



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Animal

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DE

***Laetacara araguaiae* (LABRIFORMES: CICHLIDAE)**

Amanda Pereira dos Santos Silva

Licenciada em Ciências Biológicas

2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Animal

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE FÊMEAS DE

***Laetacara araguaiae* (LABRIFORMES: CICHLIDAE)**

Amanda Pereira dos Santos Silva

Prof. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira

Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586b Silva, Amanda .
Biologia reprodutiva de fêmeas de *laetacara araguaiae* (Labriformes: Cichlidae). / Amanda Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
64 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2014

Orientador: Rosicleire Veríssimo Silveira
Inclui bibliografia

1. Reprodução de peixes. 2. Morfologia. 3. Oogênese.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Biologia Reprodutiva em fêmeas de *Laetacara araguaiae* (Labriformes: Cichlidae)

AUTORA: AMANDA PEREIRA DOS SANTOS SILVA

ORIENTADORA: Profa. Dra. ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, Área: PRODUÇÃO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. IGOR PAIVA RAMOS
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. ELIZABETH ROMAGOSA
Centro de Pesquisa Em Peixes Ornamentais / Instituto de Pesca de São Paulo

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

Dedicatória

Dedico o meu mestrado à minha prima **Karina Mariano dos Santos**, por ser um exemplo de coragem, esperança, perseverança, fé e espiritualidade. Por estar presente e fazer parte de todas as etapas deste processo, presente ou com pensamentos positivos. Você já é uma vencedora!

Obrigada por tudo!!!

Agradecimentos

À **Deus**, por permitir que eu acordasse todos os dias, me dando força e saúde para enfrentar os obstáculos dessa caminhada que só se inicia.

À **Biologia**, a ciência que estuda a vida, a qual me apaixono todos os dias.

À **Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP** Processo (2012/13413-9) por financiar esse projeto.

À minha orientadora e mãe científica, **Prof.^a Dr.^a Rosicleire Veríssimo Silveira**, pelos ensinamentos desde a graduação até o dia de hoje, pois o aprendizado é constante. Agradeço a paciência nos momentos difíceis e decisivos, nas angústias e por comemorar comigo as alegrias deste percurso. Por ser criteriosa nas cobranças, correções e na qualidade das imagens tão importantes para o nosso trabalho. Muito obrigada por tudo, que esta parceria seja longínqua. Foi uma honra e uma responsabilidade ser sua primeira orientada de mestrado. Muito Obrigada!!!

Ao meu pai científico, **Prof.^o Dr. Alexandre Ninhaus Silveira**, por todo o cuidado, serenidade e participação na formação do meu conhecimento. O senhor ao lado da Rosi sempre zelaram muito por mim e pelo laboratório e eu sempre serei grata e por onde eu for, lembrarei disso. Obrigada professor!!!

A **Prof.^a Dr.^a Rosimeire da Silva Filardi**, coordenadora do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Animal (PPGCTA), por todo seu trabalho e esforço para a formação desta primeira turma. A senhora é muito responsável pelo sucesso de cada um de nós.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, **Onilda, Graciele, Rafael e Marcia**, pelo trabalho e dedicação a PPGCTA.

Ao Departamento de Biologia e Zootecnia, **Dona Cleusa, Meiri e Zeneide**, por todo o apoio, amizade e torcida desde a graduação.

Aos membros da banca de qualificação, **Prof.º Dr. Igor Paiva Ramos e Prof.º George Shiguetti Yasui**, pelas preciosas sugestões e colaboração para este trabalho final.

Aos membros da banca desta defesa, **Prof.ª Dr.ª Elizabeth Romagosa, Prof.º Dr. Igor Paiva Ramos, Prof.º Dr. Carlos Alberto Vicentini e Prof.º Dr. Alexandre Ninhaus Silveira** que gentilmente aceitaram o convite para fazer parte desta etapa final do mestrado.

A minha mãe, **Gilene Pereira dos Santos** que da sua maneira, sempre rezou e torceu por mim, compartilhando os momentos de angústias assim que chegava em casa e sorrindo pra mim quando dividíamos uma alegria ou o alívio de uma etapa cumprida. Mãe obrigada por todo seu esforço e preocupação, por cuidar de suas filhas sozinha, pela criação e ensinamentos de uma vida toda. Você é uma guerreira e eu te amo!!!

Ao meu namorado, **Diógenes Henrique de Siqueira Silva**, meu colaborador em todos meus projetos, acadêmicos e de vida. Você sempre foi uma inspiração pra mim dentro e fora da universidade, depois de acompanhar o seu mestrado, eu tive a certeza do caminho que eu queria seguir. Você é culpado! E eu sou tão grata a você

por isso! Obrigada pela paciência, o cuidado, o companheirismo, as críticas por vezes tão dolorosas, e pelo seu amor. Eu amo você!!!

A **todos os meus familiares**, que colaboraram de alguma forma, sempre na torcida por mim e estão felizes por mais essa conquista. Vocês são muito importantes na minha vida e não importa o que aconteça, família é pra sempre!

