

Desenvolvimento ontogenético inicial de *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875) (Characiformes)

Divana Eliva Oliveira Alves¹, Maria de Fátima Macedo da Silva², Wagner Franco Molina³, Simone Almeida Gavilan Leandro da Costa⁴, Renata Swany Soares do Nascimento⁴

1. Programa RENORBIO, Rede Nordeste de Biotecnologia, Departamento de Biologia Celular e Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

2. Estação de Piscicultura do DNOCS, Caicó, RN, Brasil.

3. Departamento de Biologia Celular e Genética, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

4. Departamento de Morfologia, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

*Autor para correspondência: divanaeliva@yahoo.com.br

RESUMO. O estudo analisou o desenvolvimento embrionário do curimatã *Prochilodus brevis*, espécie endêmica do nordeste brasileiro, pertencente à família Prochilodontidae (Characiformes). Os embriões foram obtidos da Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira (DNOCS - Caicó, RN, Brasil). Após inseminação artificial dos reprodutores, foram realizadas coletas dos embriões, em intervalos de uma hora até a eclosão dos alevinos. As amostras foram fixadas em formol a 10%, a partir do qual os embriões foram analisados quanto aos padrões morfológicos externos, bem como em líquido Bouin por 12 horas, para análises histológicas. Os ovos de *P. brevis* são esféricos, transparentes e não adesivos. O período embrionário da espécie foi definido pelas fases de zigoto, clivagem, mórula, blástula, gástrula, organogênese, eclosão e larva, descritos por quatorze horas à temperatura de 28°C. Os padrões morfo-embrionários identificados se mostram similares aos de outras espécies de peixes teleósteos, no entanto, com variações relacionadas à cronologia de cada fase. A caracterização do desenvolvimento embrionário de *P. brevis*, proveu informações úteis no estabelecimento e adequação das condições de cultivo.

Palavras-chave: Embriogênese, reprodução, aquicultura, biologia do desenvolvimento, curimatã.

Early ontogenetic development of *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875) (Characiformes)

ABSTRACT. The study analyzed the stages of the embryonic development of the curimatã *Prochilodus brevis*, endemic fish of the northeast Brazilian, belonging the family Prochilodontidae (Characiformes). The embryos were obtained of the Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira (DNOCS – Caicó, RN, Brazil). The collections were accomplished after the beginning of the spawning and fertilization of the oocytes, in intervals of one hour to the appearance of the larvae. The samples were fixed in 10% formaldehyde for morphological analysis and in Bouin's solution during a period of twelve hours, after they were processed through routine histological techniques. The eggs of *P. brevis* are spherical, transparent and non-adhesive. The main events reported during embryogenesis were: zygote, cleavage, morula, blastula, gastrula, organogenesis, hatching and larvae. These events are common to several species of teleost fish, the variation found are related to the chronology of each phase and the specific characteristics of oocytes and eggs. The characterization of the embryonic development of fish such as *P. brevis*, it is essential to suit the growing conditions to the biological needs of these animals. The data from this study agree with studies of species endemic to the northeastern region and expand the possibilities for their cultivation.

Keywords: Embryogenesis; reproduction; aquaculture; developmental biology; curimatã.

1. Introdução

Dados da embriogênese de peixes proporcionam conhecimentos relacionados às fases iniciais de vida e das alterações que ocorrem durante o desenvolvimento (SANCHES et al., 2001a; SIVIDANES et al., 2012; OKADA et al., 2014). Embriões e larvas são morfologicamente muito diferentes dos adultos, apresentam exigências ecológicas distintas, com particularidades quanto ao habitat, alimentação e comportamento (NAKATINI et al., 2001). Quanto à história de vida, a análise embriológica contribui em estudos sobre relações evolutivas, hereditariedade, mecanismos de desenvolvimento e influências ambientais de características estruturais de organismos distintos (LAGLER, 1959). De forma aplicada, o conhecimento sobre o desenvolvimento embrionário em peixes é aplicável não somente à administração dos recursos pesqueiros, como também provê informações específicas relacionadas à pesca tradicional, ciclo de vida, taxonomia e padrões morfológicos das espécies (KIMMEL et al., 1995; NINHAUS-SILVEIRA et al., 2006; SAMPAIO, 2006). Contudo, apesar da importância da caracterização morfológica e temporal do desenvolvimento embrionário, muito pouco se conhece acerca das fases ontogenéticas iniciais de espécies nativas brasileiras.

