



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *PROCHILODUS ARGENTEUS* SPIX &
AGASSIZ, 1829 (CHARACIFORMES: PROCHILODONTIDAE)**

VICTOR GARCIA SALES DOS SANTOS

ORIENTADOR: MARCELO FULGÊNCIO GUEDES DE BRITO

São Cristóvão/SE
2025

VICTOR GARCIA SALES DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *PROCHILODUS ARGENTEUS* SPIX &
AGASSIZ, 1829 (CHARACIFORMES: PROCHILODONTIDAE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Biologia

Orientador: Marcelo Fulgêncio Guedes de Brito

São Cristóvão/SE
2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos familiares e amigos por todo o apoio, em especial aos meus pais que me incentivaram nos momentos difíceis e contribuíram para o meu desenvolvimento. Aos meus professores pelo incentivo e conhecimentos compartilhados, especialmente ao meu orientador, pelas correções e ensinamentos que me permitiram alcançar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Em geral agradeço a todos por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

RESUMO

Prochilodus argenteus é um representante da família Prochilodontidae endêmico da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Apresenta fertilização externa e desova total, capaz de migrar longas distâncias no período reprodutivo, coincidindo com a estação chuvosa. O objetivo desse estudo é caracterizar a ontogênese de *P. argenteus*, abrangendo as fases de o zigoto até a larva recém-eclodida, utilizando caracteres morfológicos, morfométricos e merísticos. Inicialmente as matrizes foram induzidas à reprodução utilizando extrato de hipófise de carpa. Após a fertilização, os ovos foram mantidos em incubadora com fluxo contínuo de água com temperatura média de 29°C, e analisado o desenvolvimento em intervalos de 30 minutos. Foram registrados quatro estágios embrionários e um larval: clivagem inicial, embrião inicial, embrião cauda livre, embrião final e larval vitelino. Os ovos são esféricos, não adesivos e pelágicos com um diâmetro médio correspondente a $3,13 \pm 0,08$ mm, espaço perivitelino amplo ($1,04 \pm 0,12$ mm) e o vitelo com $1,30 \pm 0,67$ mm de diâmetro médio. A clivagem inicial foi registrada 30 minutos após a fecundação, sendo observada a reorganização do citoplasma em polo animal e polo vegetal. O embrião inicial foi registrado 06h20 depois, na qual, é perceptível o início da diferenciação entre a cabeça e a cauda. No estágio de cauda livre (09h50) os miômeros são visíveis, a cauda se destaca do saco vitelino e é perceptível a formação da membrana embrionária. O estágio de embrião final durou três horas, findando com rompimento do córion 12h30 após a fecundação. As larvas eclodiram com comprimento padrão médio de $3,58 \pm 0,16$ mm, despigmentadas, trato digestório indiferenciado sem habilidades de natação e acuidade visual. O padrão observado na embriogênese de *P. argenteus*, caracterizado com ovos esféricos, amplo espaço perivitelino e rápida diferenciação embrionária, é similar ao de outras espécies migradoras que apresentam desenvolvimento altricial.

PALAVRAS-CHAVE: Embriogênese, Ovo, Larva, Ontogênese, Rio São Francisco.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6.
2	MATERIAL E MÉTODOS	8.
2.1	REPRODUÇÃO INDUZIDA E EMBRIOGÊNESE	8.
2.2	AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE OVOS E LARVAS	12.
3	RESULTADOS	11.
3.1	DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO	11.
3.1.1	CLIVAGEM INICIAL	11.
3.1.2	EMBRIÃO INICIAL	11.
3.1.3	CAUDA LIVRE	11.
3.1.4	EMBRIÃO FINAL	11.
3.2	DESENVOLVIMENTO LARVAL	11.
4	DISCUSSÃO	21.
5	CONCLUSÕES	22.
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23.

1. INTRODUÇÃO

A região Neotropical abriga a mais diversificada riqueza de peixes do planeta, com mais de 6.000 mil espécies de água doce formalmente descritas (Albert et al., 2020). A ordem Characiformes inclui representantes distribuídos em 28 famílias, sendo Prochilodontidae uma das mais relevantes comercialmente, acomodando os gêneros *Prochilodus* Agassiz, 1829, *Semaprochilodus* Fowler, 1941 e *Ichthyoelephas* Posada Arango, 1909 com 21 espécies válidas (Fricke & Eschmeyer, 2024) distribuídas nas principais drenagens da América do Sul (Castro & Vari, 2004). Os proquilodontídeos são facilmente distinguidos por apresentar numerosas fileiras de pequenos dentes presos aos lábios carnudos e expandidos, os quais, formam um disco oral extensível, que os permitem a raspagem de perifíton e detrito de superfícies submersas (Castro & Vari, 2004).

