

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**Maíra da Silva Almeida Rocha**

**ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES  
(CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO**

**Diamantina-MG  
2016**

**Maíra da Silva Almeida Rocha**

**ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES  
(CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Mattos Pedreira

Coorientador: Prof. Dr. Robson Campos Silva

**Diamantina-MG  
2016**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

R672o

Rocha, Máira da Silva Almeida

Ontogenia larval comparativa de duas espécies (Characiformes e Siluriformes) endêmicas do rio São Francisco / Máira da Silva Almeida Rocha. – Diamantina, 2017.

51 p. : il.

Orientador: Marcelo Mattos Pedreira

Coorientador: Robson Campos Silva

Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2016.

1. Curimatã-pacu. 2. Diferenciação sexual. 3. Ontogênese. 4. Pacamã. 5. Peixes. I. Pedreira, Marcelo Mattos. II. Silva, Robson Campos. III. Título. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 639.3**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MAÍRA DA SILVA ALMEIDA ROCHA

**ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES  
(CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO  
FRANCISCO**

Dissertação apresentada ao  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ZOOTECNIA, nível de  
MESTRADO como parte dos requisitos  
para obtenção do título de MAGISTER  
SCIENTIAE EM ZOOTECNIA

Orientador : Prof. Dr. Marcelo Mattos  
Pedreira

Data da aprovação : 30/11/2016

  
Prof.ª Dr.ª SANDRA REGINA FREITAS PINHEIRO - UFVJM

  
Prof.ª Dr.ª CONCEIÇÃO APARECIDA DOS SANTOS - UFVJM

  
Prof.Dr. ROBSON CAMPOS SILVA - UFVJM

  
Prof.ª Dr.ª MARIANNE SCHORER - UFVJM

  
Prof.Dr. MARCELO MATTOS PEDREIRA - UFVJM

*Ao Autor e Consumador da minha fé,  
Jesus Cristo,*

*dedico.*

*(Hb 12:2)*

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, por me mostrar que o mais excelente conhecimento está contido em cada versículo da Sua Palavra.

Ao meu amado esposo Lincoln, pela decisão de me amar, pelas doces palavras de encorajamento e pelas demonstrações de carinho.

À minha mãe Antônia, por todo amor, cuidado e pelo imensurável apoio durante essa jornada.

Aos meus irmãos Cássio e Abraão, por representarem em minha vida a importância do amor fraternal.

Ao meu pai Marcos, por ser minha inspiração para vida acadêmica e pelos auxílios em diversos momentos.

Aos meus familiares do Piauí e aos meus novos familiares de Minas Gerais, pela torcida e por acreditarem em mim.

Ao meu orientador Prof. Marcelo Mattos, por ter aceitado me orientar em um momento decisivo da minha vida e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Aldrin Vieira (*in memoriam*), por ter sido meu primeiro orientador e pela amigável compreensão que me concedeu na mudança de linha de pesquisa.

À Dr.<sup>a</sup> Marianne Schorer, pelos ensinamentos, por estar sempre disposta a ajudar e pelos momentos descontraídos.

Ao Prof. Robson Campos, pelos ensinamentos, pela disposição de tempo e dedicação na ajuda das análises histológicas e pela disponibilização do laboratório.

Aos queridos amigos do Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática do DZO/UFVJM: Maria, Daiane, Thaís, Aline, Sâmela, Thiago, Marianne, Casé, Guilherme, Talita, Régis, Emilene, Stella e André, pelos conhecimentos práticos e teóricos sobre piscicultura, pelas conversas sérias e descontraídas e por cada momento especial que vivemos juntos.

Aos queridos amigos do Laboratório de Técnicas Histológicas do DCB/UFVJM: Magdala, Samuel, Prof.<sup>a</sup> Conceição, Prof. Robson, Daniela, Ivete, Dayvson, Prof.<sup>a</sup> Cristiane e Ieda pelos momentos de descontrações, degustações e por tornarem nosso dia-a-dia de trabalho bem mais colorido.

Ao Prof. João por disponibilizar o Laboratório de Histologia do *Campus I* / UFVJM e aos técnicos Luís e Leonardo pelas significativas ajudas concedidas.

À CODEVASF e a todos os seus funcionários, pela disponibilização do espaço e dos animais para execução deste trabalho, em especial ao Dr. José Cláudio pelos auxílios e esclarecimentos prestados.

A todos os irmãos da Primeira Igreja Batista de Diamantina, pelo acolhimento e aconchego familiar.

À UFVJM pela oportunidade de cursar o mestrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Banco do Nordeste do Brasil e ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

Minha gratidão a cada um de vocês encontra-se em cada página desta dissertação!

*“Não tenho palavras pra agradecer Sua bondade,  
Dia após dia me cercas com fidelidade  
Nunca me deixes esquecer  
Que tudo o que tenho,  
Tudo o que sou,  
E o que vier a ser  
Vem de Ti, Senhor!”*

*(Diante do Trono)*



## RESUMO

Objetivou-se com este trabalho comparar histologicamente o desenvolvimento ontogenético de duas espécies de peixes endêmicos da bacia do rio São Francisco, *Prochilodus argenteus* (curimatã-pacu) e *Lophiosilurus alexandri* (pacamã). As coletas para as análises histológicas foram realizadas a cada 24 horas a partir do momento da eclosão até o 14º dia pós-eclosão (DPE) para a observação do desenvolvimento larval e até o 39º DPE para a observação do desenvolvimento gonadal. As larvas foram fixadas inteiras em solução de Bouin e as lâminas histológicas foram coradas pelo método de Hematoxilina-Eosina. Larvas de pacamã exibiram um tamanho corporal maior em relação às larvas de curimatã-pacu desde a eclosão. Larvas de pacamã apresentaram a abertura da boca e início da pigmentação dos olhos no momento da eclosão, enquanto que nas larvas de curimatã-pacu, esses eventos foram observados no 1º DPE. No curimatã-pacu a visualização e a insuflação da bexiga natatória ocorreram no 1º e 3º DPE, respectivamente, sendo esses eventos mais tardios no pacamã, com visualização no 2º e insuflação no 8º DPE. Os grânulos de vitelo foram absorvidos no 4º DPE pelo curimatã-pacu e no 10º DPE pelo pacamã. No 7º DPE, o tubo digestório do pacamã apresentou-se mais diferenciado em relação ao curimatã-pacu. O sistema digestório de ambas as espécies ao 14º DPE demonstraram características relacionadas aos seus respectivos hábitos alimentares, com estômago amplo e intestino curto no pacamã, típicos de hábito carnívoro; estômago com função mecânica e intestino longo no curimatã-pacu, típicos de hábito detritívoro. O tecido epitelial de revestimento, formado por uma única camada de células nas larvas recém-eclodidas (0 DPE), apresentou diferenciação ao longo dos dias, exibindo presença de escamas no curimatã-pacu e numerosas células “club” na região epitelial intermediária do pacamã, em avaliações realizadas ao 39º DPE. Analisando os indivíduos com 39 DPE, verificou-se a presença de gônadas indiferenciadas com células somáticas e células germinativas primordiais que foram observadas realizando migração no sentido caudo-cranial desde o 1º DPE em ambas as espécies. Pôde-se concluir que as alterações anatômicas observadas durante a ontogenia de larvas *P. argenteus* e *L. alexandri* estão diretamente relacionadas ao hábito alimentar e ao comportamento inerente à cada espécie, sendo uma detritívora que nada ativamente na coluna d’água, e outra carnívora que habita regiões de fundo, respectivamente. Aos 39 dias pós-eclosão, em ambas as espécies não foram observados indícios histológicos de diferenciação sexual.

**Palavras-chave:** curimatã-pacu, diferenciação sexual, ontogênese, pacamã, peixes.

## ABSTRACT

The objective of this work was to compare histologically the ontogenetic development of two endemic species of fish from the São Francisco river basin, *Prochilodus argenteus* (curimatã-pacu) and *Lophiosilurus alexandri* (pacamã). The samples for the histological analyzes were performed every 24 hours since the moment of hatching until the 14th day post-hatching (DPH) for observation of the larval development and until the 39th DPH for the observation of gonadal development. The whole larvae were fixed in Bouin's solution and the histological slides were stained by the Hematoxylin-Eosin method. Pacamã larvae exhibited a larger body size relative than the curimatã-pacu larvae since hatching. Pacamã larvae presented the mouth opening and pigmentation of eyes beginning at the time of hatching, whereas in curimatã-pacu larvae, these events were observed in the 1st DPH. The visualization and the inflation of the swim bladder in the curimatã-pacu, occurred in the 1st and 3rd DPH, respectively, being these events in the pacamã later, with visualization in the 2nd and insufflation in the 8th DPH. The yolk granules were absorbed in the 4th DPH by the curimatã-pacu and in the 10th DPE by the pacamã. In the 7th DPH, the pacamã's digestive tube was more differentiated than curimatã-pacu. The digestive system of both species at the 14th DPH has features of its eating habits: the pacamã, with a broad stomach and a short intestine, typical of a carnivorous habit; stomach with a mechanical function and a long intestine in curimatã-pacu, typical of detritivorous habit. The epithelial lining tissue, formed by a single layer of cells in the newly hatched larvae (0 DPH), showed a differentiation throughout the days, exhibiting scales in curimatã-pacu and numerous club cells in the middle epithelial region of the pacamã, at evaluations carried at the 39th DPH. Analyzing the individuals with 39 DPH, the presence of undifferentiated gonads with somatic cells and primordial germinative cells were observed, which has a caudate-cranial migration since 1st DPH in both species. It was concluded that the anatomical alterations of the ontogeny of *P. argenteus* and *L. alexandri* larvae are directly associated to the feeding habit and the inherent behavior of each species, being these detritivorous that nothing actively in the column of water and carnivorous that inhabits bottom regions, respectively. At the 39 day post-hatching, both species haven't evidenced of sexual differentiation.

**Keywords:** curimatã-pacu, sex differentiation, ontogenesis, pacamã, fishes.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros de qualidade de água obtidos durante o período experimental com curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) e pacamã (*Lophiosilurus alexandri*).....29

**Tabela 2.** Valores médios e desvios padrão do comprimento total (CT) e peso das pós-larvas de curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) e pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) mensurados em biometrias semanais durante o período experimental.....31

## LISTA DE FIGURAS

<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
<b>Figura 1.</b> Exemplar adulto de <i>Prochilodus argenteus</i> .....	13
<b>Figura 2.</b> Exemplar adulto de <i>Lophiosilurus alexandri</i> .....	14
<b>ARTIGO: ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES (CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO</b> .....	25
<b>Figura 1.</b> Fotomicrografias das larvas de <i>Prochilodus argenteus</i> (A, C, E) e <i>Lophiosilurus alexandri</i> (B, D, F) em secções longitudinais. (A) e (B) – 0° DPE: saco vitelino (SV), sistema nervoso (SN), tubo digestório primitivo (cabeças de seta) e boca fechada em (A) e aberta em (B) (seta). (C) e (D) – 4° e 10° DPE, respectivamente: vestígio do saco vitelino (seta), bexiga natatória (BN), hepatopâncreas (HP) e intestino (cabeça de seta). (E) e (F) – 7° DPE: cavidade bucofaringeana (CB), esôfago (cabeça de seta), estômago (ES), intestino (INT) e bexiga natatória (BN). Aumentos: 10 x (A, B, C, D) e 4 x (E, F).....	33
<b>Figura 2.</b> Fotomicrografias de <i>Prochilodus argenteus</i> (A, C, E) e <i>Lophiosilurus alexandri</i> (B, D, F) em secções longitudinais. (A) e (B) – 1° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta), abertura da boca (seta), cavidade bucofaringeana (CB) e saco vitelino (SV). (C) e (D) – 7° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta), cristalino (estrela) e cavidade bucofaringeana (CB). (E) e (F) – 14° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta) e cristalino (estrela). Aumento: 10 x.....	34
<b>Figura 3.</b> Fotomicrografias de <i>Prochilodus argenteus</i> (A, C, E) e <i>Lophiosilurus alexandri</i> (B, D, F) em secções longitudinais no 14° DPE. (A) e (B): cavidade bucofaringeana (CB), região do esôfago (cabeças de seta), sistema nervoso (SN), brânquias (BR) e opérculo (seta). (C) e (D): estômago (ES), intestino (INT), hepatopâncreas (estrelas), coração (CO), bexiga natatória (BN), porção cranial do rim (seta) e porção caudal do rim (cabeça de seta). (E) e (F): bexiga natatória (BN), intestino (INT), estômago (ES), porção cranial do rim (seta) e porção caudal do rim (cabeças de seta). Aumento: 4 x.....	35
<b>Figura 4.</b> Fotomicrografias de <i>Prochilodus argenteus</i> (A, C, E) e <i>Lophiosilurus alexandri</i> (B, D, F). (A) e (B) – 0° DPE: secção longitudinal da região cefálica das larvas com presença de células epiteliais (cabeças de seta), célula mucosa (seta) e sistema nervoso (SN). (C) e (D) – 7° DPE: secção longitudinal da região cefálica com presença das células epiteliais da região externa (cabeças de seta), células epiteliais basais (CB), sistema nervoso (SN), células “club” (CC) e pigmentação (estrela). (E) e (F) – 39° DPE: secção transversal da região lateral das pós-larvas com presença de células epiteliais da região externa (cabeças de seta), derme (DE), escamas (setas), células “club” (CC), musculatura (M) e pigmentação (estrela). Aumento: 40 x.....	38

**Figura 5.** Fotomicrografias de *Prochilodus argenteus* (A, C, E, F) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, G, H). (A) e (B) – 1º DPE: secção longitudinal das larvas indicando a presença de células germinativas primordiais (cabeças de seta), tubo digestório primitivo (TD) e rim primitivo (R). (C) e (D) – 39º DPE: secção transversal das pós-larvas indicando a presença do primórdio gonadal (PG), célula germinativa primordial (cabeça de seta), melanócitos (seta) e rim (R). (E), (F), (G) e (H): Maior ampliação das respectivas imagens (A), (C), (B) e (D), indicando a presença de células germinativas primordiais (cabeças de seta) e células somáticas (estrela). Aumentos: 40 x (A, B, C, D) e 100 x (E, F, G, H).....39

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1 O CURIMATÃ-PACU .....	12
2.2 O PACAMÃ .....	13
2.3 DESENVOLVIMENTO INICIAL DOS PEIXES .....	14
2.4 DIFERENCIAÇÃO SEXUAL EM PEIXES.....	16
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	18
ARTIGO .....	24
<b>4. ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES (CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO</b> .....	25
4.1 INTRODUÇÃO.....	27
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.3 RESULTADOS .....	31
4.4 DISCUSSÃO .....	40
4.5 CONCLUSÃO.....	46
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os peixes representam aproximadamente 50% dos vertebrados do planeta, compreendendo cerca de 24.000 espécies (NAKATANI et al., 2001). A aquicultura é uma das atividades zootécnicas que tem apresentado considerável crescimento a nível mundial nos últimos anos (KIRCHNER et al., 2016). Esse crescimento pode ser explicado pelo aumento do consumo mundial de pescado devido à procura por alimentos saudáveis que proporcionem uma melhor qualidade de vida.