Entre os peixes Neotropicais utilizados largamente em pisciculturas comerciais se destacam as espécies da família Prochilodontidae. Na região nordeste do Brasil, a espécie *Prochilodus brevis*, conhecida como curimatã-comum, desde estudos pioneiros (VON IHERING; AZEVEDO, 1934) vem sendo largamente disseminada em cultivos (FONTENELE, 1983; ARAÚJO et al., 2002). Os prochilodontídeos apresentam na fase adulta, lábios carnosos e boca prostrátil em forma de ventosa, presença de espinho pré-dorsal, dentes diminutos fracamente implantados sobre dos lábios e dispostos em duas fileiras na frente das maxilas e numa fileira lateral (NAKATINI et al., 2001). No gênero *Prochilodus* as espécies são ovíparas, cujos ovos pelágicos permanecem livres na coluna d'água, caracterizando a inexistência de cuidado parental (VERANI et al., 1989; ALMEIDA et al., 1993; DUQUE et al., 1998; WINEMILLER; JEPSEN, 1998; MOREIRA et al., 2001). As espécies são iliófagas ou detritívoras, alimentam-se de matéria orgânica e microrganismos associados ao sedimento de lagos e as margens de rios, sendo abundante em planícies de inundação (CASTRO, 1991).

Com a finalidade de caracterizar o processo embrionário de diferenciação de *P. brevis* e proporcionar informações sobre a embriogênese de espécies de peixes

endêmicos do semi-árido, aqui são descritas as fases do desenvolvimento embrionário do curimatã *Prochilodus brevis*, desde a fertilização dos ovócitos até a eclosão das larvas.

2. Material e Métodos

Exemplares adultos machos e fêmeas de *Prochilodus brevis* (STEINDACHNER, 1875) utilizados como reprodutores foram mantidos na Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira (Departamento de Nacional de Obras Contratas Secas - DNOCS – Caicó, RN, Brasil). A reprodução induzida ocorreu durante o período reprodutivo da espécie, compreendido entre novembro e março. Os reprodutores receberam duas doses de extrato de hipófise de *Cyprinus carpio* (EPC), diluído em solução de NaCl à 0,9%, sendo aplicado em cada animal 1 ml de solução. Na primeira dose foi aplicada a concentração de 2mg EPC/100g de peso total das fêmeas e 0,5mg EPC/100g de peso total dos machos. A segunda dose foi aplicada seis horas após a primeira, sob a concentração de 3mg EPC/100g de peso total das fêmeas e 2mg EPC/100g de peso total dos machos (WOYNAROVICH; HORVÁTH, 1983). Após a segunda aplicação, os reprodutores foram colocados em incubadoras e cerca de seis horas da aplicação da segunda dose teve início a liberação e fertilização dos gametas.

Após a fecundação externa, os ovos foram coletados em intervalos de uma hora até a eclosão das larvas. Uma parte do material foi fixada em formol a 10%, para análise da morfologia externa dos embriões, os quais foram depositados em lâminas, após a retirada do córion dos ovos, com auxílio de bisturi. Outra parte do material foi utilizada em preparações histológicas. O material

estas preparações foram fixadas em líquido Bouin durante doze horas. Para a descrição do desenvolvimento embrionário e dos estágios larvais iniciais, foi adotada a terminologia descrita por Woynarovich e Horváth (1983).

O material foi processado e analisado. Após o tratamento com Bouin, o material foi desidratado em concentrações crescentes de álcool por 1 hora cada. Em seguida foi diafanizado em três banhos com xilol, por 30 minutos cada. O material foi então impregnado em parafina, a partir do qual foram realizados cortes de 5µm de espessura em micrótomo (BEÇAK; PAULETE, 1979). Lâminas com os cortes histológicos foram coradas com hematoxilina e eosina, analisadas e fotografadas em fotomicroscópio óptico Olympus BX50, acoplado a um sistema digital Olympus DP73 de captura de imagens.

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas as principais fases do desenvolvimento embrionário de *Prochilodus brevis* que consistiram em zigoto, clivagem, mórula, blástula, gástrula, organogênese, eclosão e larva (Tabela 1). A duração da embriogênese, período estimado entre a fertilização dos ovócitos até a eclosão da larva, nesta espécie, foi de quatorze horas a temperatura de 28°C. Este período foi similar ao observado para a embriogênese de *P. lineatus* nessa temperatura. Temperaturas mais baixas, como 24°C resultaram no aumento da duração do período embrionário que chegou a 22 horas (NINHAUS-SILVEIRA et al., 2006). De fato, a variação durante o período embrionário parece estar diretamente associada à sensibilidade dos teleósteos às mudanças ambientais, principalmente a temperatura (SANTOS; AZOUBEL, 1996; FAUSTINO et al., 2007).

Tabela 1. Principais eventos durante a embriogênese de *Prochilodus brevis*, à temperatura de 28°C. / **Tabela 2.** Main events during embryogenesis *Prochilodus brevis*, at 28°C.

