crescimento

A estimativa do ELEFAN_GA para o conjunto de dados agrupado indicou um comprimento assintótico (L_{∞}) de 620,6 mm e um coeficiente de crescimento (K) de $0,064 \text{ ano}^{-1}$. A idade teórica em comprimento zero (t_0) foi de $-2,264$ anos, o índice de desempenho de crescimento ϕ' foi de 2,391, e a estatística de ajuste R_n foi de 0,445. A curva de crescimento ajustada e a reestruturação da frequência de comprimentos são mostradas nas Figuras 2 e 3.

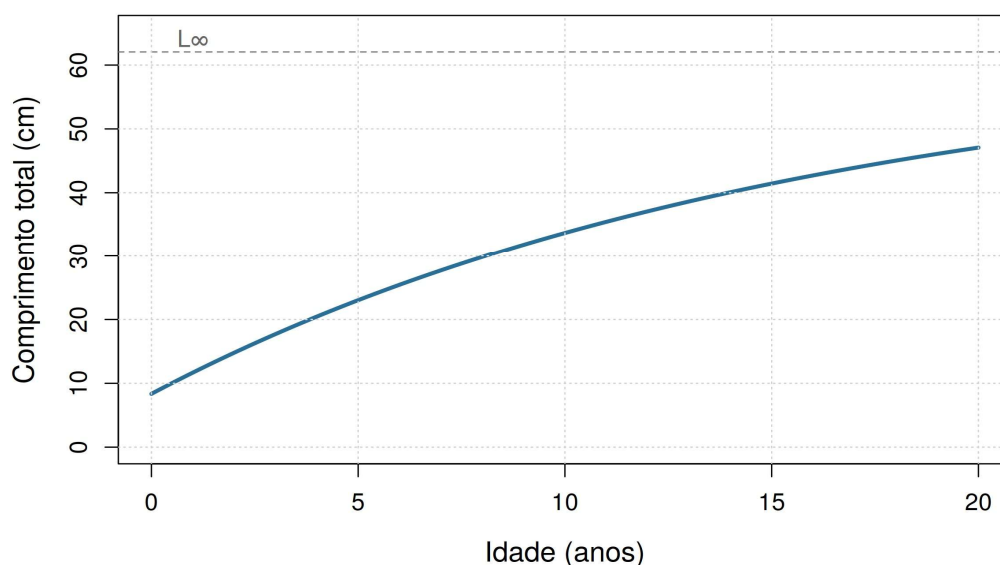


Figura 2. Curva teórica de crescimento de von Bertalanffy ajustada (comprimento total em função da idade) para a pescada-branca no reservatório de Tucuruí, com todos os indivíduos agrupados (sem separação por área ou sexo). Devido ao baixo coeficiente de crescimento estimado ($K = 0,064 \text{ ano}^{-1}$), a curva é apresentada em uma faixa etária teórica estendida de 0–

20 anos, apenas para fins de ilustração da forma assintótica da curva; não há indivíduos com idade determinada diretamente para validar a curva nessa faixa etária, e a longevidade implícita nessa estimativa (comprimento assintótico L_{∞} indicado pela linha tracejada) é biologicamente improvável para a espécie.