No Brasil, a expansão da aquicultura tem favorecido o crescimento da oferta e do consumo de pescado (KUBITZA, 2015). A atividade aquícola está presente em todos os estados brasileiros (KIRCHNER et al., 2016), o que favoreceu uma produção de 628.704,3 toneladas em 2011, representando um crescimento de 31,1% em relação à produção aquícola de 2010 (MPA, 2011). Além das condições climáticas favoráveis, das reservas de águas e do crescimento da piscicultura, outro fator que contribui para o amplo potencial do Brasil é a riqueza da sua ictiofauna. Segundo Pinheiro (2014), o país possui aproximadamente 3 mil espécies de peixes de água doce, das quais muitas apresentam potencial para produção. No entanto, a participação das espécies nativas na piscicultura brasileira é inferior aos 20% (PINHEIRO, 2014), sendo que as principais espécies criadas em cativeiro no país são exóticas (tilápias, carpas e bagres americanos).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco ocupa o terceiro lugar em extensão, dentre as bacias brasileiras, e é subdividida em quatro segmentos: alto, médio, submédio e baixo (AMORIM et al., 2013). Das 214 espécies nativas da bacia, várias são utilizadas na alimentação humana, tornando-as alvo de intensa pesca, dentre as quais estão o curimatá (*Prochilodus argenteus*) e o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), consideradas espécies nativas que apresentam potencial para piscicultura (BARBOSA e SOARES, 2009; CAMPECHE et al., 2011). Contudo, para que a criação de espécies nativas em cativeiro seja eficiente é primordial que se tenha informações sobre a biologia das mesmas.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar se o desenvolvimento ontogenético de duas espécies de peixes endêmicos da bacia do rio São Francisco (*Prochilodus argenteus* e *Lophiosilurus alexandri*), considerando-se que as informações obtidas agregarão conhecimento sobre as características peculiares da criação de ambas as espécies. Considera-se que tais características reflitam em diferenças no desenvolvimento ontogenético das espécies estudadas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O CURIMATÃ-PACU

O curimatã-pacu, *P. argenteus* (Figura 1), pertencente à ordem Characiformes e família Prochilodontidae, é uma espécie endêmica do rio São Francisco conhecida também como grumatão, curimbatá, curimba ou curimatã (DIAS, 2014). Apresenta corpo fusiforme e comprido com coloração cinza prateada, focinho peculiar e boca subterminal em forma de ventosa (ALMEIDA et al., 2015) com lábios espessos e protáteis nos quais localizam-se vários denticulos dispostos em duas fileiras na frente das maxilas e em uma fileira lateralmente (BRITSKI et al., 1986). Apresenta olhos com tamanho moderado a grande, localizados lateralmente (NAKATANI et al., 2001) e uma região do estômago é modificada em forma de moela, condição que é considerada como adaptação ao tipo de alimentação (CAMPECHE et al., 2011). Possui hábito alimentar detritívoro, ou seja, alimenta-se de matéria orgânica e microorganismos associados à lama do fundo de lagos e rios (RIBEIRO, 2011).

No aspecto econômico, o gênero *Prochilodus* constitui um importante recurso pesqueiro, representado até 50% de toda a produção de pescado nos locais onde ocorre (SATO et al., 2003a) e é bastante utilizada em programas de repovoamento da bacia do rio São Francisco (SANTOS et al., 2013).

Trata-se de uma espécie de piracema, cujo período reprodutivo ocorre na época de chuvas mais intensas (CAMPECHE et al., 2011), estendendo-se de novembro a janeiro, coincidindo com a época de cheias, altas temperaturas e longos fotoperíodos (SATO et al., 1996). Essa espécie apresenta desova total, ovos livres, desenvolvimento embrionário rápido (17 a 22 h a 23-24 °C) e não demonstra comportamento de cuidado com a prole (SATO et al., 2003b). As fêmeas apresentam crescimento superior ao dos machos, podendo atingir até 15 kg de peso corporal, sendo considerada a maior espécie de curimatã encontrada (BRITSKI et al., 1986).





**Figura 1.** Exemplar adulto de *Prochilodus argenteus* (35 cm).

## 2.2 O PACAMÃ

Pertencente à ordem Siluriformes e família Pseudopimelodidae, o pacamã, *L. alexandri* (Figura 2), é uma espécie endêmica da bacia do rio São Francisco, sendo conhecido popularmente como pocomã, pacamão, niquim ou linguado-do-são-francisco (BRITSKI et al., 1986). Anatomicamente, possui o corpo em formato de gota, afunilando-se em direção à cauda, pele cor de areia ou pedra com manchas escuras na região dorsal, acúleo da nadadeira peitoral com espinhos proeminentes e acúleo da nadadeira dorsal curto e forte, segundo descrição realizada por Britski et al. (1986) e Costa (2012). Os autores também descrevem que a espécie possui cabeça achatada com olhos pequenos localizados dorsalmente e boca voltada para cima, apresentando mandíbula que ultrapassa a maxila superior e os dentes da mandíbula ficam fora da boca quando fechada.

Com hábito alimentar carnívoro e comportamento sedentário, o pacamã é considerado um “predador de emboscada” (SANTANA, 2013). Habita regiões de fundo de areia ou de pedras e apresenta preferência por ambientes lânticos (TRAVASSOS, 1959), sendo identificado por pescadores como peixe de fundo que fica enterrado na areia ou barro (THÉ et al., 2003).

O pacamã representa um dos peixes de maior interesse na piscicultura local da bacia do São Francisco (SANTOS, 2011) por apresentar carne saborosa, firme, avermelhada e livre de espinhas, o que o agrega alto valor comercial (TENÓRIO, 2003; SANTANA, 2013). Essa

espécie consta na lista de espécies presumivelmente ameaçadas de extinção (LINS et al., 1997) e tem sido utilizada em programas de repovoamento da bacia do rio São Francisco (LUZ e SANTOS, 2015). Como peixe ornamental, é comercializado com alto valor de mercado e vendido em unidades, diferentemente de outras espécies que são vendidos em milhares (CAMPECHE et al., 2011).

As fêmeas desovam em fundos de areia formando ninhos (LUZ e SANTOS, 2015), cujo o formato é circular com diâmetro variando de 40 a 50 cm e profundidade de 8 a 10 cm (SATO et al., 2003b). Apresenta desova parcelada, ovos adesivos com diâmetro grande, desenvolvimento embrionário longo (41 a 62 h a 23-24 °C) e cuidado parental, no qual os machos protegem os ninhos, mantendo-se apoiados sobre os mesmos (SATO et al., 2003b). Quando adultos, podem atingir cerca de 8 kg ou mais de peso corporal (SANTANA, 2013) e as fêmeas são geralmente maiores (LUZ e SANTOS, 2015).



**Figura 2.** Exemplar juvenil de *Lophiosilurus alexandri* (25 cm).

### 2.3 DESENVOLVIMENTO INICIAL DOS PEIXES

A ontogenia pode ser definida como o estudo do desenvolvimento de todos os órgãos e sistemas, desde a formação até a completa organização celular (OLIVEIRA e SÁ, 2012). Segundo Gomes et al. (2007), a embriogênese e o desenvolvimento larval são estágios importantes do ciclo de vida dos peixes por fornecer informações biológicas relevantes principalmente nos aspectos relacionados à ontogenia, alimentação, reprodução e comportamento. O termo larva refere-se ao período de vida desde a eclosão até o início da

alimentação exógena e enchimento da bexiga natatória, iniciando posteriormente a fase de pós-larva (WOYNAROVICH e HORVÁTH, 1983). A duração do estágio larval, considerado o período mais crítico no ciclo de vida dos peixes (LOPES, 2016) varia conforme a espécie e a temperatura da água, no qual a larva tem seu tamanho duplicado e o peso aumentado em até 100 vezes (NAKATANI et al., 2001). No decorrer desse estágio, ocorre uma sequência de eventos morfofisiológicos, nos quais são formados todos os sistemas orgânicos e o organismo consegue desenvolver, atingindo o estágio juvenil e, posteriormente, adulto (LOPES, 2016).

O conhecimento sobre a biologia das espécies de peixes torna-se fundamental quando se pretende a realização de uma produção intensiva (ANDRADE et al., 2015), porém a deficiência ou ausência de dados científicos a respeito do assunto compõe-se como fator limitante para o crescimento da piscicultura (ALVES et al., 2014). Considerando o grande número de espécies nativas brasileiras, muito pouco se conhece acerca das suas fases ontogenéticas iniciais, sendo esses conhecimentos significativos para estudos taxonômicos e de larvicultura (LUZ et al., 2001; GODINHO et al., 2003; ALVES et al., 2016).

Na larvicultura, a escassez de informações sobre a fase larval resulta, por exemplo, em um manejo alimentar empírico e inadequado durante a larvicultura acarretando frequentemente em baixas taxas de crescimento e sobrevivência (FERREIRA et al., 2009). Mattos et al. (2014) ressaltam que a ausência de informações ontogenéticas implica na redução do desempenho zootécnico e elevada taxa de mortalidade, muitas vezes prejudicando o desenvolvimento das proles e até a sustentabilidade econômica da atividade aquícola.

No âmbito ecológico e taxonômico, a caracterização das fases iniciais de vida dos peixes apresenta fundamental importância, pois além de permitir a identificação adequada das larvas, auxilia no entendimento das relações entre as espécies e seu ambiente natural, servindo de base tanto para a ictiologia quanto para a biologia pesqueira (SANCHES et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2012). Segundo Sanches et al. (2001), estudos sobre a ecologia de espécies de peixes não podem ser considerados adequados sem que haja o conhecimento prévio do desenvolvimento inicial das mesmas.

O desenvolvimento das estruturas corporais das larvas permite a aquisição de características que as auxiliam na sobrevivência, como formação das nadadeiras, pigmentação dos olhos, abertura da boca e início da alimentação exógena (JIMÉNEZ-SEGURA et al., 2003). Conforme Nakatani et al. (2001), a maioria das larvas de peixes de água doce não eclode completamente desenvolvida, apresentando boca e mandíbulas não formadas, olhos não pigmentados, saco vitelino grande e a nadadeira primordial estendendo-se medialmente por

todo o corpo, que com o tempo vão sofrendo modificações progressivas até a diferenciação dos caracteres adultos.

Durante a ontogênese dos peixes as alterações morfológicas não seguem um padrão linear, ocorrendo saltos súbitos de mudanças em uma ou mais partes do corpo e que geralmente coincidem com mudanças anatômicas, fisiológicas, comportamentais e/ou de habitat (SAGNES et al., 1997). A maioria dos estudos com larvas de peixes é voltada para obtenção de dados sobre os caracteres morfológicos e de crescimento, sem dar atenção particular ao desenvolvimento morfológico em relação à função (OSSE, 1990). Entretanto, alguns estudos vêm sendo realizados com o intuito de relacionar as características estruturais, anatômicas e/ou histológicas dos sistemas orgânicos dos peixes com seus hábitos e comportamentos (SEIXAS FILHO et al., 2000).

Portanto, estudos sobre a ontogenia em peixes são imprescindíveis, uma vez que os resultados obtidos podem gerar conhecimentos aplicáveis para a melhoria da produção de espécies nativas e da piscicultura de modo geral.

## **2.4 DIFERENCIAÇÃO SEXUAL EM PEIXES**

A expressão do sexo em peixes depende de dois processos: a determinação sexual, responsável pelo sexo genético (ou genotípico); e a diferenciação sexual, relacionada ao sexo gonadal (ou fenotípico) que é definido pelo desenvolvimento das gônadas masculinas e femininas (PIFERRER, 2001).

Ao contrário da determinação sexual, que dura minutos ou mesmo segundos, a diferenciação sexual é um evento mais longo (PANDIAN, 2012 apud GOMES, 2013) podendo ocorrer na fase embrionária, na fase larval (início da alimentação exógena) ou na fase juvenil (várias semanas após o início da alimentação exógena) (CARVALHO, 2013).

A fase indiferenciada durante o desenvolvimento das gônadas é conhecida como período lábil e é caracterizada como o período em que as gônadas apresentam maior sensibilidade à ação de esteroides exógenos (PIFERRER, 2001). Durante esse período o indivíduo não apresenta sexo fenotípico devido à ausência de ovário, testículo ou outras características associadas aos sistemas reprodutores, possuindo apenas células germinativas primordiais imersas em tecido conjuntivo indiferenciado que podem originar gônadas masculinas ou femininas (DRUMMOND, 2007; ALMEIDA, 2013).

O início da diferenciação sexual geralmente ocorre primeiro nas fêmeas e mais tardiamente nos machos e as alterações morfológicas são evidenciadas a nível celular, antes de

quaisquer alterações externas no animal, podendo ser observadas somente por meio de análise histológica das gônadas (PIFERRER, 2001). Consequentemente, o ponto de partida para o desenvolvimento de protocolos eficazes de inversão sexual em peixes é determinar em que período as gônadas diferenciadas podem ser observadas histologicamente pela primeira vez (SOUZA, 2015). O período lábil é específico para cada espécie (PIFERRER, 2001), não sendo conhecido para pacamã e curimatã-pacu.