O gênero *Prochilodus* é representado por 13 espécies (Fricke & Eschmeyer, 2024), as quais, são consideradas grandes detritívoras migradoras, além de possuir valor sociocultural, sendo reconhecidas como importantes componentes na pesca comercial e de subsistência (Sivasundar et al., 2001). *Prochilodus argenteus* Spix & Agassiz, 1829, popularmente conhecido como Curimatá-pacu, Xira ou Zulega, é endêmico da bacia do rio São Francisco, além de ser o maior representante da família Prochilodontidae, podendo atingir 15 kg de massa corporal (Castro & Vari, 2004). É uma espécie potamodrôma, com fertilização externa e desova total, capaz de migrar longas distâncias (Godinho & Kynard, 2006) no período reprodutivo, o qual, coincide com a estação chuvosa, altos índices de temperatura e elevado fotoperíodo (Boncompagni-Júnior et al., 2012). A grande capacidade migratória de *P. argenteus* foi documentada em estudos de marcação-recaptura na bacia do rio São Francisco, onde relataram deslocamentos superiores a 150 km na porção inferior (Godinho & Kynard, 2006) e 250 km na porção superior da bacia (Paiva & Bastos, 1982).



Figura 1. Exemplar de *Prochilodus argenteus*. Foto: Tiago Pessali

A curimatá-pacu tem um grande apelo popular e econômico, sendo altamente valorizada na pesca comercial e de subsistência, dado seu destaque em tamanho e qualidade de sua carne (Araújo et al., 2015). Além da sua grande representatividade na pesca comercial, chegando a corresponder a 50% da produção pesqueira na região de Três Marias (Minas Gerais) (Godinho & Godinho, 2003) e representar 40% da biomassa explorada em Penedo (Alagoas) entre 2007-2009 (Soares et al., 2011), a espécie possui elevada fecundidade, o que aumenta seu potencial para produção em aquicultura (Arantes et al., 2013). No entanto, as populações de *P. argenteus* têm enfrentado um declínio em várias regiões da bacia do rio São Francisco. Na porção alta da bacia, o processo de atresia folicular foi observada em exemplares a jusante da barragem de Três Marias (Arantes et al., 2011). Na porção baixa da bacia, a curimatá-pacu ainda é uma das poucas espécies migradoras remanescentes, mas com baixas taxas de captura (D'Avilla et al., 2021). Sua prevalência continua a depender fortemente do recrutamento em tributários e dos programas de reintrodução de alevinos (Ervilha et al., 2022).

Dada a importância de *P. argenteus* na pesca comercial e na aquicultura, os estudos sobre seus aspectos ontogenéticos estão ligados à criação e reprodução induzida em cativeiro (Guimarães et al., 2017; Dos Santos et al., 2016; Nakatani et al., 2001). No entanto, ainda existem lacunas no conhecimento sobre os estágios iniciais de desenvolvimento da espécie. A capacidade de gerar uma série de dados completos oferece uma oportunidade valiosa para aprofundar o conhecimento sobre seu desenvolvimento inicial, especialmente diante dos impactos ambientais, tornando-se crucial no planejamento de ações de conservação, que visem proteger as áreas de desova, crescimento e recrutamento da espécie. O presente trabalho tem como objetivo descrever a ontogenia inicial de *P. argenteus* por meio de caracteres morfológicos, morfométricos e merísticos, de modo que, os resultados contribuam para o conhecimento ontogenético dos peixes nativos da bacia do rio São Francisco, além de facilitar a identificação precisa dessa espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 REPRODUÇÃO INDUZIDA E EMBRIOGÊNESE

Os peixes utilizados para os procedimentos de desova induzida foram capturados no rio São Francisco e mantidos em tanques escavados na Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), situado em Porto Real do Colégio, (AL). Foram selecionados exemplares que demonstraram estarem aptos à reprodução (abdômen dilatado e papila urogenital avermelhada), os quais, também receberam extrato de hipófise de carpa (CPE), aplicado intramuscularmente a fim de completar a gametogênese. As fêmeas receberam duas doses, sendo a primeira 0,5 mg de CPE/kg e a segunda 5,0 mg CPE/kg, em intervalos de 12 horas. Os machos receberam uma única injeção de 2,5 mg de CPE/kg ao fim, quando as fêmeas receberam a segunda dose (Sato et al., 2003). Ao fim, foi realizada massagem craniocaudal para extrusão dos ovócitos (coloração cinza) e sêmen, hidratação e transferência dos ovos para incubadoras do tipo funil com fluxo de água contínuo (Sato et al., 2003).



Figura 2 Fêmea de *Prochilodus argenteus* utilizada na extrusão de ovócitos.

2.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE OVOS E LARVAS

A partir da fertilização, as amostras foram coletadas em intervalos de 30 minutos até a eclosão. Após a eclosão, as coletas passaram a ser realizadas a cada 4 horas (HPE). A temperatura média da água durante todo o procedimento foi de 29°C.



Figura 3. Ovócitos fecundados acondicionados em incubadoras.

Todo o desenvolvimento foi acompanhado ao microscópio óptico, e parte do material coletado foi acondicionado em potes coletores de vidro. Em todas as amostras obtidas foi utilizado eugenol como anestésico, seguido da fixação em formol diluído a 4%, tamponado com carbonato de cálcio, para a fixação das amostras.