A **Giovana Souza Branco**, que mesmo estando longe, esteve perto, lembrando-me que para uma amizade verdadeira a distância nunca importará. Minha amiga, obrigada por sua generosa amizade.

Aos amigos **do Laboratório de Ictiologia Neotropical (L.I.Neo)**, os de antes e os de agora, pelo companheirismo, ajuda nas coletas principalmente Jumma e Douglas, análises ou ate mesmo por uma conversa informal nos nossos cafés e confraternizações. Valeu turma!

As meninas da Rep. Ibiza, **Josiane, Lais** e agregados, pelos momentos de alegria, descontração e amizade nesses dois últimos anos. Foi uma agradável surpresa conhecer vocês.

A Rep. Lau, **Diógenes, Leite, Maycon Tony, Tatu, Moacir e Capitu**, pela amizade, convivência e apoio. Obrigada!

A **todos** que passaram pela minha vida e que de alguma forma contribuíram para este trabalho e para a minha formação. Muito Obrigada!!!

Epígrafe

Que eu possa aprender todos os dias.

"Você nasceu no lar que precisava nascer, vestiu o corpo físico que merecia, mora onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com o teu adiantamento. Você possui os recursos financeiros coerentes com tuas necessidades... nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas. Seu ambiente de trabalho é o que você elegeu espontaneamente para a sua realização. Teus parentes e amigos são as almas que você mesmo atraiu, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sob teu controle. Você escolhe, recolhe, elege, atrai, busca, expulsa, modifica tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes. São as fontes de atração e repulsão na jornada da tua vivência. Não reclame, nem se faça de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograma tua meta, busca o bem e você viverá melhor. Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim."

(Chico Xavier)

Resumo

Laetacara araguaiae é uma espécie de ciclídeo sul-americano descrito na bacia do rio Araguaia, São Miguel do Araguaia, Goiás, Brasil por Ottoni e Costa (2009). A descrição das fases reprodutivas vem sendo realizada há algum tempo com a análise do ciclo reprodutivo anual, que se baseia nas fases de maturação gonadal de espécies analisadas. O objetivo do trabalho foi descrever morfologicamente o ciclo reprodutivo de fêmeas de *L. araguaiae*. Foram coletadas 80 fêmeas de *L. araguaiae*, no período abril/2012 a março/2013, no rio Dois Córregos, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. Os ovários foram processados, utilizando-se técnicas para microscopia de luz e microscopia eletrônica de transmissão. Ainda foram identificadas as fases do ciclo reprodutivo que se aplicam as fêmeas, índice gonadosomático (IGS) e tamanho da primeira maturação ovariana. A oogênese apresentou epitélio germinativo com três tipos de oogônias e oócitos em fase de prófase da meiose para a formação dos folículos ovarianos. Crescimento primário com a presença de oócitos pré-vitelogênicos e oócitos alvéolos corticais e crescimento secundário ou vitelogênese, caracterizado pela deposição inicial de grânulos de vitelo. O evento, que caracteriza o estágio de maturação é a migração do núcleo para a periferia do oócito em direção à micrópila. O complexo folicular sofreu modificações morfológicas ao longo dos estágios dos oócitos. Além disso, para *Laetacara araguaiae* foram definidas cinco fases reprodutivas ao longo do ano: imaturo, desenvolvimento, apto a desova, regressão e regeneração. O comprimento médio da primeira maturação ovariana foi estimado em 2,0 cm de comprimento padrão. Os indivíduos maduros (aptos à desova) foram capturados a partir de setembro que coincidem com as estações de primavera e verão. O IGS apresentou valores médios elevados na fase de apto a desova (4,528) e os menores valores médios em imaturos (0,502). As estações do ano em que o indivíduo está apto à reprodução, coincidiu com os maiores valores médios de temperatura do ar e precipitação pluviométrica durante o ano.

Palavras chave: Ovários. Oogônia. Oogênese. Maturação. Desova. Peixe.

Abstract

Laetacara araguaiae is a species of south American ciclideo described in the Araguaia river basin, São Miguel do Araguaia, Goiás, Brazil by Ottoni and Costa (2009). The description of reproductive phases is being performed some time ago with the analysis of the annual reproductive cycle, that is based on stages of gonadal maturation of analyzed species. The objective of this work was to describe morphologically the reproductive cycle of female *L. araguaiae*. Were collected from 80 females of *L. araguaiae*, in the period April/2012 to March/2013, in Two Streams, river Selviria, Mato Grosso do Sul, Brazil. The ovaries were processed, using techniques for light microscopy and transmission electron microscopy. Even were identified phases of the reproductive cycle that apply to females, gonadosomatic index (GSI) and size of first ovarian maturation. The oogenesis presented germinative epithelium with three types of oogonias and oocytes in phase of profase of meiosis for the formation of the ovarian follicles. Primary Growth with the presence of oocytes pre-vitelogenicos and oocytes cortical alveoli and secondary growth or vitelogenese, characterized by initial deposition of granules of yolk. The event which characterizes the maturation stage is the migration from the nucleus to the periphery of the oocyte toward through. The follicular suffered complex morphological changes along the stages of oocytes. In addition, for *Laetacara araguaiae* were defined five reproductive phases throughout the year: immature, development, able to spawning, regression and regeneration. The average length of first ovarian maturation was estimated at 2.0 cm standard length. The mature individuals (able to spawn) were captured from September to coincide with the seasons of spring and summer. The IGS showed high average values in phase of able to spawn (4,528) and the lowest average values in immature (0.502). The seasons of the year in which the individual is able to reproduction, coincided with the largest mean values of air temperature and precipitation during the year.