Os esteroides gonadais atuam na diferenciação gonadal, gametogênese (formação dos gametas masculinos e femininos), comportamento reprodutivo e no desenvolvimento de caracteres sexuais secundários dos peixes (ANDRADE et al., 2015). Na maioria dos casos, a utilização de esteroides exógenos para a inversão sexual de peixes é realizada quando um sexo apresenta superioridade zootécnica em relação ao outro da mesma espécie (ALMEIDA, 2013). Na criação de peixes ornamentais a inversão sexual é realizada para obtenção de linhagens monossexo de machos, uma vez que estes são mais apreciados comercialmente devido à presença de nadadeiras de visual atrativo e/ou coloração intensa (REIS, 2015). Existem outras características zootécnicas que justificam a produção de lotes de indivíduos do mesmo sexo, por exemplo, quando se deseja obter uma melhor uniformidade dos lotes, controle da reprodução em cativeiro, visto que a puberdade ocasiona perdas econômicas em peixes de cativeiro, e solução de problemas relacionados com criação de espécies exóticas (ALMEIDA, 2013).

A manipulação do sexo gonadal em peixes é uma importante técnica utilizada na aquicultura, apresentando diversas metodologias: fornecimento de hormônio por meio da ração (BEM, 2009; MEDEIROS, 2009; CARVALHO, 2013; VALENTIN, 2013; REIS, 2015), banhos de imersão em hormônio (BOMBARDELLI et al., 2007; ZANARDI et al., 2011), implantes de hormônio (PASSINI, 2013), controle de temperatura (DRUMMOND, 2007; FERRAZ et al., 2011; SULIS-COSTA et al., 2013; ZANONI et al., 2013; SOUZA, 2015), manipulação cromossômica (TURRA et al., 2010) e manipulação a nível molecular (GENNOTTE et al., 2015).

Em ambas as espécies estudadas no presente trabalho, as fêmeas apresentam crescimento superior ao dos machos (BRITSKI et al., 1986; LUZ e SANTOS, 2015). Nesse contexto, a determinação do período lábil (anterior à completa diferenciação sexual) em curimatã-pacu e pacamã serviria de subsídio para embasar futuras tentativas de inversão sexual para obtenção de lotes monossexos de fêmeas, contribuindo para a produção comercial dessas espécies.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.37, n.2, p.174-180, 2013.

ALMEIDA, E. O.; SANTOS, R. B.; COELHO FILHO, P. A.; CAVALCANTE JUNIOR, A.; SOUZA, A. P. L.; SOARES, E. C. Policultivo do curimatã pacu com o camarão canela. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 271-278, 2015.

ALVES, F. L.; CAVALCANTE, T. V.; MAZZINGHY, C. L.; DIAS, F. F. E. Importantes aspectos reprodutivos da espécie de peixe (jaú) *Zungaro zungaro* na aquicultura - Revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 22, n. 23, 2014. Disponível em: <[http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/A7xiH2bnDyuu8fb\\_2014-8-11-8-43-56.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/A7xiH2bnDyuu8fb_2014-8-11-8-43-56.pdf)>. Acesso em 02/08/2016.

ALVES, D. E. O.; SILVA, M. F. M.; MOLINA, W. F.; GAVILAN, S. A.; COSTA, L.; NASCIMENTO, R. S. S. Desenvolvimento ontogenético inicial de *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875) (Characiformes). **Biota Amazônia**, v. 6, n. 1, p. 70-75, 2016.

AMORIM, N. P. L.; GIONGO, P. ; BELEI, F.; SAMPAIO, W. M. S. Caracterização da ictiofauna do rio Santa Catarina (Bacia do São Francisco) no município de Vazante, Minas Gerais. **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, v. 4, n. 1, p. 14-21, 2013.

ANDRADE, E. S.; ANDRADE, E. A.; FELIZARDO, V. O.; PAULA, D. A. J.; VERAS, G. C.; MURGAS, L. D. S. Biologia reprodutiva de peixes de água doce. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.39, n.1, p.195-201, 2015.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 155-172, 2009.

BEM, J. C. **Desenvolvimento gonadal inicial e reversão sexual em *Astyanax altiparanae* (Teleostei, Characidae)**. 96 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2009.

BOMBARDELLI, R. A.; SANCHES, E. A.; PINTO, D. F. H.; MARCOS, R. M.; BARBERO, L. Idade de maior sensibilidade de tilápias-do-nilo aos tratamentos de masculinização por banhos de imersão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 1-6, 2007.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. 2. ed. Brasília, DF: Codevasf, 1986.

CAMPECHE, D. F. B.; ROZZANNO, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; BARBALHO, M. R. S.; REIS, F. J. S.; MELO, J. F. B. **Peixes Nativos do São Francisco adaptados para cultivo**. (Documentos, 244). Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 20 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916922/1/SDC244.pdf>>. Acesso em 02/10/2015.

CARVALHO, C. V. A. **Feminização de juvenis de robalo-peva *Centropomus parallelus* e robalo-flecha *Centropomus undecimalis***. 54 p. 2013. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013

COSTA, D. P. **Efeito da temperatura da água no desempenho e variáveis hematológicas e bioquímicas de juvenis de pacamã *Lophiosilurus alexandri***. 52 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

DIAS, M. L. F. **Estratégias de manejo e alimentação para larvas de *Prochilodus argenteus***. 62 p. 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

DRUMMOND, C. D. **Níveis de 17 $\alpha$ -metilttestosterona em diferentes temperaturas na inversão sexual de tilápias *Oreochromis niloticus***. 90 p. 2007. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007.

FERRAZ, E. M.; CARVALHO, G. C. S.; SCHAEFER, A. L. C.; NARAHARA, M. Y.; CERQUEIRA, V. R. Influência da temperatura de cultivo sobre crescimento e diferenciação sexual de robalo-peva, *Centropomus parallelus* Poey, 1860. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2011.

FERREIRA, A. V.; VIDAL JR., M. V.; ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S.; MENDONÇA, P. P.; MATTOS, D. C. Consumo de vitelo durante o desenvolvimento embrionário de melanotênia-maçã, *Glossolepis incisus*, Weber 1907 (*Melanotaeniidae*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 721-729, 2009.

GENNOTTE, V.; KINKELA, P. M.; ULYSSE, B.; DJÉTOUAN, D. A.; SOMPAGNIMDI, F. B.; TOMSON, T.; MÉLARD, C.; ROUGEOT, C. Brief Exposure of Embryos to Steroids or Aromatase Inhibitor Induces Sex Reversal in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology**, v. 323, n. 1, p. 31-38, 2015.

GODINHO, H. P.; SANTOS, J. E.; SATO, Y. Ontogênese larval de cinco espécies de peixes do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 133-148.

GOMES, B. V. C.; SCARPELLI, R. S.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Comparative oocytomorphology and early development in three species of trahiras from the São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 70, n. 5, p. 1412–1429, 2007.

JIMÉNEZ-SEGURA, L. F.; GODINHO, A. L.; PETRERE JR., M. As desovas de peixes no alto-médio São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 373-387.

KIRCHNER, R.M.; CHAVES, M.A.; SILINSKE, J.; ESSI, L.; SCHERER, M. E. EMERSON GIULIANI DURIGON, E. G. Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 168 - 177, 2016.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil, conquistas e desafios. **Panorama da aquicultura**, v. 25, n. 150, p. 10 - 23, 2015. Disponível em: <<http://www.ferrazmaquinas.com.br/imagens/uploads/conteudos/47/arquivo/20151009160719ecjuMgjlhq.pdf>>. Acesso em 14/02/2016.

LINS, L. V.; MACHADO, A. B. M.; COSTA, C. M. R.; HERMANN, G. **Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção**: contendo a lista oficial de fauna ameaçada de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1997.

LOPES, I. G. **Mudanças climáticas previstas para o final do século afetam o desempenho e o desenvolvimento esquelético de larvas de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 62 p. 2016. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2016.

LUZ, R. K.; REYNALTE-TATAJE, D. A.; FERREIRA, A. A.; ZANIBONIFILHO, E. Desenvolvimento embrionário e estágios larvais do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 27, n. 1, p. 49-55, 2001.

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. Reprodução e larvicultura do pacamã *Lophiosilurus alexandri*. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W.S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Editora Pedro & João, 2015. p. 473-490.

MATTOS, D. C.; CARDOSO, L. D.; FOSSE, P. J.; RADAEL, M. C.; FOSSE FILHO, J. C.; MANHÃES, J. V. A.; ANDRADE, D. R.; VIDAL JR, M. V. Description of the ontogenic and larval period of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus*). **Zygote**, v. 23, n. 3, p. 460–466, 2014.

MEDEIROS, T. S. **Crescimento e feminilização de larvas de jundiás *Rhamdia quelen* submetidas a dietas com hormônios esteróides femininos**. 52 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2009.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). 2011. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Disponível em: <[http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim\\_MPA\\_2011\\_pub.pdf](http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf)>. Acesso em 10/05/2015.

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.

OLIVEIRA, F. F.; SÁ, F. B. Desenvolvimento do olho e diferenciação da retina em peixes *Betta splendens* Regan, 1909. **Medicina Veterinária**, v. 6, n. 3, p. 13-17, 2012.

OLIVEIRA, F. G.; BIALETZKI, A.; GOMES, L. C., SANTIN, M.; TAGUTI, T. L. Desenvolvimento larval de *Brycon hilarii* (Characiformes, Characidae). **Iheringia**, v. 102, n. 1, p. 62-70, 2012.

OSSE, J. W. M. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function. **Netherlands Journal of Zoology**, v. 40, n. 1, p. 362-385, 1990.

PANDIAN, T. J. Genetic Sex Differentiation in Fish. CRC Press, 2012 apud GOMES, C. P. **Reprodução em *Characidium schubarti* (Teleostei: Characiformes): análise da reprodução em cativeiro e de genes relacionados à diferenciação sexual (*dmrt1*, *cyp19a1a* e *amh*)**. 95 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.



PASSINI, G. **Indução da inversão sexual de machos do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, com implantes do hormônio 17- $\beta$  estradiol.** 47 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.

PIFERRER, F. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. **Aquaculture**, n. 1, v. 197, p. 229-281, 2001.

PINHEIRO, A. Potencial brasileiro: Futuro próspero. In: **Primeiro anuário brasileiro da pesca e aquicultura**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, v. 1, p. 12-14, 2014.

REIS, V. R. **Feminização de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) com administração de 17 $\beta$ -estradiol na dieta.** 77 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2015.

RIBEIRO, H. J. **Avaliação histopatológica, molecular e bioquímica do fígado, baço e centros melanomacrofágicos do peixe teleósteo *Prochilodus argenteus* como biomarcadores de impacto ambiental no Rio São Francisco.** 123 f. 2011. Tese (Doutorado em Biologia Celular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SAGNES, P.; GAUDIN, P.; STATZNER, B. Shifts in morphometrics and their relation to hydrodynamic potential and habitat use during grayling ontogenesis. **Journal of Fish Biology**, v. 50, n. 4, p. 846–858, 1997.

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 Paraná river. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 3, p. 429-438, 1999.

SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SUIBERTO, M. R.; GOMES, F. D. C.; 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, n. 2, p. 383-389, 2001.

SANTANA, R. S. **Análises físico-químicas de filés de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) armazenados sob congelamento.** 39 f. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Centro Universitário de Formiga – UNIFOR, Formiga, 2013.

SANTOS, F. G. B. **Caracterização Fenotípica e Molecular de Bactérias com Potencial Patogênico em Pacamã (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1877).** 70 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Campus de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2011.

SANTOS, J. C. E.; SATO, Y.; SANTOS, A. J. G.; MENDES, P. P.; SANTIAGO, K. B.; LUZ, R. K. Desova induzida de curimatã-pacu submetido a dois protocolos de hipofiseação. (Notas Científicas). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 8, p. 1132-1135, 2013.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. Hypophysation parameters of the fish *Prochilodus marggravii* obtained in routine hatchery station conditions. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 56, n. 1, p. 59-64, 1996.

SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E.; BOSCHI, M. B.; MIRANDA, M. O. T. Impacto a jusante do reservatório de Três Marias sobre a reprodução do peixe reofílico curimatã-pacu

(*Prochilodus argenteus*). In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003a. p. 327-345.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; NUÑER, A. P. O.; GODINHO, H. P.; VERANI, J. R. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003b. p. 229-274.

SEIXAS FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do teleostei (Pisces) de água doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2000.

SOUZA, T. G. **Desempenho reprodutivo e diferenciação gonadal em piau-três-pintas, *Leporinus friderici*, Bloch 1794**. 80 f. 2015. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2015

SULIS-COSTA, R.; JIMENEZ, J. E.; WEINGARTNER, M.; NUÑER, A. P. O. Efeito da temperatura da água na fase inicial de vida e na proporção sexual do jundiá. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 379-388, 2013.

TENÓRIO, R. A. **Aspectos da biologia reprodutiva do niquim *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Actinopterygii, Pimelodidae) e crescimento da progênie em diferentes condições ambientais**. 57 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

THÉ, A. P. G.; MADI, E. F. ; NORDI, N. Conhecimento local, regras informais e uso do peixe na pesca do alto-médio São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 389-406.

TRAVASSOS, H. Nótula sobre o pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. **Atas da Sociedade de Biologia do Rio de Janeiro**, v. 4, p.1-2, 1959.

TURRA, E. M.; OLIVEIRA, D. A. A.; TEIXEIRA, E. A.; LUZ, R. K.; PRADO, S. A.; MELO, D. C.; FARIA, P. M. C.; SOUSA, A. B. Controle reprodutivo em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de manipulações sexuais e cromossômicas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.34, n.1, p.21-28, 2010.

VALENTIN, F. N. **Processo de diferenciação sexual em *Pseudoplatystoma fasciatum* e tentativa de feminilização de machos**. 123 p. 2013. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal. 2013.

WOYNAROVICH, E.; HORVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes tropicais: manual de extensão**. Brasília: FAO/Codevasf/CNPq, 1983.

ZANARDI, M. F.; DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R.; SANTOS, M. A.; MALHEIRO, E. B. Desempenho produtivo e reversão sexual em tilápias em dois métodos de reversão hormonal. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 1, p. 45-52, 2011.

ZANONI, M. A.; LEAL, T. V.; CAETANO FILHO, M.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P. Inversão sexual de alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) variedade Supreme,

submetidos a diferentes temperaturas durante fase de diferenciação sexual. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 455-466, 2013.