Os estágios de desenvolvimento embrionário foram classificados conforme os critérios estabelecidos por Ahlstrom et al. (1976) modificado por Nakatani et al. (2001), abrangendo as fases: Clivagem inicial; Embrião inicial; Cauda livre e Embrião final. Para a caracterização morfométrica de *P. argenteus*, foram utilizadas medidas (mm; precisão de 0,01; Ahlstrom et al., 1976) obtidas com estereomicroscópio Leica M205C, acompanhado pelo software Leica Application Suite. Com essa abordagem, foram aferidos o espaço perivitelino (EP), o diâmetro do vitelo (DV) e o diâmetro do ovo (DO). A caracterização larval foi baseada nos eventos morfológicos, incluindo caracteres merísticos e morfométricos classificados em Comprimento total (CT); Comprimento padrão (CP); Comprimento do focinho (CF); Diâmetro do olho (DOL); Altura da cabeça

(AC); Altura do corpo (ACO); Comprimento da cabeça (CC) e miômeros pré e pós anal (Leis & Trnski, 1989) (Figura 4). Os exemplares analisados foram fotografados e ilustrados.

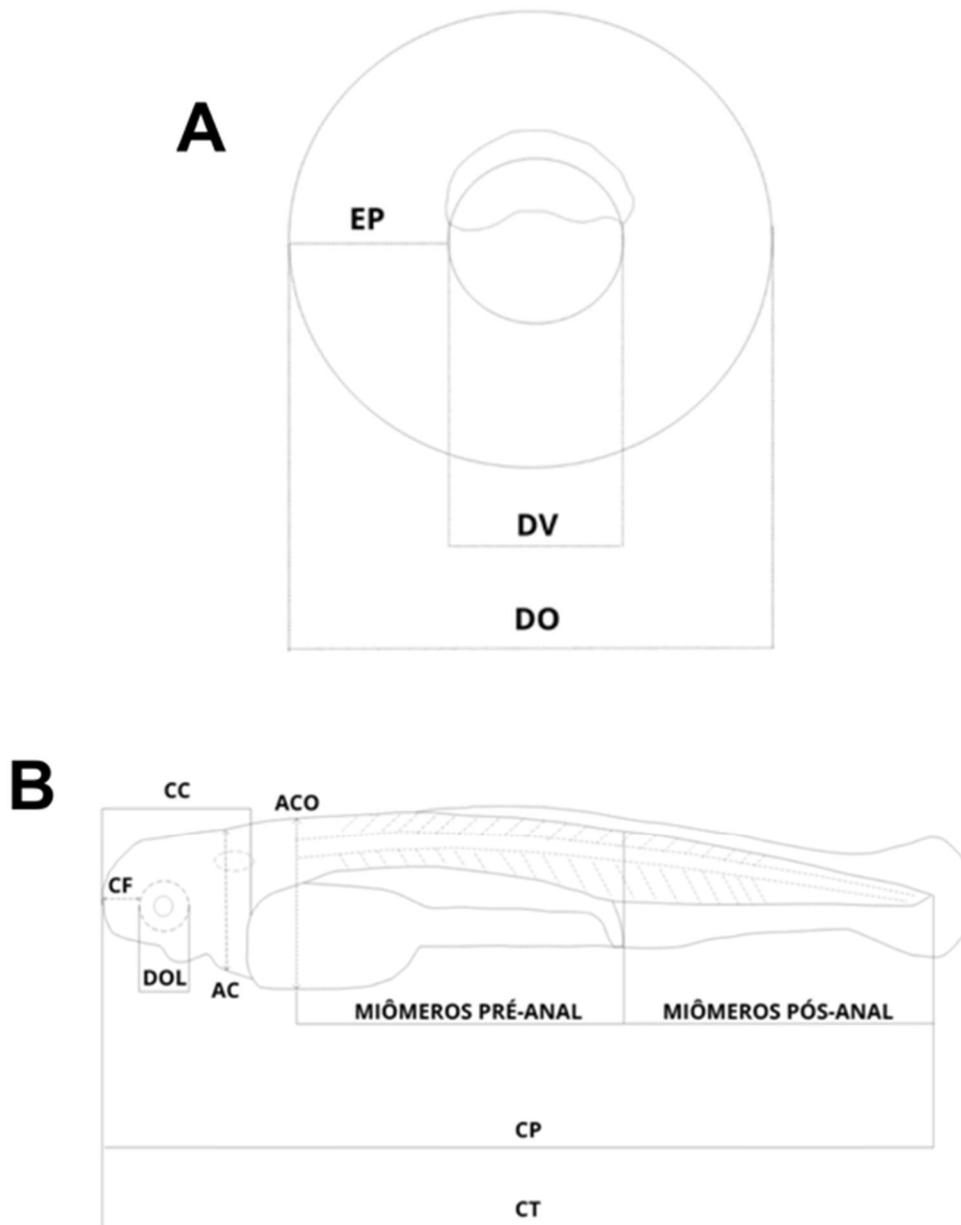


Figura 4. (A) Ilustração do ovo de *Prochilodus argenteus* destacando as medidas: (EP) Espaço perivitelino; (DV) Diâmetro do vitelo; (DO) Diâmetro do ovo. (B) Medidas morfométricas utilizadas para *Prochilodus argenteus*: Comprimento total (CT); Comprimento padrão (CP); Comprimento do focinho (CF); Diâmetro do olho (DOL); Altura da cabeça (AC); Altura do corpo (ACO); Comprimento da cabeça (CC); Miômeros pré e pós anal. Fonte: Silva et al. (2022) com modificações.