Fases	Estágios	Tempo* (min)	Descrição
Diferenciação celular e crescimento	Zigoto	0-15	Formação dos polos animal e vegetal
	Clivagem	15-120	Formação do blastodisco e divisões sucessivas dos blastômeros
	Mórula	120-180	Formação da camada sincicial
	Blástula	240-300	Formação da blastocele
Morfogênese	Gástrula	300-360	Formação do epiblasto e hipoblasto
	Gástrula	360-420	Formação da vesícula óptica
	Organogênese	420-480	Diferenciação das regiões cefálica e caudal
	Organogênese	480-540	Visualização do tubo neural, vesículas ópticas e de Kupffer
	Organogênese	540-620	Aparecimento dos somitos
	Organogênese	620-720	Liberação da cauda e surgimento da cavidade oral
Ontogênese larval	Organogênese	720-780	Evidência do intestino primitivo
	Eclosão da larva	780-840	Alongamento caudal, rompimento do córion
	Larva	2040	Alongamento do corpo

* Minutos após a fertilização

Após a fecundação verificou-se que o espaço perivitelino de *P. brevis* ficou mais amplo. Isto ocorre porque após a penetração do espermatozoide a micrópila se fecha e ocorre a hidratação do ovócito. Está é uma condição aparentemente frequente no gênero e tem sido relatada para quatro outras espécies de *Prochilodus* (NAKATINI et al., 2001).

As espécies migratórias apresentam desova total, fecundação externa e não tem cuidado parental, em função disto, seus ovos são menores e a fecundidade é maior (VAZZOLER, 1996). Em *P. brevis* os ovos se mostraram esféricos, transparentes, não adesivos, com um córion formado por uma fina camada gelatinosa. Esta característica é apresentada também por espécies de

Anostomidae, grupo filogeneticamente próximo à Prochilodontidae, tendo sido identificado nas espécies *Leporinus piau* (BORÇATO et al., 2004) e *L. friderici* (SANCHES et al., 2001a).

Os dados permitiram observar detalhadamente a embriogênese de *P. brevis*, que pode ser dividida conspicuamente em oito fases:

Estágio Zigoto

O zigoto de *P. brevis* foi formado após a fertilização do ovócito (Figura 1A), onde ocorreu a formação dos polos animal (porção precursora da ectoderme e mesoderme) e vegetal, futura endoderme. O polo animal foi formado pela união dos pronúcleos masculino e feminino e a porção citoplasmática deslocada às extremidades da célula-ovo (Figura 1A). Esta fase se caracteriza por mitoses sucessivas que promovem o aumento do volume da célula, originando os folhetos embrionários. Devido à presença de citoplasma e núcleos, esta porção mostrou-se mais basófila. O polo vegetativo foi formado por vitelo e caracterizou-se por ser mais acidófilo (Figura 1B). Padrões similares foram descritos tanto para espécies do mesmo gênero, como *P. lineatus* (NINHAUS-SILVEIRA et al., 2006), como de outras ordens, como Cyprinodontiformes (KIMMEL et al., 1995; SPIRITA SHARMIL; AHILA ANGELIN, 2015).

Estágio Clivagem

A grande quantidade e distribuição do vitelo são características dos ovos dos teleósteos (RIBEIRO et al., 1995; SANTOS; AZOUBEL, 1996). Neste tipo de ovo as clivagens são dos tipos meroblástica ou parcial, na qual os sulcos de clivagem se restringem ao núcleo e ao citoplasma ativo, que se encontra no ápice do polo animal. Este padrão é apresentado pelos ovos de *P. brevis*, onde as clivagens ocorrem no plano vertical, que dividiu o blastodisco (Figura 1C) em duas células (blastômeros) de igual tamanho, as novas divisões formaram quatro, oito, dezesseis, trinta e dois e sessenta e quatro blastômeros (Figuras 1D e 1E). Durante esse processo ocorreu um aumento do número de blastômeros, com concomitante redução de tamanho.

Estágio Mórula

Durante a clivagem ocorre uma adesão entre os blastômeros quando ainda são grandes e em pequeno número, formando uma massa sólida, a mórula, com aspecto sólido e rugoso. Nesse estágio também foi possível observar a formação da camada sincicial de vitelo chamada de periblasto (Figura 1F). Processos similares foram evidenciados nas espécies Neotropicais como *Brycon orbignyanus* (GANECO; NAKAGHI, 2003) e no bagre *Pseudoplatystoma corruscans* (MARQUES, 2008).

Estágio Blástula

Este estágio caracterizou-se pela formação do blastoderme, formando um espaço entre o vitelo e os blastômeros (a blastocele), como resultado da intensa divisão celular. Nesta fase verificou-se também a migração do núcleo do centro do blastodisco para a periferia, formando um sincício periférico. Esta formação resultou em uma camada celular, a blastocele, que envolve o vitelo

central. Esta fase nas espécies *P. lineatus* e *Trachelyopterus galeatus* (SANCHES et al., 2001b; NINHAUS-SILVEIRA et al., 2006), com a fase de blástula evidenciado o aumento do número de células, resultaram em um blastoderme com forma de meia lua.