**ARTIGO****4. ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES (CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO**

#### 4. ONTOGENIA LARVAL COMPARATIVA DE DUAS ESPÉCIES (CHARACIFORMES E SILURIFORMES) ENDÊMICAS DO RIO SÃO FRANCISCO

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho comparar histologicamente o desenvolvimento ontogenético de duas espécies de peixes endêmicos da bacia do rio São Francisco, *Prochilodus argenteus* (curimatã-pacu) e *Lophiosilurus alexandri* (pacamã). As coletas para as análises histológicas foram realizadas a cada 24 horas a partir do momento da eclosão até o 14º dia pós-eclosão (DPE) para a observação do desenvolvimento larval e até o 39º DPE para a observação do desenvolvimento gonadal. As larvas foram fixadas inteiras em solução de Bouin e as lâminas histológicas foram coradas pelo método de Hematoxilina-Eosina. Larvas de pacamã exibiram um tamanho corporal maior em relação às larvas de curimatã-pacu desde a eclosão. Larvas de pacamã apresentaram a abertura da boca e início da pigmentação dos olhos no momento da eclosão, enquanto que nas larvas de curimatã-pacu, esses eventos foram observados no 1º DPE. No curimatã-pacu a visualização e a insuflação da bexiga natatória ocorreram no 1º e 3º DPE, respectivamente, sendo esses eventos mais tardios no pacamã, com visualização no 2º e insuflação no 8º DPE. Os grânulos de vitelo foram absorvidos no 4º DPE pelo curimatã-pacu e no 10º DPE pelo pacamã. No 7º DPE, o tubo digestório do pacamã apresentou-se mais diferenciado em relação ao curimatã-pacu. O sistema digestório de ambas as espécies ao 14º DPE demonstraram características relacionadas aos seus respectivos hábitos alimentares, com estômago amplo e intestino curto no pacamã, típicos de hábito carnívoro; estômago com função mecânica e intestino longo no curimatã-pacu, típicos de hábito detritívoro. O tecido epitelial de revestimento, formado por uma única camada de células nas larvas recém-eclodidas (0 DPE), apresentou diferenciação ao longo dos dias, exibindo presença de escamas no curimatã-pacu e numerosas células “club” na região epitelial intermediária do pacamã, em avaliações realizadas ao 39º DPE. Analisando os indivíduos com 39 DPE, verificou-se a presença de gônadas indiferenciadas com células somáticas e células germinativas primordiais que foram observadas realizando migração no sentido caudo-cranial desde o 1º DPE em ambas as espécies. Pôde-se concluir que as alterações anatômicas observadas durante a ontogenia de larvas *P. argenteus* e *L. alexandri* estão diretamente relacionadas ao hábito alimentar e ao comportamento inerente à cada espécie, sendo uma detritívora que nada ativamente na coluna d’água, e outra carnívora que habita regiões de fundo, respectivamente. Aos 39 dias pós-eclosão, em ambas as espécies não foram observados indícios histológicos de diferenciação sexual.

**Palavras-chave:** curimatã-pacu, diferenciação sexual, ontogênese, pacamã, peixes.

## LARVAL ONTOGENY COMPARATIVE OF TWO SPECIES (CHARACIFORMES AND SILURIFORMES) ENDEMIC OF RIO SÃO FRANCISCO

**ABSTRACT:** The objective of this work was to compare histologically the ontogenetic development of two endemic species of fish from the São Francisco river basin, *Prochilodus argenteus* (curimatã-pacu) and *Lophiosilurus alexandri* (pacamã). The samples for the histological analyzes were performed every 24 hours since the moment of hatching until the 14th day post-hatching (DPH) for observation of the larval development and until the 39th DPH for the observation of gonadal development. The whole larvae were fixed in Bouin's solution and the histological slides were stained by the Hematoxylin-Eosin method. Pacamã larvae exhibited a larger body size relative than the curimatã-pacu larvae since hatching. Pacamã larvae presented the mouth opening and pigmentation of eyes beginning at the time of hatching, whereas in curimatã-pacu larvae, these events were observed in the 1st DPH. The visualization and the inflation of the swim bladder in the curimatã-pacu, occurred in the 1st and 3rd DPH, respectively, being these events in the pacamã later, with visualization in the 2nd and insufflation in the 8th DPH. The yolk granules were absorbed in the 4th DPH by the curimatã-pacu and in the 10th DPH by the pacamã. In the 7th DPH, the pacamã's digestive tube was more differentiated than curimatã-pacu. The digestive system of both species at the 14th DPH has features of its eating habits: the pacamã, with a broad stomach and a short intestine in the pacamã, typical of a carnivorous habit; stomach with a mechanical function and a long intestine in curimatã-pacu, typical of detritivorous habit. The epithelial lining tissue, formed by a single layer of cells in the newly hatched larvae (0 DPH), showed a differentiation throughout the days, exhibiting scales in curimatã-pacu and numerous club cells in the middle epithelial region of the pacamã, at evaluations carried at the 39th DPH. Analyzing the individuals with 39 DPH, the presence of undifferentiated gonads with somatic cells and primordial germinative cells were observed, which has a caudate-cranial migration since 1st DPH in both species. It was concluded that the anatomical alterations of the ontogeny of *P. argenteus* and *L. alexandri* larvae are directly associated to the feeding habit and the inherent behavior of each species, being these detritivorous that nothing actively in the column of water and carnivorous that inhabits bottom regions, respectively. At the 39 day post-hatching, both species haven't evidenced of sexual differentiation.

**Keywords:** curimatã-pacu, sex differentiation, ontogenesis, pacamã, fishes.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a biologia dos peixes torna-se fundamental, principalmente quando se pretende a realização de uma produção intensiva, sendo que a escassez de informações científicas a respeito do assunto compõe-se como fator limitante para o crescimento da piscicultura. Considerando o grande número de espécies nativas brasileiras, o conhecimento sobre a ontogenia das mesmas ainda é escasso, sendo esses estudos significativos para larvicultura e taxonomia (GODINHO et al., 2003; ALVES et al., 2016).

O curimatã-pacu, *Prochilodus argenteus*, pertencente à ordem Characiformes e família Prochilodontidae, é uma espécie endêmica do rio São Francisco que possui hábito alimentar detritívoro, alimentando-se de matéria orgânica e microorganismos associados à lama do fundo de lagos e rios (BRITSKI et al., 1986). As fêmeas apresentam desova total, cujo período reprodutivo ocorre no período de chuvas mais intensas, sendo uma espécie de piracema (CAMPECHE et al., 2011). O pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, que também é endêmico do rio São Francisco, pertence à ordem Siluriformes e família Pseudopimelodidae, apresenta hábito alimentar carnívoro e comportamento sedentário, habitando regiões de fundo de areia ou pedras e possui preferência por ambientes lênticos (TRAVASSOS, 1959). As fêmeas dessa espécie apresentam desova parcelada durante praticamente todo o ano, com exceção dos meses frios (SATO et al., 2003a).

No aspecto econômico, ambas as espécies apresentam grande importância, o curimatã-pacu devido à ocorrência abundante nas regiões onde é encontrado, e o pacamã devido à qualidade e ao sabor da carne, isenta de espinhos intramusculares e com alto valor de mercado. Além disso, essas espécies têm sido utilizadas em programas de repovoamento da bacia do rio São Francisco (SANTOS et al., 2013, LUZ e SANTOS, 2015).

Dessa forma, objetivou-se avaliar, por meio de análises histológicas, o desenvolvimento ontogenético de duas espécies de peixes endêmicos da bacia do rio São Francisco (*P. argenteus* e *L. alexandri*), considerando-se que as informações obtidas com esse estudo agregarão conhecimentos aplicáveis para a melhoria da produção zootécnica e utilização dessas espécies em programas de repovoamento.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, protocolo 038/2015 (Anexo 1), e realizado no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Companhia do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), na cidade de Três Marias – MG, nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, durante 40 dias.

Para obtenção das larvas de curimatã-pacu, os reprodutores foram submetidos à reprodução artificial por hipofiseação, conforme rotina da Estação de Hidrobiologia e Piscicultura de Três Marias – CODEVASF (SATO et al., 2003b) e os ovos fertilizados foram mantidos em incubadoras verticais com capacidade de 50 L com sistema de fluxo contínuo. Após a eclosão, as larvas permaneceram nas incubadoras durante três dias, por ainda apresentarem comportamento natatório vertical. As larvas de pacamã foram obtidas por meio de desova natural dos reprodutores, cujos ovos foram coletados em ninhos escavados pelos reprodutores no fundo do tanque e transferidos para uma incubadora horizontal com sistema de fluxo contínuo. As larvas de curimatã-pacu no quarto dia após a eclosão (DPE) e as larvas recém-eclodidas de pacamã foram transferidas para aquários com aeração constante e fotoperíodo de 12 horas luz e 12 horas escuro, controlado por timer digital Fox Lux.

A alimentação exógena foi iniciada a partir do 4º DPE para as larvas de curimatã-pacu e do 6º DPE para as larvas de pacamã, caracterizando o início da fase de pós-larvas, na qual as mesmas passam a ingerir alimento (ROTTA, 2003). As pós-larvas de curimatã-pacu foram alimentadas com náuplios vivos de *Artemia* sp. durante quatro dias e as de pacamã durante quinze dias, a partir do início da alimentação exógena. E, após esses períodos, iniciou-se o fornecimento de ração farelada contendo 55% de proteína bruta até o final do período experimental. A alimentação foi fornecida quatro vezes ao dia (8, 11, 14 e 17 horas) para as pós-larvas de curimatã-pacu e três vezes ao dia (8, 12:30 e 17 horas) para as de pacamã, até a saciedade aparente.

A sifonagem dos aquários foi realizada duas vezes por dia para a remoção das sobras de alimentos e das fezes, com renovação diária de 60% do volume de água. A temperatura (C°) da água foi aferida diariamente nos horários de alimentação, utilizando-se um termômetro de mercúrio. Semanalmente, foram mensurados os demais parâmetros limnológicos: pH, condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) com o auxílio do aparelho portátil Horiba (modelo U-22 XD); amônia, fosfato, nitrito, nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) conforme metodologia do “Standard methods for the examination of water and waste master” (APHA, 2012) e a



alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$ ) pelo método potenciométrico, no qual uma amostra de 100 ml de água de cada aquário foi titulada acrescentando-se ácido sulfúrico suficiente para atingir o pH 4,35, com o auxílio de um pHmetro. Posteriormente, foi aplicada a fórmula:  $(\text{volume gasto do ácido} \times 0,01 \times 1000 \times 100^{-1}) \times 50$ , para determinação da alcalinidade. Os parâmetros de qualidade de água encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios e desvios padrão dos parâmetros de qualidade de água obtidos durante o período experimental com curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) e pacamã (*Lophiosilurus alexandri*).

Parâmetro	Curimatã-pacu	Pacamã
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	$26,50 \pm 0,50$	$26,80 \pm 0,70$
Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$6,75 \pm 1,00$	$5,50 \pm 1,33$
Potencial hidrogeniônico (pH)	$7,49 \pm 0,08$	$7,45 \pm 0,05$
Condutividade elétrica ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	$0,09 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,00$
Alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$23,94 \pm 4,28$	$22,00 \pm 2,37$
Amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$1,64 \pm 1,06$	$0,83 \pm 0,47$
Fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$0,59 \pm 0,40$	$0,28 \pm 0,11$
Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$0,01 \pm 0,01$	$0,00 \pm 0,00$
Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	$0,10 \pm 0,16$	$0,01 \pm 0,01$

Para a realização da biometria, 10 indivíduos de cada espécie foram coletados de forma aleatória, semanalmente, desde o primeiro dia da alimentação exógena até o final do período experimental. O peso (mg) e comprimento total (cm) foram obtidos com a utilização de uma balança analítica Bel Mark M254 – AI (precisão 0,1 mg) e de um paquímetro digital EDA (precisão 0,01 mm), respectivamente. A sobrevivência (S) foi determinada pela fórmula  $S (\%) = 100 \times (N_i - N_m / N_i)$ , na qual:  $N_i$  é o número inicial de larvas e  $N_m$  é o número de indivíduos mortos.

As coletas para as análises histológicas foram realizadas a cada 24 horas a partir do momento da eclosão (0 DPE) até o 14° DPE para a observação do desenvolvimento larval e até o 39° DPE para a observação do desenvolvimento das gônadas e do tecido epitelial de revestimento, para as quais foram coletados aleatoriamente cinco indivíduos de cada espécie. Após eutanasiados por imersão em água com eugenol, os exemplares foram fixados inteiros em solução de Bouin durante 8 horas, sendo posteriormente transferidos e conservados em álcool a 70%.

O material biológico foi processado no Laboratório de Técnicas Histológicas do DCB/UFVJM, utilizando-se técnicas histológicas de rotina. Primeiramente, as amostras foram desidratadas em série alcoólica crescente (70, 80, 90, 95 e 100%) e diafanizadas em xilol (I, II, III) para posterior inclusão em parafina líquida. Os blocos de parafina resfriados à temperatura ambiente foram desenformados manualmente e cortados com a utilização de um micrótomo (LUPETEC MRP09) em cortes de 5µm de espessura, posicionados sobre lâminas de vidro com auxílio de um banho histológico. Após secagem em estufa, as lâminas histológicas foram acomodadas em berços histológicos e desparafinizadas em série de soluções decrescentes de xilol e álcool. Em seguida, foram coradas em solução de hematoxilina, lavadas em água corrente e depois coradas em solução de eosina (método Hematoxilina-Eosina/HE). Por fim, as lâminas passaram por um processo de desidratação em soluções crescentes de álcool e diafanização em xilol, para posterior sobreposição das lamínulas com o emprego do meio de montagem Entellan (Merck, Brasil). Para a avaliação e documentação fotográfica foi utilizado um fotomicroscópio (Zeiss – Primo Star), acoplado à câmera digital (AXIOCAM ERc5s). As análises para a avaliação da diferenciação sexual e do tecido epitelial de revestimento foram realizadas com o material biológico de ambas as espécies do 39º DPE.

### 4.3 RESULTADOS

As taxas de sobrevivência foram de 93,8% e 72,4%, para *Prochilodus argenteus* e *Lophiosilurus alexandri*, respectivamente. As variáveis comprimento total e peso de ambas as espécies, obtidas por meio de biometrias semanais no decorrer do período experimental, são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios e desvios padrão do comprimento total (CT) e peso das pós-larvas de curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) e pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) mensurados em biometrias semanais durante o período experimental.