3. RESULTADOS

3.1 DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

Foi analisado um total de 95 ovos, dos quais, 25 estavam no estágio de clivagem inicial, 25 em embrião inicial, 30 em cauda livre e 15 em embrião final. Os ovos de *P. argenteus* são esféricos, translúcidos e não adesivos (Figura 5) com diâmetro médio correspondente a $3,13 \pm 0,08$ mm, espaço perivitelino amplo ($1,04 \pm 0,12$ mm) e o vitelo com $1,30 \pm 0,67$ mm de diâmetro médio.

3.1.1 Clivagem inicial (30 min – 06h20) (Figura 4A): Foi registrada 30 minutos após a fecundação, sendo observada a reorganização do citoplasma no polo animal e polo vegetal. Período em que os blastômeros se dividem sequencialmente, dobrando o número de células a cada divisão. No caso dos ovos de *P. argenteus*, a clivagem é classificada como meroblástica ou parcial, pois ocorre de maneira incompleta, com as divisões limitadas a uma parte do ovo.

3.1.2 Embrião inicial (06h50 – 09h20) (Figura 4B): foi registrado 06h50 depois, na qual, é perceptível o início da diferenciação entre a cabeça e a cauda. Nesse estágio, ainda é perceptível observar a formação dos pacotes musculares.

3.1.3 Cauda livre (09h50 – 10h50) (Figura 4C): São observadas as primeiras contrações do embrião. Nessa fase os miômeros são visíveis, a cauda se destaca do saco vitelino e é perceptível a formação da membrana embrionária. A extensão da cauda começa a alongar, primórdio do olho já é perceptível assim como a vesícula ótica.

3.1.4 Embrião final (11h20 – 12h30) (Figura 4D). Durante esse estágio, foi possível observar claramente a vesícula auditiva, o batimento do coração e os miômeros. Ademais, o período embrionário teve uma duração de 12h30 após a fecundação findando com o rompimento de córion devido a intensa movimentação do embrião nesse estágio.