Estágio Gástrula

Neste estágio à medida que as células blastodérmicas se expandiram em direção ao polo vegetativo, formou-se um longo espessamento de toda a margem da célula-ovo. Após a cobertura parcial do vitelo se iniciou o movimento de involução que se projetou abaixo e em sentido contrário ao movimento de epibolia, formando o epiblasto, a camada superficial, e o hipoblasto, a camada interna (Figuras 2A-F).

Eventos semelhantes foram observados em *Brycon cephalus* (ROMAGOSA et al., 2001) bem como identificados por FAUSTINO et al. (2007) que analisaram o desenvolvimento embrionário do híbrido *Pseudoplatystoma corruscans* x *P. fasciatum* cuja fase de gástrula foi caracterizada por movimentos de epibolia e morfogenéticos que realizaram a migração celular e promoveram uma diferenciação no tecido embrionário.

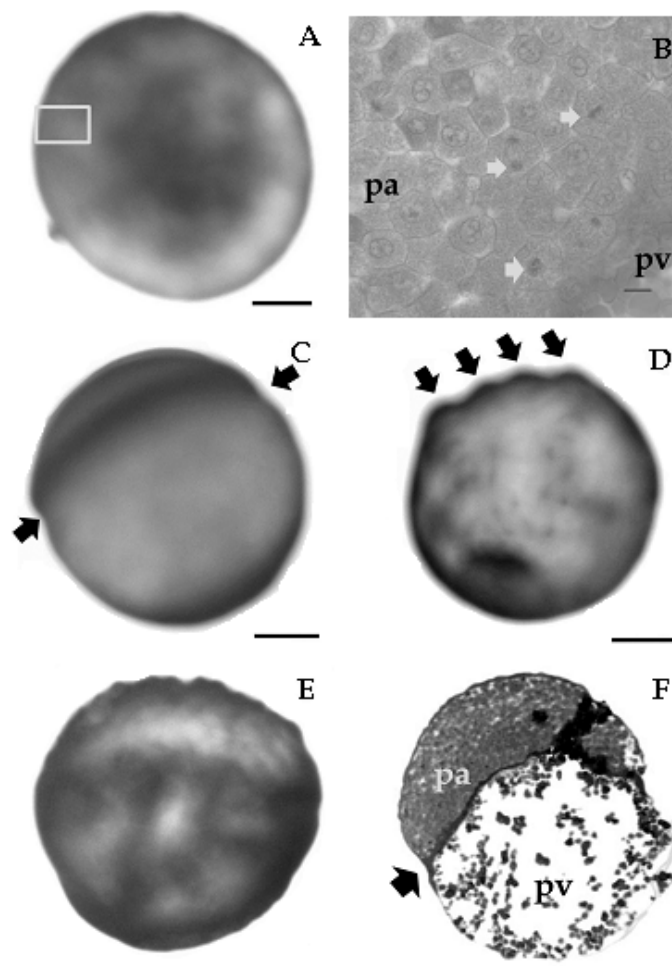


Figura 1. Fotomicrografias do ovócito fertilizado (a) e zigoto em divisão (c-f) de *P. brevis*. **A.** Zigoto; **B.** Detalhe de A, Polo Animal (pa), polo vegetativo (pv) do zigoto, mitoses (setas); **C.** Formação do blastodisco (setas); **D.** Evidência dos quatro blastômeros (setas); **E.** Visualização externa da mórula; **F.** Análise interna da mórula, destacando a camada sincicial de vitelo (seta). Barra=100µm (morfologia externa X10 A, C, E; morfologia interna X20, X100 B, D, F). / **Figure 1.** Photomicrographs of the fertilized oocyte (a) and zygote *P. brevis* division (c-f). **A.** Zygote; **B.** Detail of the A, Animal Pole (pa), vegetative pole (pv) of the zygote, mitosis (arrows); **C.** Blastodisc formation (arrows); **D.** Evidence of the four blastomeres (arrows); **E.** External view of the morula; **F.** Internal analysis of the morula, highlighting the syncytial layer calf (arrow). Bar = 100µm (external morphology X10 A, C, E; internal morphology X20, X100 B, D, F).