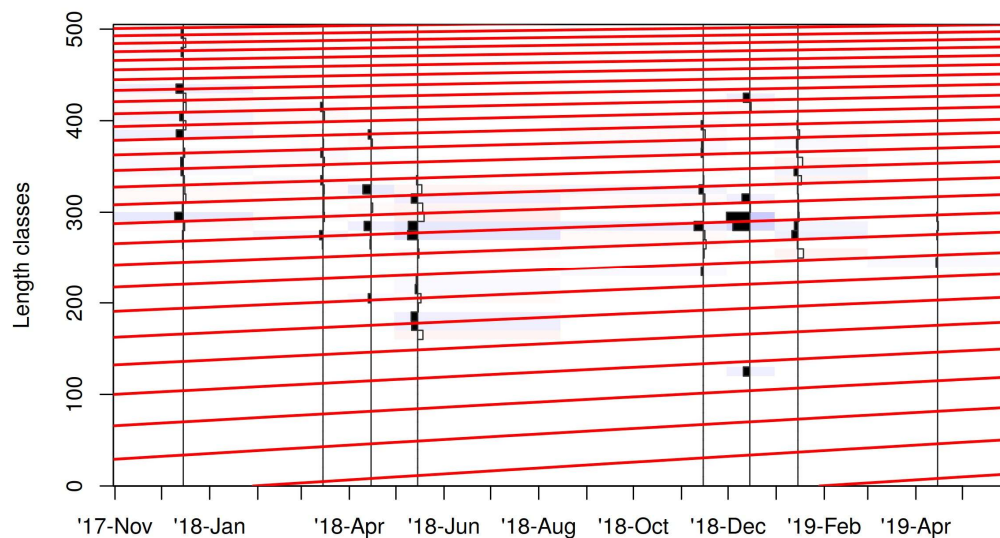


Figura 3. Histograma de frequência de comprimentos reestruturado e curva de crescimento de von Bertalanffy ajustada por ELEFAN_GA (linha vermelha) para a pescada-branca no reservatório de Tucuruí, com todos os indivíduos agrupados.

4 Discussão

A estimativa de comprimento assintótico obtida aqui (620,6 mm) situa-se dentro da ampla faixa relatada para *P. squamosissimus* em outras regiões do Brasil, embora L_{∞} e o comprimento máximo observado (L_{max}) representem métricas distintas e não devam ser interpretadas como equivalentes. No reservatório de Barra Bonita (Estado de São Paulo), a idade e o crescimento baseados em anéis de otólitos indicaram comprimentos máximos de 684 mm (machos) e 891 mm (fêmeas) [8]. O coeficiente de crescimento aqui obtido ($0,064 \text{ ano}^{-1}$) é, no entanto, consideravelmente mais baixo do que os valores relatados para Barra Bonita, o que pode refletir tanto diferenças reais entre os estoques quanto a heterogeneidade introduzida

ao agrupar indivíduos de diferentes setores do reservatório e de um período de amostragem relativamente longo (dezembro de 2017 a janeiro de 2019) em uma única análise. Um valor de K tão baixo implica uma longevidade estimada muito elevada para a espécie (cerca de 45 anos para atingir 95% do comprimento assintótico), consideravelmente superior ao que é biologicamente plausível para a pescada-branca e ao que foi relatado em outras populações da espécie, reforçando a interpretação de que essa estimativa reflete instabilidade dos parâmetros decorrente do agrupamento dos dados, e não um parâmetro de crescimento biologicamente realista. Essa leitura é reforçada por comparação direta com outras populações de *P. squamosissimus*: no rio Mamoré (Amazônia boliviana), com base em 2.308 espécimes, o comprimento médio máximo foi atingido por volta dos 7 anos de idade (~500 mm em machos, ~550 mm em fêmeas) [15]; e no Orinoco médio (Venezuela), o comprimento assintótico estimado por leitura de otólitos foi de aproximadamente 69,3 cm [16] — ambos consideravelmente mais próximos do observado para a espécie do que a longevidade implícita na presente estimativa agrupada.

Esses resultados devem ser considerados preliminares e exploratórios, uma vez que o presente conjunto de dados contou com apenas oito datas de amostragem distintas ao longo de todo o período de estudo, número inferior ao geralmente recomendado para um ajuste robusto do ELEFAN, que se beneficia de séries temporais mais densas e regularmente espaçadas, idealmente mensais, ao longo de pelo menos um ano [2,6], sendo a incerteza das estimativas fortemente dependente do tamanho e da densidade temporal da matriz de frequência de comprimentos disponível [11,12,13,14]. Em um estudo recente com atum-albacora, Taufani e Matsuishi [13] estimaram que estimativas confiáveis de parâmetros de crescimento por métodos baseados em comprimento exigem amostragem sequencial mensal por mais de 12 meses, ou a cada dois meses ao longo de dois anos, totalizando entre 7.000 e 8.000 indivíduos medidos —

uma exigência de dados consideravelmente superior aos 355 indivíduos e oito datas de amostragem disponíveis no presente estudo.

É importante destacar que, até o momento, não há dados diretos de idade disponíveis para essa população, obtidos por leitura de otólitos ou escamas, que permitissem uma validação cruzada das estimativas indiretas aqui apresentadas. A obtenção e a leitura sistemática de otólitos são recomendadas como prioridade para trabalhos futuros com esse estoque, de modo a validar essas estimativas preliminares antes de sua aplicação em avaliações de estoque ou manejo pesqueiro.