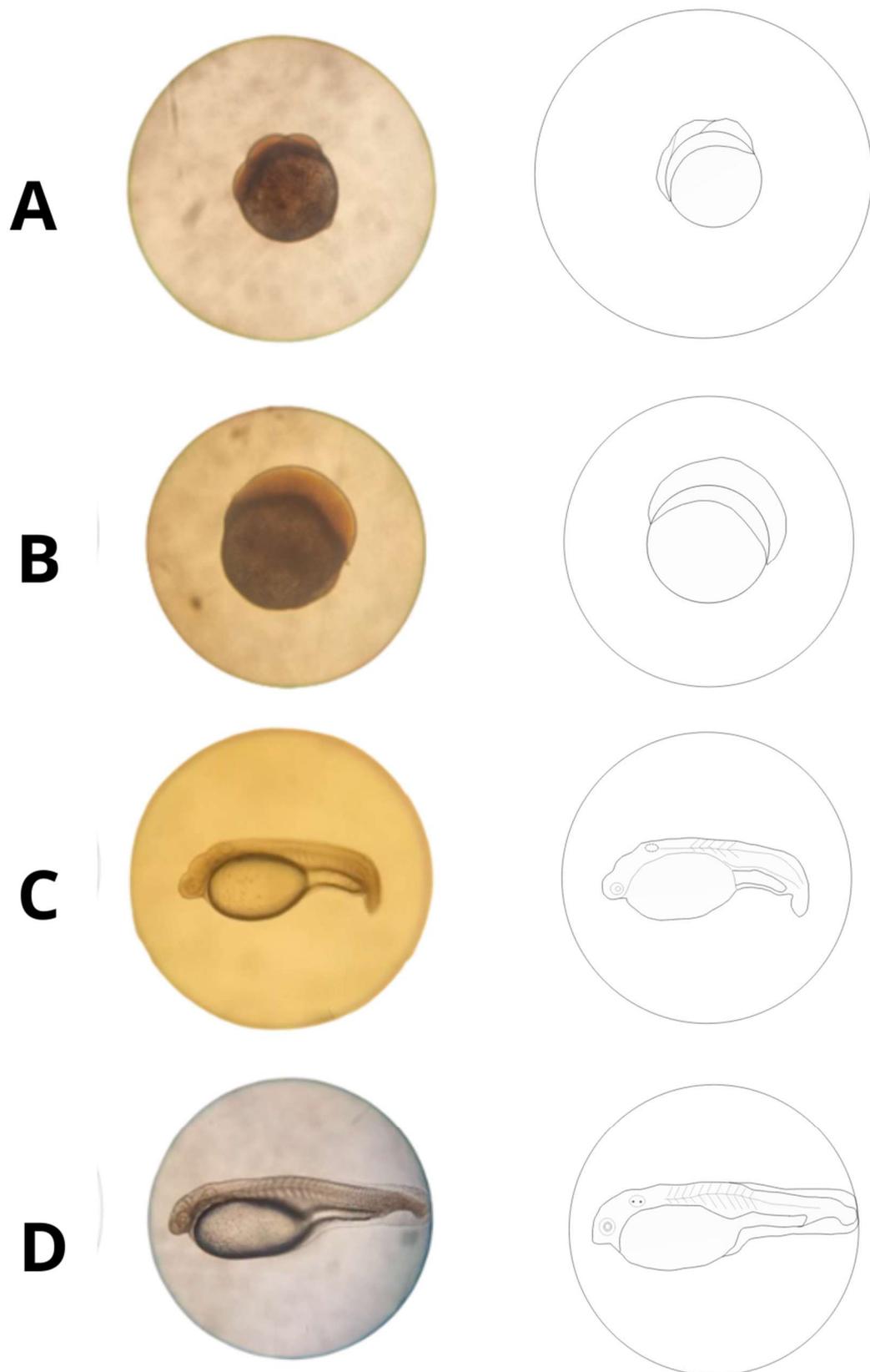


Figura 5. Desenvolvimento embrionário de *Prochilodus argenteus*. (A) Clivagem inicial, (B) embrião inicial, (C) embrião de cauda livre e (D) embrião final. Barra = 1 mm

3.2 DESENVOLVIMENTO LARVAL

As larvas recém-eclodidas (25 exemplares), estavam no estágio larval vitelino, as quais foram analisadas entre 0HPE, 4 HPE e 8 HPE (Figura 6). No geral, o comprimento padrão variou entre 3,27 e 4,78 mm, com uma média de 3,91 mm \pm 0,56.

O saco vitelino apresentou formato elíptico (ovoide), grande e preenchido com glóbulos individualizados. A notocorda, visível devido à transparência do corpo, seguia de forma retilínea ao longo de um plano longitudinal. A membrana da nadadeira inicia na extremidade posterior do saco vitelino, contornando o pedúnculo caudal, se estendendo dorsalmente em direção à cabeça, até o nível do saco vitelínico. O intestino não se encontrava funcional, e a porção terminal ocupava mais da metade do corpo. O opérculo não se encontrava formado, podendo-se notar a vesícula ótica e as fossas olfativas. Os olhos eram grandes e esféricos, inicialmente com pouca ou nenhuma pigmentação.

Nas primeiras horas após a eclosão, o corpo não apresentava pigmentação, mas, após 8 horas da eclosão, apareceram cromatóforos dendríticos na região superior da bexiga de gás e na parte anterossuperior do tubo digestivo. Também eram visíveis o coração e o botão da nadadeira peitoral. O número total de miômeros nesse estágio variou de 41 a 45 (pré-anal = 28 a 31 e pós-anal = 12 a 15). Ademias, a movimentação na coluna d'água se limitava a movimentos verticais.



Figura 6. Exemplos de *P. argenteus* no estágio de larval vitelino em diferentes tempos de amostragem. (A) 0 horas após a eclosão; (B) 4 horas após a eclosão; (C) 8 horas após a eclosão. Barra = 1mm.

4. DISCUSSÃO

Prochilodus argenteus apresentou ovos esféricos, transparentes, pelágicos, com amplo espaço perivitelino e acelerado desenvolvimento embrionário, característica comum para espécies do gênero *Prochilodus*, como *Prochilodus brevis* (Nakatani et al., 2001), *Prochilodus costatus* (Santos et al., 2016), *Prochilodus harttii* (Abdo et al., 2015), *Prochilodus lineatus* (Nakatani et al., 2001), *Prochilodus nigricans* (Silva et al., 2022) e *Prochilodus vimboides* (Souza et al., 2015). Após a fertilização, ocorre uma rápida hidratação e surgimento de amplo espaço perivitelino nos ovos, o que remete ao comportamento reprodutivo de peixes migratórios que apresentam fertilização externa e ausência de cuidado parental (Orsi et al., 2019). O grande espaço perivitelino observado nos ovos, consiste em uma estrutura adaptativa que facilita a flutuação e maximiza a sobrevivência do embrião ao amortecer o impacto de choques mecânicos causados pela correnteza e choque com estruturas durante o período de deriva (Rizzo & Godinho, 2003). Os ovócitos fecundados de *P. argenteus* ($3,13 \pm 0,08$ mm) apresentam diâmetro similar a outros *Prochilodus* (Nakatani et al., 2001) (Abdo et al., 2015) (Souza et al., 2015) (Santos et al., 2016) (Silva et al., 2022), porém, é superior a outras espécies de Characiformes com mesma estratégia reprodutiva nativas da bacia, como *Megaleporinus obtusidens*