Semana	Curimatã-pacu		Pacamã	
	CT (mm)	Peso (mg)	CT (mm)	Peso (mg)
1º	6,46 ± 0,52	1,05 ± 0,22	12,70 ± 0,44	17,22 ± 0,91
2º	11,24 ± 0,57	9,94 ± 1,20	18,68 ± 0,94	48,15 ± 5,39
3º	16,10 ± 0,53	36,92 ± 6,34	24,50 ± 0,59	120,98 ± 19,90
4º	19,08 ± 1,62	63,27 ± 18,04	32,32 ± 4,18	345,65 ± 117,25
5º	22,30 ± 1,88	103,67 ± 31,87	39,45 ± 3,56	682,01 ± 159,26
6º	28,04 ± 4,66	337,01 ± 101,69	48,99 ± 4,70	1428,04 ± 328,04

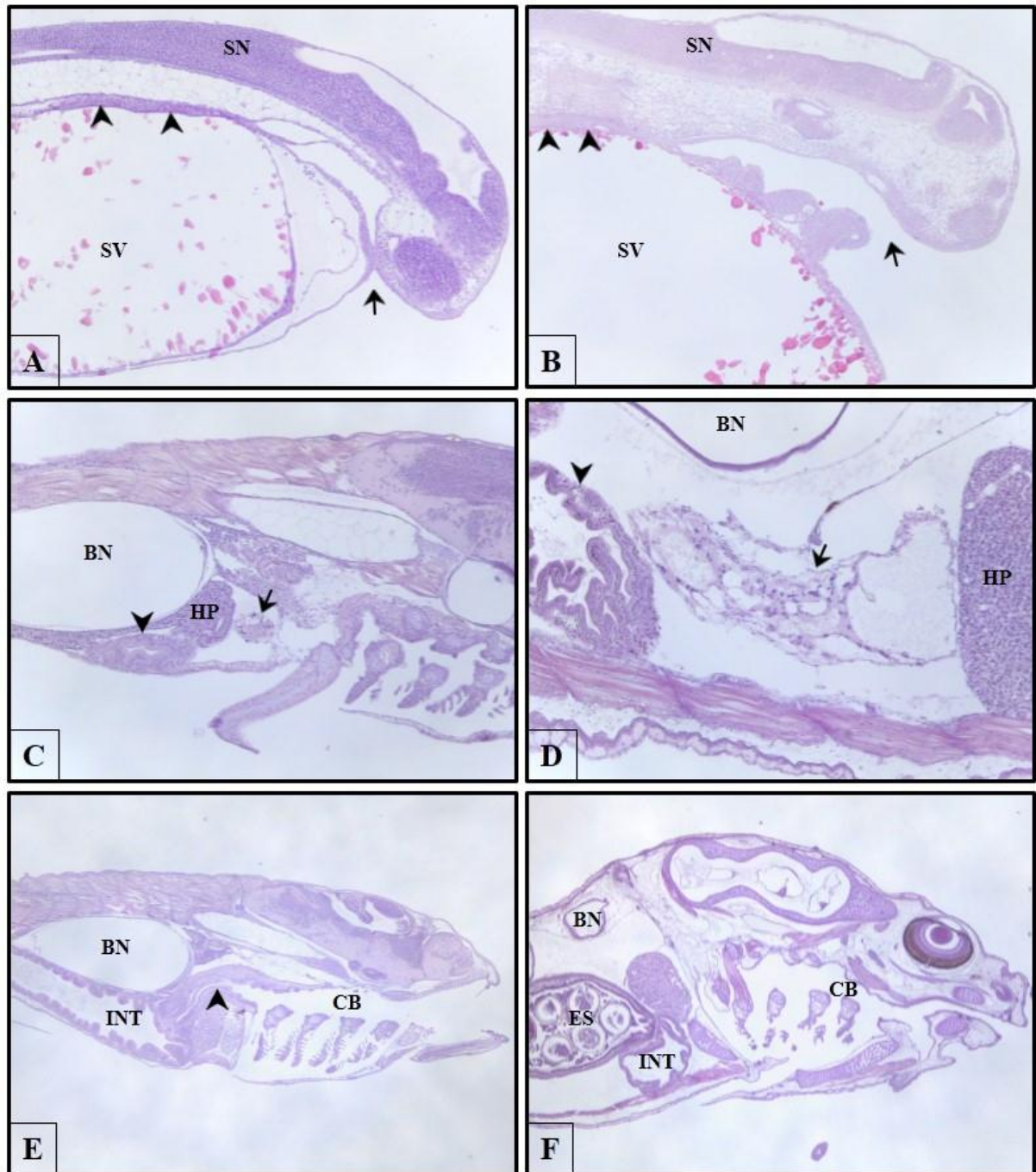
No momento da eclosão (0 DPE), as larvas de pacamã apresentavam a abertura da boca visível (Figura 1B), ao contrário das larvas de curimatã-pacu (Figura 1A), cuja característica foi observada somente no 1º DPE (Figura 2A). As larvas de ambas as espécies eclodiram com o tubo digestório primitivo retilíneo, formado por células indiferenciadas e com lúmen em processo de abertura (Figura 1A, 1B). No 7º DPE, as larvas de curimatã-pacu apresentavam o tubo digestório em diferenciação, sendo composto pela cavidade bucofaringeana, esôfago e intestino, enquanto que nas larvas de pacamã foi possível visualizar o tubo digestório com uma maior diferenciação, sendo possível a distinção entre as todas partes que o compõem: cavidade bucofaringeana, esôfago, estômago e intestino (Figura 1E, 1F).

O tamanho do saco vitelino das larvas de pacamã foi superior ao das larvas de curimatã-pacu. Os grânulos de vitelo foram consumidos por completo ao 4º DPE no curimatã-pacu e ao 10º DPE no pacamã, restando apenas o vestígio do saco vitelino sem os grânulos de vitelo (Figura 1C, 1D) que não foi observado a partir do 5º e 13º DPE, respectivamente. No pacamã, a visualização da bexiga natatória pôde ser verificada no 2º DPE, ocorrendo sua insuflação completa no 8º DPE. No curimatã-pacu, ambos os processos foram mais precoces, com a visualização do órgão observada no 1º DPE e a insuflação completa no 3º DPE. No presente estudo, essa insuflação completa foi definida como a expansão total da bexiga caracterizada por

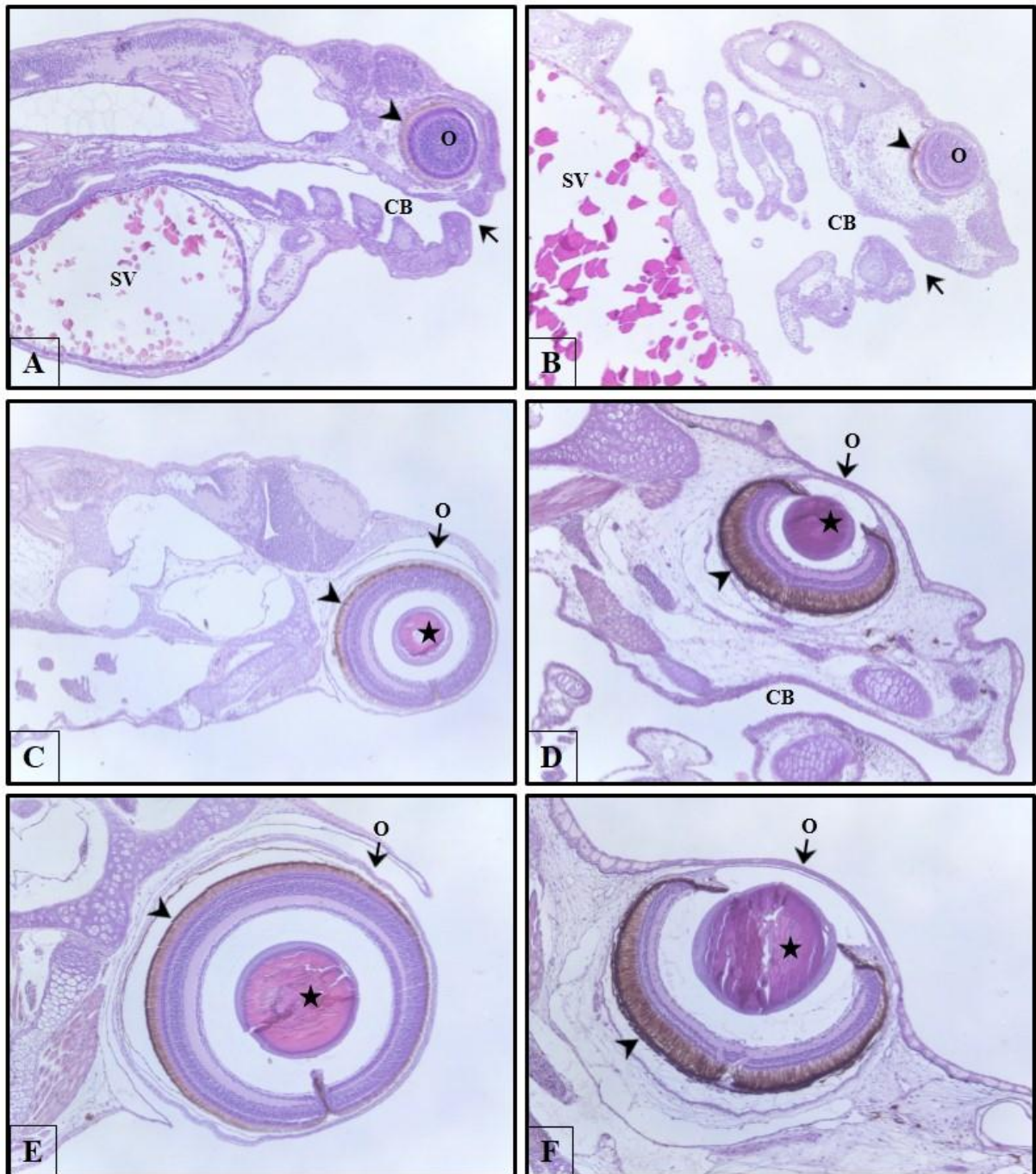
um maior volume observado, desprovida de projeções internas, presentes nos dias anteriores. No 14º DPE, o diâmetro da bexiga natatória mostrou-se visualmente maior no curimatã-pacu do que no pacamã (Figura 3C, 3D).

O início da pigmentação dos olhos nas larvas de curimatã-pacu foi evidenciada no 1º DPE (Figura 2A), enquanto que no pacamã essa pigmentação pôde ser verificada no momento da eclosão. No 1º DPE, os olhos das larvas de ambas as espécies localizavam-se lateralmente (Figura 2A, 2B), apresentando-se discretamente dorsais no pacamã. No 7º e 14º DPE, foi possível notar uma progressiva intensificação da pigmentação da retina e presença do cristalino em ambas as espécies, sendo que no curimatã-pacu os olhos continuaram posicionados de forma lateral e no pacamã estes foram progressivamente adquirindo uma posição dorsal e centralizada (Figura 2C, 2D, 2E, 2F).

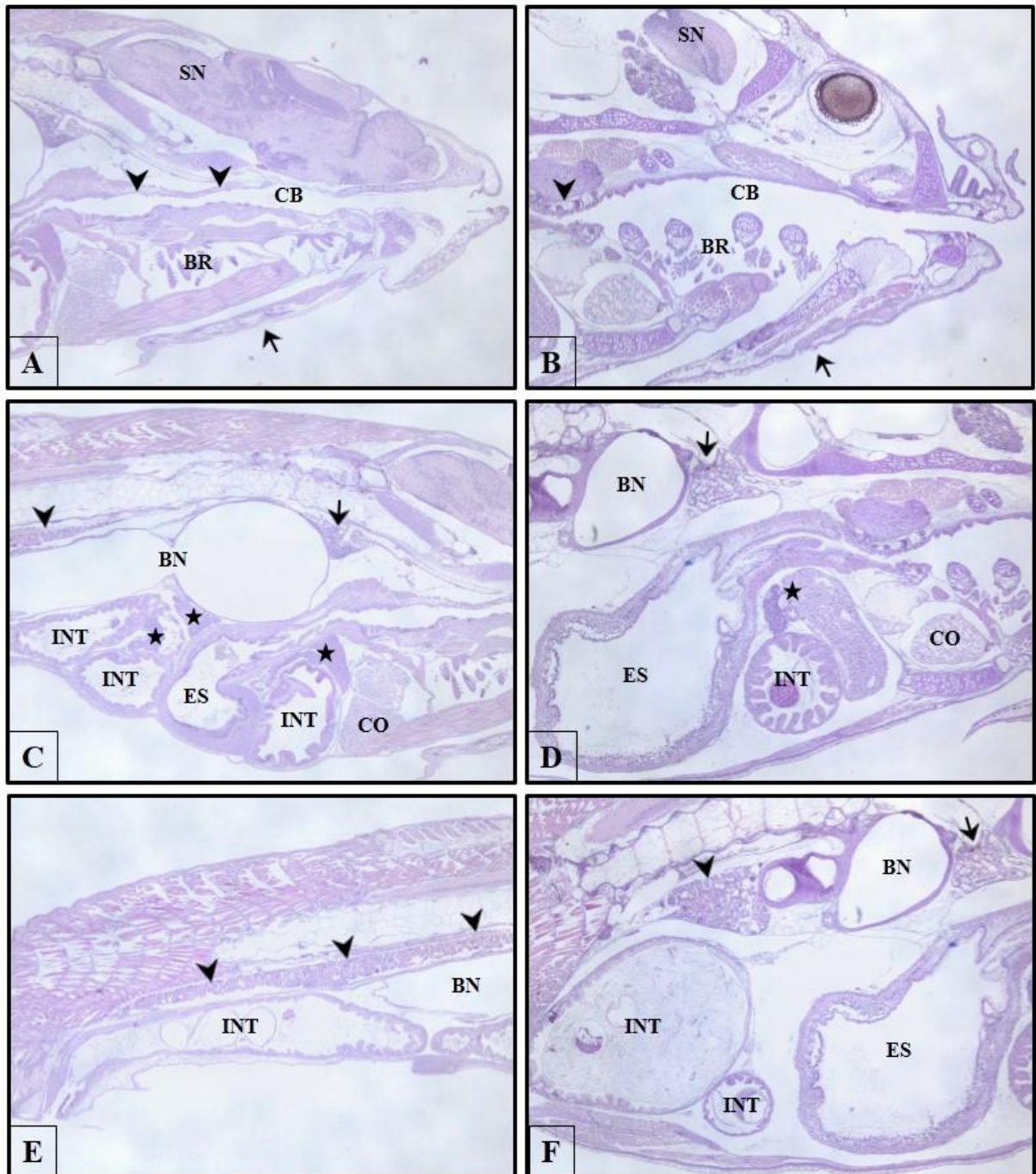
A Figura 3 retrata o sistema digestório de ambas as espécies no 14º DPE em estágio avançado de diferenciação. A cavidade bucofaringeana de ambos conectava-se ao esôfago com presença de células mucosas no seu epitélio (Figura 3A, 3B). O estômago do curimatã-pacu apresentou duas regiões distintas: porção glandular e aglandular (Figura 3C), característica não observada no pacamã, cujo estômago possuía glândulas gástricas distribuídas em toda a sua mucosa (Figura 3D). Considerando a luz do estômago, a do pacamã apresentou-se mais ampla do que no curimatã-pacu. Em relação ao intestino, o curimatã-pacu apresentou maior extensão do que o pacamã (Figura 3C, 3D, 3E, 3F). O hepatopâncreas do curimatã-pacu mostrou-se mais difuso e com predominância da porção pancreática, enquanto o oposto foi observado no pacamã, encontrando-se mais localizado e com predominância da porção hepática (Figura 3C, 3D). Ambos apresentaram o rim dividido em porção cranial e caudal, conectado por uma estreita camada localizada dorsalmente à bexiga natatória (Figura 3C, 3D).