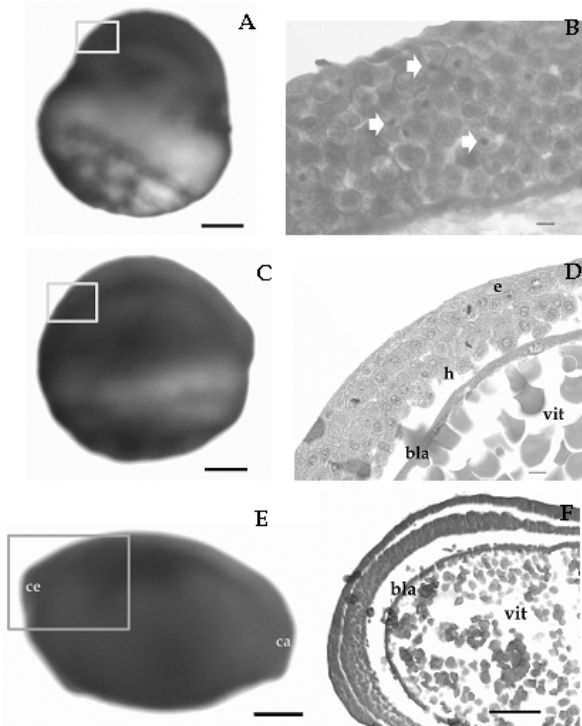


Figura 2. Fotomicrografias das fases de gástrula de *P. brevis* (a-f). **A.** Início da gastrulação; **B.** Detalhe de A, visualização da camada sincicial de vitelo e mitoses (setas); **C.** Início da movimentação de epibolia; **D.** Detalhe de C, formação do blastocele; **E.** Início da diferenciação das regiões cefálica (ce) e caudal (ca); **F.** Detalhe de E, corte evidenciando folhetos embrionários. Blastocele = bla; Epiblasto = e; Hipoblasto = h e Vitelo = vit. Barra=100µm (morfologia externa X10, A, C, E; cortes histológicos: X20 e X100 B, D, F). / **Figure 2.** Photomicrographs of the stages of gastrulation *P. brevis* (a-f). **A.** Start of gastrulation; **B.** The detail, the syncytial layer display calf and mitosis (arrows); **C.** Epibolia start of movement; **D.** Detail C, formation of blastocoel; **E.** Start of differentiation of cephalic regions (c) and flow (ca); **F.** Detail of E, cut showing embryonic germ layers. Blastocoel = bla; epiblast = e; hypoblast = h and Yolk = vit. Bar = 100µm (external morphology X10, A, C, E; Histological sections: X20 and X100 B, D, F).

Estágio Organogênese

O início da organogênese de *P. brevis*, ocorreu após o término da epibolia e fechamento do blastóporo, como também observado em *Brycon insignis* (ANDRADE-TALMELLI et al., 2001) e em três espécies do gênero (GOMES et al., 2007).

Nesta fase teve início a diferenciação das regiões cefálica e caudal do embrião observando-se o aparecimento dos somitos, notocorda, vesícula óptica e vesícula de Kupffer, intestino primitivo e cavidade oral (Figuras 3A-F). Foi possível verificar também o alongamento do embrião pelo eixo céfalo-caudal, com ausência de pigmentação e maior absorção do saco vitelino (Figuras 4A-F). Condição semelhante aquela observada na espécie modelo em biologia do desenvolvimento, a espécie *Danio rerio* (KIMMEL et al., 1995).

Estágio Eclosão

Após 14 horas da fertilização, a cauda se mostrava livre, dando início a movimentos natatórios vigorosos do embrião, culminando com o rompimento total do córion (Figura 5A). Neste estágio os sistemas nervoso, muscular e digestório, apresentam-se mais desenvolvidos, ainda que primitivos com relação ao indivíduo adulto. Estes eventos também são comuns às espécies *Brycon cephalus* (ROMAGOSA et al., 2001), *Pimelodus maculatus* (LUZ et al., 2001) e *P. corruscans* (MARQUES, 2008), que, no entanto, diferem de *P. brevis* em relação à duração dos eventos de morfogênese.