(Valenciennes, 1837) (2,75 mm) (Nakatani et al., 2001). Os ovócitos de *P. argenteus* são amarelados, o que está ligado à presença de carotenoides decorrente alimentação. Esses pigmentos servem como fonte de oxigênio quando o sistema respiratório ainda é ineficiente (Sato et al., 2003)

A deriva de ovos e larvas em fluxo livre é realizado por correntes que os direcionam para áreas onde encontram condições ideais para o desenvolvimento, alimentação e crescimento, maximizando sua sobrevivência (Lechner et al., 2016). Assim, o processo de deriva é fundamental para o desenvolvimento desses estágios iniciais da vida e para o subsequente recrutamento de indivíduos juvenis e adultos (Agostinho et al., 2016). Nesse contexto, barreiras artificiais podem dificultar a dispersão do ictioplâncton, impedindo o acesso a áreas cruciais ao seu crescimento e recrutamento (Brambilla et al., 2020). As águas lentas ocasionam a precipitação de ovos e larvas, potencializando a pressão de predação e o aumento da taxa de mortalidade (Agostinho et al., 2007; Pelicice et al., 2015). Essas informações denotam a importância de trechos fluviais ininterruptos para a manutenção de condições essenciais para o sucesso reprodutivo de diversas espécies (Zambaldi & Pompeu, 2020).

A duração do período embrionário e o padrão de desenvolvimento inicial variam significativamente entre as diferentes espécies de peixes e suas estratégias reprodutivas (Balon, 1981). A temperatura da água é o principal fator ambiental que exerce uma influência significativa sobre o desenvolvimento desses organismos (Souza et al., 2015). *Prochilodus argenteus* apresentou tempo de incubação menor (12h 50m a uma temperatura média de 29°C) quando comparado a outros espécimes do mesmo gênero, o que mostra uma possível sensibilidade à elevação térmica. Espécies do mesmo gênero, como, *P. hartii* (36 h 10m a 23°C) (Abdo et al., 2015), *P. nigricans* (18h a 28,8°C) (Silva et al., 2022), (*P. costatus* (21h 10m a 24°C) (Sato et al., 2003), *P. lineatus* (22h a 25°C) (Ninhaus-Silveira et al., 2006), *P. vimboides* (24h a 26,5°C) (Souza et al., 2015), *P. magdalenae* (13h a 28°C) (Yepes-Blandón et al., 2022) apresentam um maior tempo de embriogênese. Peixes migradores apresentam embriogênese rápida, enquanto espécies sedentárias que possuem cuidado parental têm embriogênese longa (Godinho et al., 2010), a exemplo de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (44h a 26,4°C) (Azevedo & Gomes, 1942) e *Geophagus brasiliensis* Quoy & Gaimard, 1824 (Melo et al., 2021) (72h a 26°C). Salienta-se que mesmo para espécies migradoras, sem cuidado parental, a temperatura pode ser um fator modulador do desenvolvimento, como registrado para

Brycon nattereri Gunther, 1864 (50h a 19°C) (Costeiros et al., 2017). Essas informações reforçam a influência que a estratégia reprodutiva e a temperatura exercem no desenvolvimento ontogenético, chamando atenção também para as mudanças climáticas.

Após a eclosão, as larvas de *P. argenteus* apresentam-se transparentes, são envoltas por uma membrana hialina, sem acuidade visual e trato digestório indiferenciado, características que as diferenciam significativamente dos indivíduos em fase juvenil. As características rudimentares observadas relacionam-se à ausência de cuidado parental e ao processo de deriva, de modo que a transparência das larvas dificulta a ação de predadores visualmente orientados, aumentando suas chances de sobrevivência (Oliveira et al., 2020), além disso, devido à falta de estruturas mais complexas, as larvas de *P. argenteus* realizam inicialmente movimentos verticais na coluna d'água. Essa movimentação é decorrente da ausência de estruturas de natação, modificando-se ao longo do desenvolvimento com o surgimento do botão das nadadeiras peitorais (Santos et al., 2016). Os caracteres morfológicos e comportamentais mencionados são comuns aos estágios ontogenéticos iniciais de outras espécies de *Prochilodus*, *P. brevis* (Nakatani et al., 2001), *P. costatus* (Santos et al., 2016), *P. harttii* (Abdo et al., 2015), *P. lineatus* (Nakatani et al., 2001), *P. nigricans* (Silva et al., 2022), *P. magdalena* (Yepes-Blandón et al., 2022) e *P. vimboides* (Souza et al., 2015). Essa simplicidade morfológica inicial é uma característica típica de larvas altriciais (Balon, 1990), observada também em outros gêneros de Characiformes com a mesma estratégia reprodutiva, como em *Leporinus piau* (Borçato et al., 2004), *Salminus franciscanus* (Santos & Godinho, 2002) e *Brycon orthotaenia* (Oliveira et al., 2020). Ao contrário, larvas precociais eclodem já bem desenvolvidas, apresentando características que favorecem uma maior percepção ambiental, fundamental para atividades de alimentação, natação e respiração (Portella et al., 2014).