**Figura 1.** Fotomicrografias das larvas de *Prochilodus argenteus* (A, C, E) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, F) em secções longitudinais. (A) e (B) – 0° DPE: saco vitelino (SV), sistema nervoso (SN), tubo digestório primitivo (cabeças de seta) e boca fechada em (A) e aberta em (B) (seta). (C) e (D) – 4° e 10° DPE, respectivamente: vestígio do saco vitelino (seta), bexiga natatória (BN), hepatopâncreas (HP) e intestino (cabeça de seta). (E) e (F) – 7° DPE: cavidade bucofaringeana (CB), esôfago (cabeça de seta), estômago (ES), intestino (INT) e bexiga natatória (BN). Aumentos: 10 x (A, B, C, D) e 4 x (E, F).



**Figura 2.** Fotomicrografias de *Prochilodus argenteus* (A, C, E) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, F) em secções longitudinais. (A) e (B) – 1° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta), abertura da boca (seta), cavidade bucofaringeana (CB) e saco vitelino (SV). (C) e (D) – 7° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta), cristalino (estrela) e cavidade bucofaringeana (CB). (E) e (F) – 14° DPE: olho (O), retina pigmentada (cabeça de seta) e cristalino (estrela). Aumento: 10 x.



**Figura 3.** Fotomicrografias de *Prochilodus argenteus* (A, C, E) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, F) em secções longitudinais no 14º DPE. (A) e (B): cavidade bucofaringeana (CB), região do esôfago (cabeças de seta), sistema nervoso (SN), brânquias (BR) e opérculo (seta). (C) e (D): estômago (ES), intestino (INT), hepatopâncreas (estrelas), coração (CO), bexiga natatória (BN), porção cranial do rim (seta) e porção caudal do rim (cabeça de seta). (E) e (F): bexiga natatória (BN), intestino (INT), estômago (ES), porção cranial do rim (seta) e porção caudal do rim (cabeças de seta). Aumento: 4 x.

Em relação tecido epitelial de revestimento, ambas as espécies eclodiram com o tecido formado por uma única camada de células com presença de algumas células mucosas, sendo classificada como simples cúbico baixo no curimatã-pacu e simples cúbico no pacamã (Figura 4A, 4B).

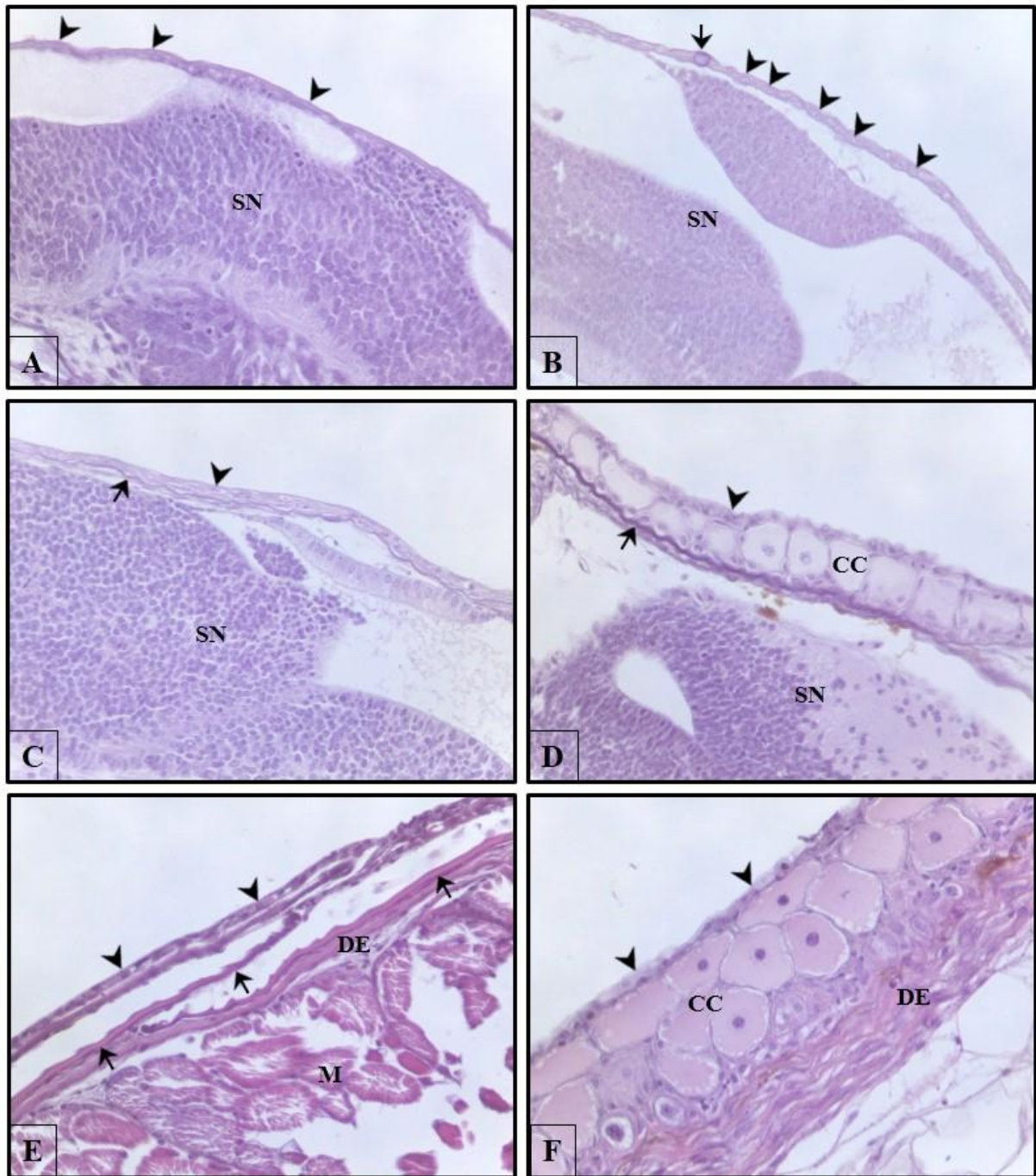
No 7º DPE, notou-se que o tecido epitelial de revestimento do curimatã-pacu havia se tornado biestratificado pavimentoso e estratificado pavimentoso no pacamã, porém com a presença de células “club” na região intermediária do epitélio, podendo apresentar um ou dois núcleos. Elliott (2011) descreveu que as células “club”, são geralmente grandes, com formato redondo ou oval, exibindo um ou dois núcleos localizados centralmente com nucléolos proeminentes. A presença de células mucosas continuou sendo observada nessa idade em ambas as espécies estudadas (Figura 4C, 4D). No pacamã, ao 39º DPE, as células “club” evidenciaram um aumento progressivo, tanto em número, quanto em tamanho, arranjando-se em até três camadas (Figura 4F), enquanto que o tecido epitelial do curimatã-pacu nessa idade demonstrava a presença de escamas (Figura 4E). A pigmentação junto à derme foi observada em ambas as espécies, resultante da presença de cromatóforos, apresentando maior intensificação da cor das larvas a partir do 4º DPE.

A partir do 1º DPE, as células germinativas primordiais puderam ser observadas migrando ao longo de uma estrutura filiforme com células somáticas localizada dorsalmente ao tubo digestório primitivo (Figura 5A, 5B). Nos dias posteriores, pôde-se verificar que o primórdio gonadal tem início próximo à porção terminal da bexiga natatória e estende-se até a região anal, desembocando juntamente com os ductos urinários. As células germinativas primordiais realizaram a migração no sentido caudo-cranial e, progressivamente, foram se aglomerando com células somáticas. No 14º DPE, no pacamã essa aglomeração localizava-se ventralmente à região final da porção caudal do rim, enquanto no curimatã-pacu localizava-se ventralmente à região final da bexiga natatória e, em ambos, dorsalmente ao intestino.

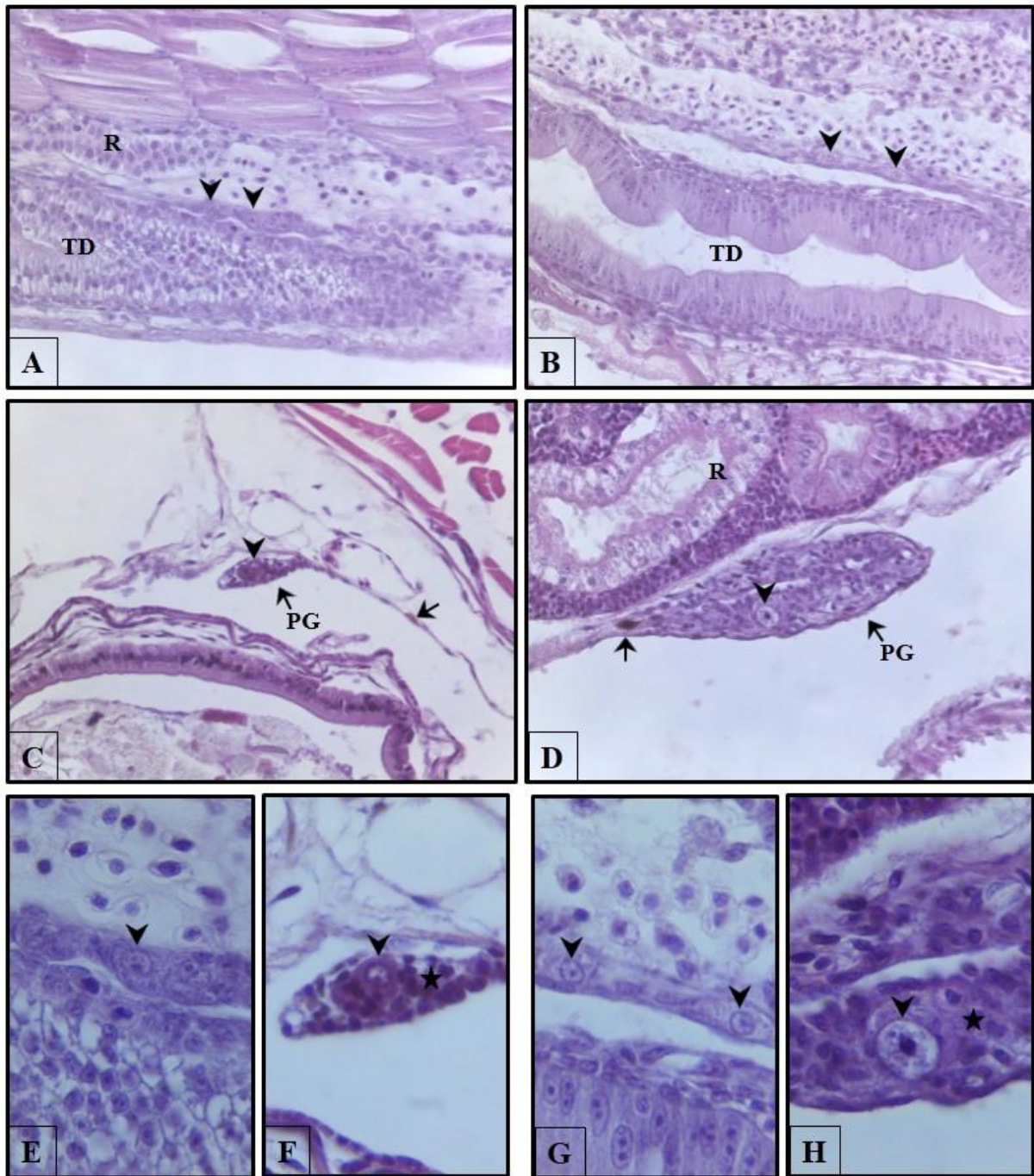
Analisando as pós-larvas em secções transversais no 39º DPE, não foram observados indícios histológicos de diferenciação sexual em curimatã-pacu e pacamã, com ausência de células específicas de ovários ou testículos, caracterizando o primórdio gonadal em ambas as espécies. Observou-se a presença das gônadas compostas principalmente por células somáticas e algumas células germinativas primordiais, com distribuição de alguns melanócitos na gônada indiferenciada e ao longo mesentério dorsal (Figura 5C, 5D). As células germinativas primordiais foram facilmente identificadas baseando-se na sua morfologia e posicionamento, consistindo em células volumosas com núcleo proeminente distribuídas no primórdio gonadal (Figura 5E, 5F, 5G, 5H) e, posteriormente, na gônada diferenciada. No pacamã, tanto o



primórdio gonadal quanto as células germinativas primordiais evidenciaram um crescimento progressivo ao longo do tempo, tornando-se maiores ao 14º DPE. Os melanócitos foram observados também no tecido renal, nervoso e tegumentar de ambas as espécies, porém com pigmentação mais intensa no pacamã.



**Figura 4.** Fotomicrografias de *Prochilodus argenteus* (A, C, E) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, F). (A) e (B) – 0° DPE: secção longitudinal da região cefálica das larvas com presença de células epiteliais (cabeças de seta), célula mucosa (seta) e sistema nervoso (SN). (C) e (D) – 7° DPE: secção longitudinal da região cefálica com presença das células epiteliais da região externa (cabeças de seta), células epiteliais basais (CB), sistema nervoso (SN), células “club” (CC) e pigmentação (estrela). (E) e (F) – 39° DPE: secção transversal da região lateral das pós-larvas com presença de células epiteliais da região externa (cabeças de seta), derme (DE), escamas (setas), células “club” (CC), musculatura (M) e pigmentação (estrela). Aumento: 40 x.