De modo geral, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados como uma aplicação preliminar e exploratória da estimativa indireta de crescimento ao estoque de *P. squamosissimus* de Tucuruí, servindo como uma primeira aproximação a ser confirmada por métodos diretos antes de sua adoção definitiva em avaliações de estoque ou modelagem de manejo pesqueiro.

5 Conclusões

A estimativa indireta baseada em frequência de comprimentos, utilizando ELEFAN_GA, produziu uma estimativa de comprimento assintótico de 620,6 mm e um coeficiente de crescimento de $0,064 \text{ ano}^{-1}$ para a pescada-branca no reservatório de Tucuruí, considerando todos os indivíduos amostrados em conjunto. Recomenda-se que essa estimativa preliminar seja validada, em trabalhos futuros, por meio da leitura direta dos otólitos já coletados para essa população, antes de sua adoção para fins de manejo pesqueiro.

6 Informações suplementares eletrônicas

Não há material suplementar adicional associado a esta versão preliminar e exploratória do capítulo.

7 Contribuições dos autores

Os autores confirmam a contribuição para este artigo da seguinte forma: concepção e planejamento do estudo: Ribeiro MPM, Melo NFAC; coleta de dados: Souza RFC, Moraes AJA, Silva YYP; análise de dados e implementação do modelo de crescimento: Ribeiro MPM; interpretação dos resultados: Ribeiro MPM, Melo NFAC; preparação do manuscrito: Ribeiro MPM, Melo NFAC. Todos os autores revisaram os resultados e aprovaram a versão final do manuscrito.

8 Agradecimentos

A primeira autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida (Código de Financiamento 001). Os autores agradecem também que a amostragem de campo e a aquisição de dados foram conduzidas no âmbito do projeto “Plano de Gestão do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí/Pará”, financiado pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio) e pela Greentec Tecnologia Ambiental. Os autores agradecem a todos os membros da equipe de campo e colaboradores envolvidos na coleta e no processamento das amostras.

9 Declaração ética

A amostragem de campo foi realizada sob a autorização nº 005/2017, emitida em 7 de dezembro de 2017 e válida de dezembro de 2017 a janeiro de 2019, pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio), no âmbito do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí. Todos os procedimentos envolvendo espécimes de peixes seguiram os padrões éticos aplicáveis ao uso de animais em pesquisa e a legislação nacional vigente.

9.1 Declaração sobre o uso de inteligência artificial

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram Claude (Anthropic; versão/data de uso: 2026) para auxílio na implementação da rotina de ajuste de crescimento ELEFAN_GA em R (pacote TropFishR), seguindo os parâmetros definidos pelos autores, na geração de figuras, na tradução entre português e inglês e na edição de linguagem. Os autores revisaram e editaram todo o conteúdo produzido com o auxílio dessa ferramenta, verificaram sua exatidão e assumem total responsabilidade pela integridade e originalidade do manuscrito final. Este trabalho representa a contribuição intelectual própria dos autores, e nenhuma ferramenta de IA é creditada como autora.

10 Financiamento

Esta pesquisa foi apoiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio de bolsa de mestrado concedida à primeira autora (Código de Financiamento 001). A amostragem de campo e a aquisição de dados foram financiadas pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio) e pela Greentec Tecnologia Ambiental, no âmbito do projeto “Plano de Gestão do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí/Pará”.

11 Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse financeiros ou não financeiros relevantes relacionados ao conteúdo deste artigo.

12 Disponibilidade de dados

O conjunto de dados de frequência de comprimento e os scripts em R utilizados para gerar os resultados deste estudo estão disponíveis com a autora correspondente, mediante solicitação razoável.

13 Referências

As referências a seguir são mantidas no idioma original de publicação, conforme convenção acadêmica padrão.

- [1] von Bertalanffy L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II). *Human Biology* 10:181–213.
- [2] Sparre P, Venema SC. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306.1 (Rev. 2). FAO, Rome, Italy. 407 pp.
- [3] Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 39:175–92.
- [4] Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2:1–21.
- [5] Mildenerberger TK, Taylor MH, Wolff M. 2017. TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution* 8:1520–27. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12791>
- [6] Taylor MH, Mildenerberger TK. 2017. Extending electronic length frequency analysis in R. *Fisheries Management and Ecology* 24:330–38. <https://doi.org/10.1111/fme.12232>
- [7] Casatti L. 2005. Revision of the South American freshwater genus *Plagioscion* (Teleostei, Perciformes, Sciaenidae). *Zootaxa* 1080:39–64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1080.1.4>
- [8] Castro ACL. 1998. Idade e crescimento de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Acanthopterygii, Sciaenidae) do reservatório de Barra Bonita-SP, através da estrutura dos otólitos. *Acta Scientiarum* 20:179–84.