O estudo das fases iniciais desses peixes oferece informações valiosas para aprimorar o conhecimento acerca das fases iniciais. Além disso, esse conhecimento possibilita a descrição de características que tornam a identificação de espécies coletadas em ambientes naturais mais assertiva (Bialecki et al., 2008). Nesse contexto, o presente estudo visa detalhar o desenvolvimento inicial de *P. argenteus*, abordando os eventos relacionados às transformações ao longo da ontogênese.

5. CONCLUSÃO

A identificação taxonômica de larvas coletadas em ambiente natural representa uma das maiores objeções para estudos relacionados com a composição e caracterização da comunidade ictioplanctônica. Contudo, a caracterização morfológica presente neste trabalho configura um valioso parâmetro descritivo e comparativo de peixes na bacia do rio São Francisco. Sendo assim, os dados produzidos almejam ampliar o conhecimento e proporcionar uma identificação assertiva de larvas coletadas em ambiente natural. Além disso, ovos e larvas configuram formidáveis apontadores de perturbações ambientais, indicando também, áreas cruciais de desova e berçário, o que contribui para a formulação de medidas eficientes na conservação das espécies.

6. REFERÊNCIAS

- Abdo, T. F., Perrotti, P. B., Meireles, W. A., & Bazzoli, N. (2016). Initial development of *Prochilodus hartii* (Pisces: Prochilodontidae) submitted to induced reproduction. *Zygote*, 24(3), 408-417.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Santos, N. C., Ortega, J. C., & Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173, 26-36.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Pelicice, F. M. (2007). Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.
- Albert, J. S., Tagliacollo, V. A., & Dagosta, F. (2020). Diversification of Neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 27-53.
- Ahlstrom, E. H., & Moser, H. G. (1976). Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Revue des Travaux de L'Institut des Peches Maritimes*, 40(3), 379-398.

Ahlstrom, E. H., Butler, J. L., & Sumida, B. Y. (1976). Pelagic Stromateoid Fishes (Pisces, Perciformes) of the Eastern Pacific: Kinds, Distributions, and Early Life Histories and Observations on Five of these from the Northwest Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 26(3), 285-402.

Albert, J. S., Tagliacollo, V. A., & Dagosta, F. (2020). Diversification of Neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 27-53.

Arantes, C. C., Fitzgerald, D. B., Hoeninghaus, D. J., & Winemiller, K. O. (2019). Impacts of hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 37, 28-40.

Arantes, F. P., Sato, Y., Sampaio, E. V., Rizzo, E., & Bazzoli, N. (2013). Spawning induction and fecundity of commercial native fish species from the São Francisco River basin, Brazil, under hatchery conditions. *Agricultural Sciences*.

Azevedo, P. & Gomes A. L. (1942). Contribuição ao estudo da biología da Traira *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794). *Bol. Ind. Anim ., Sao Paulo*, 5(4).

Balon, E. K. (1981). Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 6, 377-389.

Balon, E. K. (1990). Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyology Reviews*, 1.

Bialezki, A., Nakatani, K., Sanches, P. V., Baumgartner, G., Makrakis, M. C., & Taguti, T. L. (2008). Desenvolvimento inicial de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 30(2), 141-149.

Boncompagni-Júnior, O., Normando, F. T., Brito, M. F. G., & Bazzoli, N. (2013). Reproductive biology of *Prochilodus argenteus* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) in São Francisco River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(1), 132-138.

Borçato, F. L., Bazzoli, N., & Sato, Y. (2004). Embriogenesis and larval ontogeny of the "piauí-gordura", *Leporinus piauí* (Fowler) (Pisces, Anostomidae) after induced spawning. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21, 117-122.

Brambilla, E. M., Silva, L. G., Baumgartner, L. J., Bialetzki, A., & Nogueira, M. G. (2022). Dispersal of fish eggs and larvae in a cascade of small hydropower plants with fish ladders. *Hydrobiologia*, 849(2), 339-356.

Castro, R., & Vari, R. P. (2004). Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): a phylogenetic and revisionary study.

da Silva, F. K. S., Cajado, R. A., de Oliveira, L. S., dos Santos, Z., dos Santos, J. A., da Silva, L. V. F., ... & Zacardi, D. M. (2022). Early development of *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz 1829 (Characiformes: Prochilodontidae) in captivity. *Aquaculture Research*, 53(12), 4540-4555.

de Magalhães Araújo, D., Lins, J. L. F., dos Santos TAVARES, A., da SILVA, J., da SILVA, V. M., & Bordinhon, A. M. (2015). Aspectos de aquisição e consumo de peixes na feira livre de Porto Real do Colégio-Alagoas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 41(4), 961-973.