**Figura 5.** Fotomicrografias de *Prochilodus argenteus* (A, C, E, F) e *Lophiosilurus alexandri* (B, D, G, H). (A) e (B) – 1° DPE: secção longitudinal das larvas indicando a presença de células germinativas primordiais (cabeças de seta), tubo digestório primitivo (TD) e rim primitivo (R). (C) e (D) – 39° DPE: secção transversal das pós-larvas indicando a presença do primórdio gonadal (PG), célula germinativa primordial (cabeça de seta), melanócitos (seta) e rim (R). (E), (F), (G) e (H): Maior ampliação das respectivas imagens (A), (C), (B) e (D), indicando a presença de células germinativas primordiais (cabeças de seta) e células somáticas (estrela). Aumentos: 40 x (A, B, C, D) e 100 x (E, F, G, H).

#### 4.4 DISCUSSÃO

A sobrevivência do curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) foi maior do que a observada para o pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), o que pode ser explicada pela maior capacidade de assimilação da ração pelas larvas de curimatã-pacu. Larvas de *P. argenteus* e *Prochilodus scrofa* podem ser alimentadas exclusivamente com ração a partir do 4º e 9º dia de vida, respectivamente, resultando em taxas de sobrevivência de 55 a 95,6% (KOBBERSTEIN e DURIGAN, 2001; SANTOS et al., 2016). Por outro lado, o pacamã, devido ao hábito carnívoro, necessita da substituição gradativa do alimento vivo pelo alimento inerte para que haja a aceitação (SILVA et al., 2014) e o desenvolvimento da capacidade de digestão da dieta seca (PEDREIRA et al., 2008). Durante a fase de condicionamento alimentar, são comuns o aumento da mortalidade e a ocorrência de canibalismo na larvicultura de pacamã, como observado no presente trabalho e em outros estudos, com taxas de sobrevivência variando de 56,1 a 73,8%, (LUZ et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Durante todo o período experimental, os parâmetros de qualidade de água (Tabela 1) permaneceram dentro dos valores aceitáveis, como observado em outros estudos com larvicultura (PEDREIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2016).

Em relação às variáveis biométricas, as larvas de pacamã apresentaram maiores valores desde o momento da eclosão, representando praticamente o dobro do tamanho das larvas de curimatã-pacu (Tabela 2). Segundo Sato et al. (2003a), os ovócitos recém-liberados de pacamã possuem o maior diâmetro dentre os de 23 espécies estudadas da bacia do rio São Francisco, característica atribuída também ao tamanho da larva recém-eclodida. Os autores também afirmaram que o maior tamanho do vitelo resulta em animais maiores à primeira alimentação exógena.

As larvas recém-eclodidas de curimatã-pacu apresentavam boca fechada, condição comumente observada na maioria dos peixes de água doce no momento da eclosão, como descrito por Nakatani et al. (2001). A abertura da boca nas larvas de pacamã recém-eclodidas corrobora os resultados de um estudo realizado por Godinho et al. (2003) com peixes do rio São Francisco, no qual os autores sugeriram que a abertura da boca em larvas de espécies piscívoras ocorre mais precocemente do que em outras espécies. Entretanto, na literatura, o tempo estimado para abertura da boca em larvas de pacamã era descrito como sendo de seis a sete dias a 28 °C (LUZ e SANTOS, 2015) considerando observações comportamentais das larvas.

O início da alimentação exógena não pode ser realizado utilizando como parâmetro somente a abertura da boca, visto que nesse momento, o lúmen intestinal apresentava-se em processo de abertura e com células indiferenciadas, sugerindo sua não funcionalidade. Alguns autores observaram que a abertura da boca não necessariamente significa sua funcionalidade, apresentando movimentos intensos após algumas horas (MATTOS et al., 2014). Em estudo com larvas de larvas de *Pseudoplatystoma reticulatum*, Andrade et al. (2016) verificaram que as mesmas eclodem com boca e intestino não funcionais. No entanto, na primeira alimentação exógena o sistema digestório das larvas apresenta-se parcialmente funcional (KOLKOVSKI, 2001). Pinder et al. (2004) afirmaram que o início da alimentação exógena é uma consequência direta da abertura da boca e da funcionalidade do intestino em larvas de *Leucaspis delineatus*.

Nas espécies em estudo, o vitelo foi consumido mais rapidamente pelas larvas de curimatã-pacu (4º DPE) do que pelas larvas de pacamã (10º DPE). Godinho et al. (2003) também observaram o consumo completo do vitelo no 4º dia após a eclosão em larvas de curimatã-pacu. No início da vida, as larvas são nutridas pelas suas reservas vitelínicas (NAKATANI et al., 2001; ANDRADE et al., 2016). A duração da presença do vitelo é variável entre as diversas espécies de peixes, podendo ser consumido quase totalmente antes da eclosão, como no caso da melanotênia-maçã, *Glossolepis incisus* (FERREIRA et al., 2009) ou estender-se por vários dias, como no caso do trairão, *Hoplias lacerdae*, no qual dura 12 dias (GOMES et al., 2007). Avaliando o diâmetro do vitelo nos ovos, Sato et al. (2003a) verificaram que esse é geralmente maior nas espécies que possuem ovos adesivos e cuidado parental, características nas quais se encaixa o pacamã (2,65 mm de diâmetro de vitelo), ao contrário das espécies que possuem ovos livres e sem cuidado parental, como o curimatã-pacu (1,25 mm de diâmetro de vitelo).

Em ambas as espécies, a abertura da boca ocorreu previamente ao desaparecimento total do saco vitelino, evento que, segundo Santos e Godinho (1996), indica uma possível capacidade de ingerir alimento antes da exaustão completa das reservas vitelínicas. Durante essa transição, considerada um estágio crítico na larvicultura, o animal utiliza tanto as reservas endógenas, quanto os alimentos exógenos para alimentação, sendo denominado por Kamler (2008) como período de alimentação mista. Segundo Balon (1984), a transição para a alimentação exógena é um dos fatores decisivos na taxa de sobrevivência final. Próximo ao final da utilização do vitelo, as larvas precisam encontrar fontes exógenas de alimento para continuarem sobrevivendo (FERREIRA et al., 2009), portanto, torna-se imprescindível o conhecimento das características ontogenéticas das diversas espécies cultiváveis para a determinação do momento ideal de fornecimento de alimento.

A precocidade da insuflação da bexiga natatória do curimatã-pacu (3º DPE) em relação ao pacamã (8º DPE), pode ser explicada pelo comportamento da espécie em explorar os diferentes estratos da coluna d'água, enquanto que o pacamã, por ser sedentário, permanece a maior parte do tempo restrito à região do fundo de rios e tanques (PEDREIRA et al., 2012). Godinho et al. (2003) afirmaram que o desenvolvimento da bexiga natatória trata-se de um importante evento na ontogenia dos peixes teleósteos, uma vez que, juntamente com o desenvolvimento das nadadeiras, facilitam o equilíbrio e o direcionamento na coluna d'água. Corroborando os resultados do presente estudo, os autores observaram a bexiga natatória em larvas de curimatã-pacu ao 3º dia de vida, coincidindo com a manifestação de comportamento natatório em diversos sentidos na coluna d'água, e não observaram a presença desse órgão ao 4º dia de vida em larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*.

O início da pigmentação dos olhos, a abertura da boca e a exaustão do vitelo são características que conjuntamente indicam a capacidade das larvas de começarem a capturar alimento (MATTOS et al., 2014). A localização dorsal dos olhos do pacamã, observada no presente estudo, está relacionada ao seu comportamento ambiental do adulto, cuja espécie permanece a maior parte do tempo enterrada na areia com praticamente apenas os olhos livres, comportamento que Mello et al. (2015) atribuem à realização de predação por emboscada. O tamanho pequeno dos olhos, a cor da pele, o achatamento dorsoventral da cabeça, a presença de barbilhões e a boca voltada para cima (NAKATANI et al., 2001) também são características que auxiliam a camuflagem e, conseqüentemente, a predação pelo pacamã. No caso do curimatã-pacu, os olhos da espécie são considerados de tamanho moderado a grande (NAKATANI et al., 2001) e localizados lateralmente, como verificado nesse trabalho, o que provavelmente lhe confere uma melhor visão que auxilia na busca por alimentos durante a natação ativa na coluna d'água. Conforme Pedreira et al. (2012), o pacamã é adaptado para condições de baixa luminosidade, ao contrário do curimatã-pacu que apresenta melhor adaptação às condições com luminosidade mais intensa. Os mesmos autores afirmaram que a capacidade e a posição dos olhos são provavelmente por consequência de adaptação ao habitat.

As características do sistema digestório dos peixes geralmente apresentam estreita relação com o hábito alimentar, o habitat e a fase de desenvolvimento do indivíduo, demonstrada por meio de adaptações e modificações nesse sistema (SEIXAS FILHO et al., 2000). A presença de células mucosas na região esofágica foi observada em ambas as espécies no presente trabalho. Santos et al. (2007) descreveram que essa característica é comum no epitélio do trato digestório dos teleósteos, cujas funções envolvem proteção e lubrificação da superfície do epitélio para facilitar a passagem do alimento (GALVÃO et al., 1997). Observou-

se que a porção glandular do estômago do curimatã-pacu corresponde à região cárdica, enquanto que a porção aglandular abrange as regiões fúndica e pilórica. A porção glandular é responsável pela digestão química dos alimentos por meio de secreções das glândulas gástricas, e a porção aglandular, responsável pela digestão mecânica semelhantemente à uma moela (GALVÃO et al., 1997; SILVA et al., 2005). No pacamã, verificou-se que a porção glandular abrange a mucosa do estômago nas regiões cárdica, fúndica e pilórica. Segundo Santos et al. (2007) as glândulas gástricas são compostas por células oxintopépticas, relacionadas com a síntese de ácido clorídrico e pepsinogênio, respectivamente produzidos pelas células principais e parietais nos mamíferos.

Considerando a disposição do trato digestório, observou-se que o estômago do pacamã possui luz ampla com parede muscular espessa contendo fibras elásticas, possibilitando ampla elasticidade, e o intestino é curto, sendo características típicas encontradas em peixes carnívoros (SANTOS et al., 2007). De modo contrário, o curimatã-pacu apresenta intestino longo e enrolado com presença de cecos pilóricos na região inicial, conforme descrito anteriormente por Santos et al. (2016), sendo um aspecto comum em espécies de hábitos herbívoros, detritívoros ou onívoros. Em relação ao hepatopâncreas, constituído pela combinação anatômica de fígado e pâncreas, a predominância e a difusão da porção pancreática desse órgão no curimatã-pacu pode estar proporcionalmente relacionada ao tamanho do intestino. Os órgãos do curimatã-pacu, tubo digestório, bexiga natatória e rim, são geralmente mais alongados em sentido longitudinal, e do pacamã são mais comprimidos, ocupando mais espaço para as laterais dentro da cavidade peritoneal. Seixas Filho et al. (2000) verificaram que a disposição dos órgãos possui dependência com a forma da cavidade peritoneal, que, por sua vez, está associada com o formato do corpo.

As larvas recém-eclodidas de ambas as espécies exibiram semelhança em relação ao tecido epitelial de revestimento, apresentando uma única camada de células e ausência de pigmentação. Nakatani et al. (2001) não observaram pigmentação aparente em larvas de *P. argenteus* e *L. alexandri* no momento da eclosão e relataram ser uma condição comum entre a maioria das espécies de água doce. Provavelmente, essa característica contribui para a sobrevivência das larvas recém-eclodidas, visto que a transparência do corpo dificulta a visualização por predadores durante o período em que estas apresentam maior fragilidade. As células mucosas observadas no tecido epitelial de ambas as espécies desde o momento da eclosão, possuem a função de produzir uma secreção mucosa continuamente renovada que auxilia na proteção contra patógenos e outras injúrias, conforme descrito por Elliott (2011).

Presentes de forma abundante no tecido epitelial do pacamã, as células “club”, também conhecidas como células de substância de alarme ou claviformes (PFEIFFER, 1997; SMITH, 2000; DUBOC, 2007), produzem e armazenam uma substância de alarme que é detectada pelos peixes próximos gerando reações defensivas antipredador específicas de cada espécie, como fugir, esconder ou ficar imóvel (DUBOC, 2007; ELLIOTT, 2011). As células “club” geralmente estão localizadas nas camadas epidérmicas intermediárias e não apresentam aberturas para a superfície epidérmica, dessa forma, a liberação da substância de alarme para a superfície pela ocorrência de injúrias na pele do indivíduo (PFEIFFER, 1997; DUBOC, 2007; ELLIOTT, 2011). A abundância dessas células no pacamã pode ser explicada pelo comportamento sedentário da espécie que, por habitar em regiões de fundo com luminosidade reduzida, a dispersão da substância de alarme proveniente de um indivíduo lesionado pode facilitar a rápida comunicação de perigo entre os demais indivíduos, contribuindo para a sobrevivência da espécie no ambiente natural.

Segundo Mukai et al. (2013), as substâncias químicas liberadas da pele de um indivíduo ferido são responsáveis por desencadear o comportamento canibalístico na larvicultura do bagre africano, *Clarias gariepinus*. Pode-se sugerir que essa condição favoreça a ocorrência de canibalismo durante a larvicultura do pacamã, cuja fase de criação comumente apresenta redução das taxas de sobrevivência devido ao comportamento canibalístico dos indivíduos. As escamas do tecido epitelial do curimatã-pacu, assim como nas demais espécies que nadam ativamente na coluna d’água, proporcionam proteção contra danos mecânicos sem adicionar muito peso (ELLIOTT, 2011) e facilitam a natação devido à redução do atrito (BEMVENUTI e FISCHER, 2010) proporcionada pela disposição anatômica das mesmas no corpo do animal.

Em relação ao desenvolvimento gonadal, foi verificada a migração das células germinativas primordiais no sentido caudo-cranial em ambas as espécies. A migração dessas células é um evento comum para muitas espécies de peixes, nas quais as células germinativas primordiais são formadas em regiões distintas do local onde serão formadas as gônadas (WEIDINGER et al., 1999).