- [9] de Souza Braga FM. 1998. Population parameters of ‘corvina’ (*Plagioscion squamosissimus*) in the Barra Bonita Reservoir, Brazil. *Naga* 21:43–45.
- [10] Brambilla EM, Garcia-Ayala JR, Travassos FA, Carvalho ED, David GS. 2015. Length-weight relationships of the main commercial fish species of Tucuruí reservoir (Tocantins/Araguaia basin, Brazil). *Boletim do Instituto de Pesca* 41:665–70.
- [11] Schwamborn R, Mildenerberger TK, Taylor MH. 2019. Assessing sources of uncertainty in length-based estimates of body growth in populations of fishes and macroinvertebrates with bootstrapped ELEFAN. *Ecological Modelling* 393:37–51.
- [12] Wang K, Zhang C, Sun M, Xu B, Ji Y, Xue Y, Ren Y. 2021. Fishing pressure and lifespan affect the estimation of growth parameters using ELEFAN. *Fisheries Research* 238:105903.
- [13] Taufani WT, Matsuishi TF. 2025. Precision of estimated growth parameters of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from length-frequency data estimated by bootstrapping. *Fisheries Management and Ecology* 32:50–58.
- [14] Taufani WT, Matsuishi TF. 2025. Precision and accuracy in estimating biological reference points using length-based fisheries assessment: a bootstrapping approach. *Fisheries Science* 91:1175–87.
- [15] Loubens G, Panfili J. 2003. Biologie de *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei: Sciaenidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 14:335–52.
- [16] González A, Mendoza J, Arocha F, Márquez A. 2005. Crecimiento de la curvinata de río, *Plagioscion squamosissimus*, en el Orinoco medio. *Zootecnia Tropical* 23:155–70.

CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação teve como propósito ampliar o conhecimento sobre a morfometria e o crescimento da pescada-branca, *Plagioscion squamosissimus*, no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, subsidiando informações relevantes para o manejo desse importante recurso pesqueiro regional.

No Capítulo 1, os indivíduos analisados apresentaram diferenças morfométricas entre os setores amostrados do reservatório, associadas principalmente a um gradiente de tamanho corporal. A relação peso–comprimento revelou crescimento predominantemente isométrico, com alometria positiva significativa em machos e fêmeas da Área 2, indicando que fatores ambientais e o setor de amostragem influenciam, ao menos parcialmente, a variabilidade morfométrica da espécie no reservatório. Como os setores foram amostrados em períodos distintos do ciclo hidrológico, os componentes espacial e temporal não puderam ser completamente dissociados, de modo que os padrões observados devem ser interpretados como associações espaço-temporais, cuja confirmação depende de desenhos amostrais futuros com replicação simultânea entre setores.

No Capítulo 2, a estimativa indireta e exploratória dos parâmetros de crescimento, obtida por meio da Análise Eletrônica de Frequência de Comprimentos (ELEFAN), indicou comprimento assintótico de 620,6 mm e coeficiente de crescimento de $0,064 \text{ ano}^{-1}$ para a população de pescada-branca de Tucuruí. Por se tratar de uma primeira aproximação baseada em número reduzido de datas de amostragem, esse resultado deve ser considerado preliminar e requer validação futura por meio da leitura direta de otólitos já coletados para essa população, antes de sua adoção em decisões de manejo pesqueiro.

Em conjunto, os resultados dos dois capítulos indicam que a pescada-branca no reservatório de Tucuruí apresenta estrutura morfométrica heterogênea entre setores e um padrão de crescimento compatível com o descrito para a espécie em outros ambientes represados. Essas evidências reforçam a importância de considerar a heterogeneidade espacial do reservatório na definição de estratégias de manejo e de programas de monitoramento da espécie, além de destacar a necessidade de estudos futuros que combinem amostragens espacial e temporalmente balanceadas com a determinação direta da idade, de modo a consolidar as estimativas aqui apresentadas e subsidiar, de forma mais robusta, a conservação e o uso sustentável desse recurso pesqueiro na Amazônia.