Ervilha, B. B., Diniz, M. A. S., Paschoalini, A. L., Dos Santos, J. C. E., Rizzo, E., & Bazzoli, N. (2022). Morphological analysis of *Prochilodus argenteus* ovaries in successful and unsuccessful hypophysation-induced reproduction. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 51(4), 509-513.

Fricker, R., Eschmeyer, W. N., & Van Der Laan, R. (eds.). (2024). *Eschmeyer catalog of fishes: Genera, species, references*.

Godinho, A. L., & Kynard, B. (2006). Migration and spawning of radio-tagged zulega *Prochilodus argenteus* in a dammed Brazilian river. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(3), 811-824.

Godinho, A. L., & Godinho, H. P. (2003). Breve visão do São Francisco. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas, 468, 15-23.

Godinho, A. L., Lamas, I. R., & Godinho, H. P. (2010). Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 87, 143-162.

Guimarães, I. M., Dias Filho, V. A., Silva, A. H. G. D., Santos, R. S., & Severi, W. (2017). Morphological development of larvae and juveniles of *Prochilodus argenteus*. *Ciência Rural*, 47(4), e20160401.

Jarduli, L. R., Garcia, D. A. Z., Vidotto-Magnoni, A. P., Casimiro, A. C. R., Vianna, N. C., Almeida, F. S. D., ... & Orsi, M. L. (2019). Fish fauna from the Paranapanema River basin, Brazil. *Biota Neotropica*, 20(1), e20180707.

Lechner, A., Keckeis, H., & Humphries, P. (2016). Patterns and processes in the drift of early developmental stages of fish in rivers: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 26, 471-489.

Leis, M. M., & Trnski, T. (1989). The larvae of Indo-Pacific shorefishes.

Maria, A. N., Ninhaus-Silveira, A., Orfão, L. H., & Viveiros, A. T. (2017). Embryonic development and larval growth of *Brycon nattereri* Günther, 1864 (Characidae) and its implications for captive rearing. *Zygote*, 25(6), 711-718.

Melo, M. D. V., Paschoalini, A. L., & Bazzoli, N. (2021). Influence of temperature on larval ontogenesis of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824)(Pisces: Cichlidae). *Zygote*, 29(6), 484-489.

Nakatani, K., A.A. Agostinho, G. Baumgartner, A. Bialecki, P. V. Sanches, M.C. Makrakis & C.S. Pavaanelli. (2001). Ovos e larvas de peixe de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Eduem, Maringá, 378.

Oliveira, R. S. F., Gargur, P., Gomes, M. V. T., Marinho, S. A. M., Santos, J. E., & Brito, M. F. G. (2020). Embryogenesis and larval development of migratory matrinhã *Brycon*

orthotaenia Günther 1864 (Characiformes: Bryconidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 36(5), 613-623.

Paiva, M. P., & Bastos, S. A. (1982). Marcações de peixes nas regiões do alto e médio São Francisco (Brasil). *Ciência e Cultura*, 34, 1362-1365.

Pelicice, F. M., Pompeu, P. S., & Agostinho, A. A. (2015). Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish and Fisheries*, 16(4), 697-715.

Portella, M. C., Jomori, R. K., Leitão, N. J., Menossi, O. C. C., Freitas, T. M., Kojima, J. T., ... & Carneiro, D. J. (2014). Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture*, 432, 402-417.

Rizzo, E., & Godinho, H. P. (2003). Superfície de ovos de peixes Characiformes e Siluriformes. *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. Belo Horizonte, PUC Minas, 468p, 115-132.

Santos, J. E. D., & Godinho, H. P. (2002). Ontogenic events and swimming behavior of larvae of the characid fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier)(Characiformes, Characidae) under laboratory conditions. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19, 163-171.

Santos, J. E., Sales, N. G., Santos, M. L., Arantes, F. P., & Godinho, H. P. (2016). Early ontogeny and swimming behavior of larvae of the neotropical fish *Prochilodus costatus* Valenciennes 1850 and *Prochilodus argenteus* Spix & Agassiz 1829 (Characiformes: Prochilodontidae). **Revista de Biología Tropical**, 64(2).

Sivasundar, A., Bermingham, E., & Ortí, G. (2001). Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology*, 10(2), 407-417.

Soares, E. C., Bruno, A. M. D. S. S., Lemos, J. M., & dos Santos, R. B. (2011). Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. *Biotemas*, 24(1), 61-67.

Souza, G., Melo, E. J., Caramaschi, E. P., Andrade, D. R., & Monteiro, L. R. (2016). Early development and allometric growth patterns of the grumatã (*Prochilodus vimboides* Kner, 1859). *Zygote*, 24(3), 428-441.

Yepes-Blandón, J. A., Vásquez-Machado, G., Ávila-Coy, J., Ortiz-Acevedo, Y., & Estrada-Posada, A. (2022). Embryogenesis and early larval development in bocachico (*Prochilodus magdalenae*) in Colombia. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 83(1), 58.

Zambaldi, L., & Pompeu, P. S. (2020). Evaluation of river fragmentation and implications for the conservation of migratory fish in southeastern Brazil. *Environmental Management*, 65(5), 702-709.