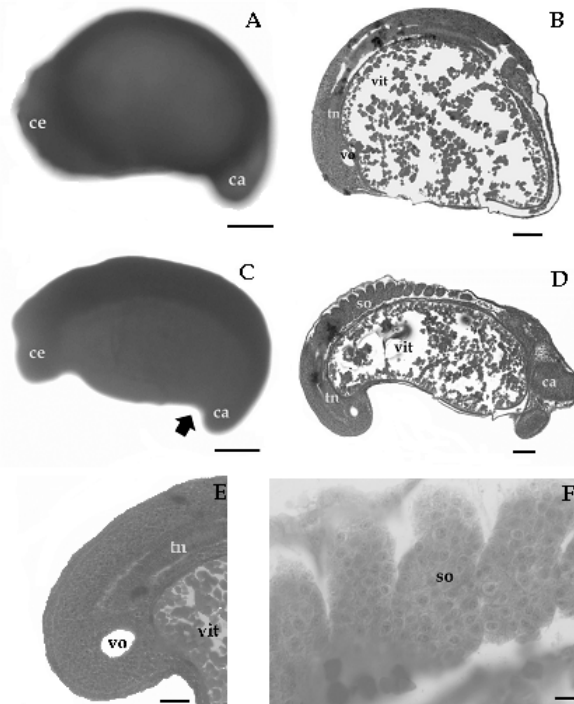


Figura 3. Fotomicrografias da fase inicial de organogênese de *P. brevis* (a-f). **A.** Desenvolvimento das regiões cefálica (ce) e caudal (ca) do embrião; **B.** Corte histológico formação da vesícula óptica (vo); **C.** Visualização da formação da vesícula de Kupffer (seta); **D.** Corte histológico evidenciando a presença do tubo neural (tn) e somitos (so); **E.** Detalhe a região cefálica vesícula óptica (vo), do tubo neural (tn) e vitelo (vit); **F.** Destaque para a formação de somitos (so). Barra=100µm (morfologia externa X10, A, C; cortes histológicos: X20 e X100 B, D, E, F). / **Figure 3.** Photomicrographs of the initial stage of organogenesis of *P. brevis* (a-f). **A.** Development of cephalic regions (c) and flow (ca) of the embryo; **B.** Histological section formation of the optic vesicle (vo); **C.** View the formation of Kupffer vesicle (arrow); **D.** Histological section showing the presence of the neural tube (tn) and somites (so); **E.** Detail cephalic region optic vesicle (vo), neural tube (tn) and calf (vit); **F.** Especially the formation of somites (so). Bar = 100µm (external morphology X10 A, C; histological: X20 and X100 B, D, E, F).

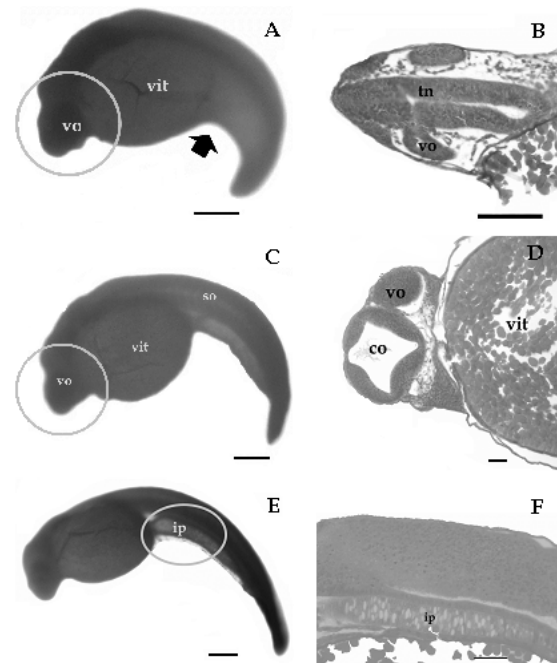


Figura 4. Fotomicrografias da fase final de organogênese de *P. brevis* (a-f). **A.** Embrião com oito horas de desenvolvimento, invaginação do vitelo devido à vesícula de Kupffer (seta); **B.** Corte dorsal, evidência do tubo neural (tn) e vesícula óptica (vo); **C.** Dez horas de desenvolvimento, liberação da cauda; **D.** Corte dorsal evidenciando a cavidade oral; **E.** Alongamento do embrião no eixo céfalo-caudal e visualização externa do intestino primitivo; **F.** Corte do intestino primitivo (ip). Barra=100µm (morfologia externa X10, A, C, E, cortes histológicos: X20 e X100 B, D, F). / **Figure 4.** Photomicrographs of the final stage of organogenesis of *P. brevis* (a-f). **A.** Embryo with eight hours of development, invagination of the calf due to vesicle Kupffer (arrow); **B.** Dorsal cut, evidence of the neural tube (tn) and optic vesicle (vo); **C.** Ten hours of development, release tail; **D.** Dorsal court evidencing the oral cavity; **E.** Embryo stretching in cerebrospinal flow axis and external view of the primitive gut; **F.** The primitive gut court (ip). Bar = 100µm (External morphology X10, A, C, E, histological sections: X20 and X100 B, D, F).

Larva

Após vinte horas da eclosão as larvas de *P. brevis* apresentaram corpo levemente pigmentado, olhos bem evidentes, arcos branquiais e nadadeiras primitivas (Figura 5B-F). Alterações semelhantes às registradas em *Leporinus piau* por BORÇATO et al. (2004).