Os resultados demonstraram que não foram encontrados indícios histológicos de diferenciação sexual ao final do período avaliado (39° DPE), sendo observada apenas a presença de células germinativas primordiais associadas com células somáticas que formaram o primórdio gonadal. Em estudo com bagre do canal, *Ictalurus punctatus*, pertencente à ordem Siluriformes, Patiño et al. (1996) relataram os primeiros sinais de diferenciação ovariana aos 19 dias após a eclosão e de diferenciação testicular entre 90 e 102 dias de idade, sendo que essa espécie atinge a maturidade sexual com cerca de três anos de vida (DUNHAM e



SMITHERMAN, 1984), idade também relatada para a maturidade sexual do pacamã (LOPES et al., 2013). O lambari, *Astyanax* sp., que pertence à ordem Characiformes, apresentou início da formação de ovários e testículos respectivamente aos 58 e 73 dias após a eclosão (ADOLFI et al., 2015), espécie cuja primeira maturação sexual ocorre aos quatro meses de idade em cativeiro (SILVA et al., 1996) e aos três anos em condições naturais (SANTOS et al., 1991). O curimatã (*Prochilodus* sp.) atinge a primeira maturação sexual com dois anos de idade (ANTONIUTTI et al., 1995). A tilápia, *Oreochromis niloticus*, que alcança a maturidade sexual geralmente com menos de seis meses de idade (TURRA et al., 2010), demonstrou indícios de diferenciação sexual nas gônadas entre 23 e 26 dias após a eclosão (IJIRI et al., 2008).

Outra evidência observada foi a discrepância em relação ao tamanho dos primórdios gonadais e das células germinativas primordiais entre as duas espécies, condição que pode estar relacionada ao maior tamanho dos indivíduos de pacamã em comparação ao curimatã-pacu.

#### 4.5 CONCLUSÃO

As alterações anatômicas observadas durante a ontogenia de larvas *P. argenteus* e *L. alexandri* estão diretamente relacionadas ao hábito alimentar e ao comportamento inerente à cada espécie, sendo essas detritívora que nada ativamente na coluna d'água e carnívora que habita regiões de fundo, respectivamente. Larvas de pacamã exibiram um tamanho corporal maior do que larvas de curimatã-pacu desde o momento da eclosão. Aos 39 dias pós-eclosão, em ambas as espécies não foram observados indícios histológicos de diferenciação sexual.

#### 4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLFI, M. C.; CARREIRA, A. C. O.; JESUS, L. W. O.; BOGERD, J.; FUNES, R. M.; SCHARTL, M.; SOGAYAR, M. C.; BORELLA, M. I. Molecular cloning and expression analysis of *dmrt1* and *sox9* during gonad development and male reproductive cycle in the lambari fish, *Astyanax altiparanae*. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 13, n. 2, p. 1-15, 2015.
- ALVES, D. E. O.; SILVA, M. F. M.; MOLINA, W. F.; GAVILAN, S. A.; COSTA, L.; NASCIMENTO, R. S. S. Desenvolvimento ontogenético inicial de *Prochilodus brevis* (Steindachner, 1875) (Characiformes). **Biota Amazônia**, v. 6, n. 1, p. 70-75, 2016.
- ANDRADE, F. F.; LIMA, A. F.; ASSUMPÇÃO, L.; MAKRAKIS, S.; KASAI, R. I. D.; MAKRAKIS, M. C. Characterization of the early development of *Pseudoplatystoma reticulatum* Eigenmann & Eigenmann, 1889 (Siluriformes: Pimelodidae) from the Paraguay River Basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 14, n. 2, 2016.
- ANTONIUTTI, D. M.; NARAHARA, M. Y.; ROMAGOSA, E. Reprodução induzida e custo operacional de produção de alevinos de curimatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1981). **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 41-47, 1995.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: Water Environment Federation, 2012.
- BALON, E. K. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 113, n. 2, p. 178-185, 1984.
- BEMVENUTI, M. A. ; FISCHER, L. G. Peixes: Morfologia e adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 5, n. 2, p. 31-54, 2010.
- BRITSKI, H. A.; Y.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. 2. ed. Brasília, DF: Codevasf, 1986.
- CAMPECHE, D. F. B.; ROZZANNO, L.; FIGUEIREDO, R. C. R.; BARBALHO, M. R. S.; REIS, F. J. S.; MELO, J. F. B. **Peixes Nativos do São Francisco adaptados para cultivo**. (Documentos, 244). Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 20p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916922/1/SDC244.pdf>>. Acesso em 02/10/2015.
- DUBOC, L. F. Análise comparativa e aspectos ecológicos da reação de alarme em duas espécies de Mimagoniastes (Ostariophysi, Characidae, Glandulocaudinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 1163-1185, 2007.
- DUNHAM, R. A.; SMITHERMAN, R. O. Ancestry and breeding of catfish in the United States. Circular 273. **Alabama Agricultural Experimental Station**, Alabama: Auburn University, 1984.
- ELLIOTT D. G. The skin| Functional Morphology of the Integumentary System in Fishes. In: FARRELL A.P. (ed.), **Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment**. San Diego: Academic Press, 2011. p. 476-488.

FERREIRA, A. V.; VIDAL JR., M. V.; ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S.; MENDONÇA, P. P.; MATTOS, D. C. Consumo de vitelo durante o desenvolvimento embrionário de melanotênia-maçã, *Glossolepis incisus*, Weber 1907 (*Melanotaeniidae*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 3, p. 721-729, 2009.

GALVÃO, M. S. N.; FENERIC-VERANI, N.; YAMANAKA, N.; OLIVEIRA, I. R. Histologia do sistema digestivo da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 24, p. 91-100, 1997.

GODINHO, H. P.; SANTOS, J. E.; SATO, Y. Ontogênese larval de cinco espécies de peixes do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 133-148.

GOMES, B. V. C.; SCARPELLI, R. S.; ARANTES, F. P.; SATO, Y.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Comparative oocytomorphology and early development in three species of trahiras from the São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 70, n. 5, p. 1412–1429, 2007.

IJIRI, S.; KANEKO, H.; KOBAYASHI, T.; WANG, D. S.; SAKAI, F.; PAUL-PRASANTH, B.; NAKAMURA, M.; NAGAHAMA, Y. Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Biology of reproduction**, v. 78, n. 2, p. 333-341, 2008.

KAMLER, E. Resource allocation in yolk-feeding fish. **Reviews in Fish biology and Fisheries**, v. 18, n. 2, p. 143-200, 2008.

KOBERSTEIN, T. C. R. D.; DURIGAN, J. G. Produção de larvas de curimatá (*Prochilodus scrofa*) submetidas a diferentes densidades de estocagem e níveis de proteína bruta nas dietas. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.123-127, 2001.

KOLKOVSKI, S. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles - implications and applications to formulated diets. **Aquaculture**, v.200, n.1, p.181-201, 2001.

LOPES, J. P.; FRANÇA, F. L.; SANTOS NETO, M. A. O domínio na produção de alevinos de pacamã: propagação na Chesf permite repovoamento no rio São Francisco. **Panorama da Aquicultura**, v. 23, p. 24-29, 2013.

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E.; PEDREIRA, M. M.; TEIXEIRA, E. A. Effect of water flow rate and feed training on “pacamã” (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.4, p.973-979, 2011.

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. Reprodução e larvicultura do pacamã *Lophiosilurus alexandri*. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W.S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Editora Pedro & João, 2015. p. 473-490.

MATTOS, D. C.; CARDOSO, L. D.; FOSSE, P. J.; RADAEL, M. C.; FOSSE FILHO, J. C.; MANHÃES, J. V. A.; ANDRADE, D. R.; VIDAL JR, M. V. Description of the ontogenic and larval period of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus*). **Zygote**, v. 23, n. 3, p. 460–466, 2014.

MELLO, G. C. G.; SANTOS, J. E.; GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. Allometric larval growth of the bottom-dwelling catfish *Lophiosilurus*

alexandri Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 13, n. 4, p. 677-684, 2015.

MUKAI, Y.; SANUDIN, N.; FIRDAUS, R. F.; SAAD, S. Reduced cannibalistic behavior of African catfish, *Clarias gariepinus*, larvae under dark and dim conditions. **Zoological Science**, v. 30, n. 6, p. 421-424, 2013.

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.

PATIÑO, R.; DAVIS, K. B.; SCHOORE, J. E.; UGUZ, C.; STRÜSSMANN, C. A.; PARKER, N. C.; SIMCO, B. A.; GOUDIE, C. A. Sex differentiation of channel catfish gonads: normal development and effects of temperature. **The Journal of Experimental Zoology**, v. 276, p. 209-218, 1996.

PEDREIRA, M. M.; SANTOS, J. D.; SAMPAIO, E. V.; PEREIRA, F. N.; SILVA, J. D. L. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1144-1150, 2008.

PEDREIRA, M. M.; LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E.; SAMPAIO, E. V.; SILVA, R. S. F. Biofiltração da água e tipos de substrato na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 5, p. 511-518, 2009.

PEDREIRA, M. M.; SAMPAIO, E. V.; SANTOS, J. C. E.; PIRES, A. V. Larviculture of two neotropical species with different distributions in the water column in light-and dark-colored tanks. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, n. 2, p. 439-444, 2012.

PFEIFFER, W. The distribution of fright reaction and alarm substance cells in fishes. **Copeia**, n. 4, p. 653-665, 1977.

PINDER, A. C.; GOZLAN, R. E. Early ontogeny of sunbleak. **Journal of Fish Biology**, v. 64, n. 3, p. 762-775, 2004.

ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

SANTOS, R. A.; CAMPOS, E. C.; CAMARA, J. J. C. & MANDELLI JUNIOR, J. Curvas de maturação gonadal e crescimento de fêmeas de tambiú, *Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758 (Characiformes, Characidae), na represa de Ibitinga, Estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 18, p. 1-11, 1991.

SANTOS, J. E.; GODINHO, H. P. Ontogênese e comportamento natatório das larvas do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Homberg, 1887) mantidas experimentalmente em três regimes de fotoperíodo. **BIOS**, v. 4, n. 4, p. 11-16, 1996.

SANTOS, C. M.; DUARTE, S.; SOUZA, T. G.; RIBEIRO, T. P.; SALES, A.; ARAÚJO, F. G. Histologia e caracterização histoquímica do tubo gastrintestinal de *Pimelodus maculatus* (Pimelodidae, Siluriformes) no reservatório de Funil, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 97, n. 4, p. 411-417, 2007.

SANTOS, J. C. E.; SATO, Y.; SANTOS, A. J. G.; MENDES, P. P.; SANTIAGO, K. B.; LUZ, R. K. Desova induzida de curimatã-pacu submetido a dois protocolos de hipofisacção. (Notas Científicas). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1132-1135, 2013.

SANTOS, A. E.; PEDREIRA, M. M.; SANTOS, T. G.; MOURA, G. S.; SANTOS, J. C. E.; SILVA, R. C. Development of the digestive system in larvae of the Neotropical fish *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae). **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 1, p. 9-16, 2016.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; NUÑER, A.P.O.; GODINHO, H.P.; VERANI, J.R. Padrões reprodutivos de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003a. p. 229-274.

SATO, Y.; FENERICH-VERANI, N.; GODINHO, H. P. Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003b. p. 275-290.

SEIXAS FILHO, J. T.; BRÁS, J. M.; GOMIDE, A. T. M.; OLIVEIRA, M. G. A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do teleostei (Pisces) de água doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2000.

SILVA, J. V; ANDRADE, D. R. & OKANO, W. Y. 1996. Desenvolvimento sexual e crescimento de lambaris – tambuí, *Astyanax bimaculatus* Linnaeus, 1758 submetidos a diferentes tipos de alimentação. **Arquivo de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 48 (supl. 1), p. 47-54, 1996.

SILVA, N. B., GURGEL, H. D. C. B., & SANTANA, M. D. Histologia do sistema digestório de sagüiru, *Steindachnerina notonota* (Miranda Ribeiro, 1937) (Pisces, Curimatidae), do rio Ceará Mirim, Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2005.

SILVA, W. S.; CORDEIRO, N. I. S.; COSTA, D. C.; TAKATA, R.; LUZ, R. K. Frequência alimentar e taxa de arraçoamento durante o condicionamento alimentar de juvenis de pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p. 648-651, 2014.

SMITH, M. E. Alarm response of *Arius felis* to chemical stimuli from injured conspecifics. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 7, p. 1635-1647, 2000.

TRAVASSOS, H. Nótula sobre o pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876. **Atas da Sociedade de Biologia do Rio de Janeiro**, v. 4, p.1-2, 1959.

TURRA, E. M.; OLIVEIRA, D. A. A.; TEIXEIRA, E. A.; LUZ, R. K.; PRADO, S. A.; MELO, D. C.; FARIA, P. M. C.; SOUSA, A. B. Controle reprodutivo em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por meio de manipulações sexuais e cromossômicas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 1, p. 21-28, 2010.

WEIDINGER, G.; WOLKE, U.; KOPRUNNER, M.; KLINGER, M.; RAZ, E. Identification of tissues and patterning events required for distinct steps in early migration of zebrafish primordial germ cells. **Development**, v. 126, n. 23, p. 5295-5307, 1999.

## ANEXO 1

## Declaração de aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais da UFVJM



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS- CEUA  
DIAMANTINA - MG



Ofício nº 008/2016 -CEUA/UFVJM

Diamantina, 16 de junho de 2015.

À Sua Senhoria, o Senhor  
**Prof. Marcelo Mattos Pedreira**  
FCA/UFVJM

**Assunto:** Responde ofício que solicita alteração de título de projeto de mestrado e outros.

Prezado Orientador,

O ofício encaminhado por V.S.<sup>a</sup> a CEUA solicitando alteração do título do projeto registrado nesta comissão sob o nº 038/2015 para "Ontogenia e diferenciação sexual em duas espécies de peixes nativos" e informando sobre complementação da pesquisa com uma avaliação histológica realizada nos mesmos exemplares coletados, foi apreciado na reunião do dia 08 de junho de 2016 e aprovado.

Atenciosamente,

Flávio de Castro Magalhães  
Vice-coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais / UFVJM

*Prof. Dr. Flávio de Castro Magalhães*  
Vice-Coordenador da CEUA/UFVJM

**Campus JK**  
Comissão de Ética no Uso de Animais/ UFVJM-  
Prédio da Reitoria - PRPPG-sala 35 Rodovia MGT 367  
- Km 583, nº 5000 Alto da Jacuba - Diamantina/MG -  
CEP 39100-000 Telefone: +55 (38) 3532-1200

**CEUA** Comissão de Ética  
no Uso de Animais