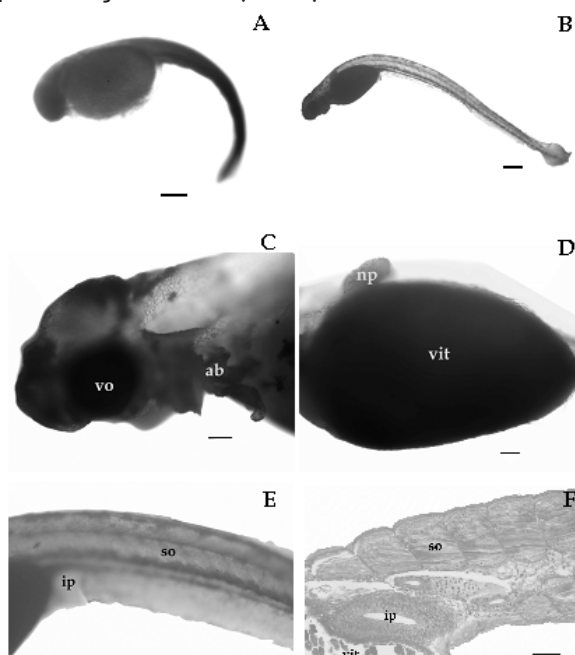


Figura 5. Fotomicrografias da larva de *P. brevis* após eclosão. **A.** Logo após o rompimento do corion, quatorze horas após a fertilização; **B.** Larva de *P. brevis* vinte horas após a eclosão; **C.** Detalhe da região cefálica, visualização da vesícula óptica (vo) e arcos branquiais (ab) evidentes; **D.** Porção mediana da larva presença de nadadeiras primitivas (np); **E.** Visualização da morfologia externa do intestino e presença de somitos; **F.** Detalhe de E, morfologia interna destaque para o intestino primitivo (ip) e somitos (so). Barra=100µm (morfologia externa X10, A, B, C, D, E. cortes histológicos X100, F). / **Figure 5.** Photomicrographs of the larva of *P. brevis* after hatching. **A.** Shortly after the breaking of the corium, fourteen hours after fertilization; **B.** Larva *P. brevis* twenty hours after hatching; **C.** Detail of the cephalic region, visualization of the optic vesicle (vo) and gill arches (ab) apparent; **D.** Middle portion of the larva presence of primitive flippers (np); **E.** View the gut external morphology and the presence of somites; **F.** Detail E, highlight internal morphology to the primitive gut (ip) and somites (so). Bar = 100µm (external morphology X10 A, B, C, D, E. histological X100, F).

4. Conclusões

A duração do período embrionário em *P. brevis* foi de quatorze horas à temperatura de 28°C. Durante a embriogênese foi possível identificar os principais eventos de sua morfogênese inicial. Distintamente foram descritas as fases de zigoto, clivagem, mórula, blástula, gástrula, organogênese, eclosão e larva. Estes eventos se mostraram similares aos identificados em diversas espécies de peixes teleosteos, contudo, variações mais marcantes envolvem a cronologia de cada fase e as características específicas dos ovócitos e ovos. Além dos aspectos relativos à biologia do desenvolvimento, a caracterização do desenvolvimento embrionário de *P. brevis* se mostra fundamental à adequação de algumas condições de cultivo às necessidades biológicas da espécie e amplia as informações sobre a embriogênese de espécies endêmicas da região nordeste do Brasil.

5. Agradecimentos

Agradecemos aos funcionários da Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira no DNOCS (Departamento de Nacional de Obras Contradas Secas), especialmente ao Sr.

José Djalmir, pela hipofixação dos reprodutores e ajuda nas coletas dos embriões.

6. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, V. L. L.; RESENDE, E. K.; LIMA, M. S. Dieta e atividade alimentar de *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista UNIMAR**, v. 15, p. 125-141, 1993.
- ANDRADE-TALMELLI, E. F.; KAVAMOTO, E. T.; ROMAGOSA, E.; FENERICH-VERANI, N. Embryonic and larval development of the "piabanha", *Brycon insignis*, STEINDACHNER, 1876 (PISCES, CHARACIDAE). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, p. 21-28, 2001.
- ARAÚJO, S. A.; GURGEL, H. C. B.; NASCIMENTO, R. S. S. Indicadores do desenvolvimento gonadal e nutricional de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 4, p. 85-96, 2002.
- BEÇAK, W.; PAULETE, J. **Técnicas de Citologia e Histologia**. Rio de Janeiro; Editora S.A., 1979.
- BORÇATO, F. L.; BAZZOLI, N.; SATO, Y. Embriogênese and larval ontogeny of the "piau-gordura", *Leporinus piau* (Fowler) (Pisces, Anostomidae) after induced spawning. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 117-122, 2004.
- CASTRO, R. M. C. **Sistemática e distribuição geográfica da família Prochilodontidae (Ostariophysi, Characiformes)**. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia, 9, Maringá. Resumos SBI/NUPELIA, p. 128, 1991.
- DUQUE, A. N.; TAPHORN, D. C.; WINEMILLER, K. O. Ecology of the coporo, *Prochilodus mariae* (Characiformes, Prochilodontidae), and status of annual migrations in western Venezuela. **Environmental Biology of Fishes**, v. 53, p. 33-46, 1998.
- FAUSTINO, F.; NAKAGHI, L. S. O.; MARQUES, C.; MAKINO, L.; SENHORINI, J. A. Fertilização e desenvolvimento embrionário: morfometria e análise estereomicroscópica dos ovos dos híbridos de surubins (pintado *Pseudoplatystoma corruscans* x cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum*). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, p. 49-55, 2007.
- FONTELENE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do curimatã pacu, "*Prochilodus argenteus*", Spix in Spix & Agassiz (Pisces: Characidae, Prochilodontinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 13, p. 87-102, 1983.
- GANEKO, L. N.; NAKAGHI, L. S. O. Morfologia da micrópila e da superfície dos ovócitos de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Osteichthyes, Characidae), sob microscopia eletrônica de varredura. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 25, p. 227-231, 2003.
- GOMES, B. V. C.; SCARPELLI, R. S.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Comparative oocyte morphology and early development in three species of trahiras from the São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 70, p. 1412-1429, 2007.
- HONORATO-SAMPAIO, K.; PRADO, P. S.; SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Comparative morphology of the oocyte surface and early development in four characiformes from the São Francisco River, Brazil. **Journal of Morphology**, v. 276, p. 1258-1272, 2015.
- KIMMEL, C. B.; BALLARD, W. W.; KIMMEL, S. R.; ULLMANN, B. Stages of embryonic development of the zebrafish. **Developmental Dynamics**, v. 203, p. 253-310, 1995.
- LAGLER, K. F. **Freshwater Fishery Biology**. Dubuque: W.M.C. Brown Company, 1959.
- LUZ, R. K.; REYNALTE-TATAJE, D. A.; FERREIRA, A. A.; ZANIBONI-FILHO, E. Desenvolvimento embrionário e estágios larvais do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, p. 49-55, 2001.
- MARQUES, C.; NAKAGHI, L. S. O.; FAUSTINO, F.; GANEKO, L. N.; SENHORINI, J. A. Observation of the embryonic development in *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) under light and scanning electron microscopy. **Zygote**, p. 1-10, 2008.

- MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMARMANN, S. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Canoas: Editora ULBRA, 2001.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce – Desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM, 2001. is. Brasília: DF, FAO/CODEVASF – CNPq, 1983.
- NINHAUS-SILVEIRA, A.; FORESTI, F.; AZEVEDO, A. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme; Prochilodontidae). **Zygote**, v. 14, p. 217-229, 2006.
- NAKAGHI, L. S. O.; NEUMANN, E.; FAUSTINO, F.; RIBEIRO MENDES, J. M.; DE BRAGA, F. M. Moments of induced spawning and embryonic development of *Brycon amazonicus* (Teleostei, Characidae). **Zygote**, v. 22, p. 549-557, 2014.
- RIBEIRO, C. R.; SANTOS, H. S. L.; BOLSAN, A. A. Estudo comparativo da embriogênese de peixes ósseos (Pacu, *Piaractus mesopotamicus*; tambaqui, *Colossoma macropomum* e híbrido tambacu). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, p. 65-78, 1995.
- ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y.; FENERICH-VERANI, N. Stages of embryonic development of the “Matrinxã”, *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27. p. 27-32, 2001.
- SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SUIBERTO, M. R.; GOMES, F. D.; NAKATANI, K.; BARBOSA, N. D. C. Caracterização do desenvolvimento inicial de *Leporinus friderici* (Osteichthyes, Anostomidae) da bacia do rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 383-389, 2001a.
- SANCHES, P. V.; NAKATANI, K.; BIALETZKI, A. Morphological description of the developmental stages of *Parauchenipterus galeatus* (Linnaeus, 1766) (Siluriformes, Auchenipteridae) on the floodplain of the Upper Parana River. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, p. 429-438, 2001b.
- SANTOS, H. S. L.; AZOUBEL, R. **Embriologia comparada**. Jaboticabal: FUNEP, 1996.
- SIVIDANES, V. P.; DUTRA, F. M.; MENDONÇA, P. P. Desenvolvimento embrionário da carpa prateada, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844). **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**, v. 19, p. 21-25, 2012.
- SPIRITA SHARMILI, V.; AHILA ANGELIN, J. Stages of embryonic development of the zebrafish *Danio rerio* (Hamilton). **European Journal of Biotechnology and Bioscience**, v. 6, p. 6-11, 2015.
- VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. NUPÉLIA. Maringá: EDUEM, 1996.
- VERANI, J. R.; MAINARDES-PINTO, C. S. R.; ANTONIUTTI, D. M. Crescimento do curimatá, submetido *Prochilodus scrofa* a diferentes tipos de fertilização orgânica. **Boletim Técnico CEPTA**, v. 16, p. 47-55, 1989.
- VON IHERING, R.; AZEVEDO, P. A. Curimatã dos açudes nordestinos (*Prochilodus argenteus*). **Archivos do Instituto Biológico**, v. 5, p. 143-184, 1934.
- WINEMILLER, K. O.; JEPSEN, D. B. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. **Journal Fish Biology**, v. 53, p. 267-296, 1998.
- WOYNAROVICH, E.; HOVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais**. Brasília: DF, FAO/CODEVASF – CNPq, 1983.