Key words: Ovaries. Oogonia. Oogenesis. Maturation. Spawning. Fish.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	12
1.1	INTRODUÇÃO	12
	REFERÊNCIAS	19
1.2	OBJETIVOS	24
2	CAPÍTULO 2 - FOLICULOGÊNESE E DESENVOLVIMENTO DO OÓCITO em <i>Laetacara araguaiae</i> (Labriformes, Cichlidae)	25
2.1	INTRODUÇÃO	27
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	27
2.3	RESULTADOS	28
2.4	FIGURAS	32
2.5	DISCUSSÃO	35
	REFERÊNCIAS	38
3	CAPÍTULO 3 - CICLO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE <i>Laetacara araguaiae</i> (LABRIFORMES, CICHLIDAE)	41
3.1	INTRODUÇÃO	43
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	44
3.3	RESULTADOS	47
3.4	FIGURAS	51
3.5	DISCUSSÃO	59
	REFERÊNCIAS	62

1 CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A ictiofauna mundial é diversificada, pois a descrição de novas espécies tem ritmo acelerado, no entanto, sabe-se que muitas delas ainda serão descritas. Dados recentes apontam que há 32.930 espécies validadas no mundo sendo que 4.051 espécies foram descritas nos últimos dez anos (ESCHMEYER; FONG, 2013).

A ictiofauna de água doce neotropical é considerada a mais rica do mundo, composta por 28.000 espécies, sendo que 2.587 espécies estão no Brasil (BUCKUP et al., 2007) e 393 espécies são estimadas no Estado de São Paulo (OYAKAWA; MENEZES, 2011). Segundo Buckup et al. (2007), o elevado número de espécies reflete não apenas a grande diversidade existente nas bacias hidrográficas tropicais e subtropicais da região neotropical, na qual o Brasil está inserido, como também em constante aumento na busca do conhecimento sobre a ictiofauna brasileira.

Diante dessa diversidade, a produção de peixes ornamentais, tanto nacional quanto mundial é considerada como um dos agronegócios mais rentáveis da atualidade. O mercado nacional é atendido por produtores, principalmente com espécies de baixo valor comercial e rústicas, sendo carente de espécies mais sofisticadas e de novas variedades (PORTO, 2008).

Atualmente no Brasil são criadas aproximadamente 900 espécies de peixes ornamentais, sendo as principais ciclídeos como o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e o Acará-disco (*Symphysodon discus*), nativos da Bacia Amazônia; a carpa ornamental e o kingio, conhecido por japonês ou dourado, um dos mais populares no mundo. Existem no País mais de cinco mil piscicultores no setor, que respondem por 12 a 15 milhões de unidades de peixes ornamentais por ano, dos quais três milhões de kingio e de carpa. Cada peixe vendido pelo produtor vale de R\$ 0,20 a R\$ 300,00, no caso de matrizes de espécies mais valorizadas (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA, 2013).

Em função do grande potencial de exportação e do aumento da renda dos produtores rurais, diversos países estão, cada vez mais, incentivando a produção e

o comércio de peixes ornamentais (RIBEIRO, 2008) e muitos dessas espécies são ciclídeos.

Cichlidae é considerada a mais numerosa família de peixes não-Ostariophysi, com uma estimativa de 1900 espécies (KULLANDER, 1998). Os ciclídeos eram conhecidos por pertencerem a Ordem Perciformes, entretanto, Wiley & Johnson (2010), dividiram esta ordem em várias outras e a Família Cichlidae foi inserida em Labriformes.

No Brasil, a família Cichlidae é a terceira com mais espécies descritas, com 220 espécies, sendo Characidae a primeira, com 597 espécies e Loricariidae a segunda com 418 espécies descritas (BUCKUP et al., 2007). Estão contidas nesta família, espécies de pequeno porte, a exemplo dos representantes do gênero *Apistogramma* com comprimento médio de 25 a 30 mm, e espécies de médio porte como é o caso do gênero *Cichla*, que podem atingir até 1 metro de comprimento (KULLANDER, 1998).

Ciclídeos do gênero *Laetacara* pertencentes à subfamília Cichlasomatinae, destacam-se pelo pequeno tamanho, sendo compostos atualmente por sete espécies: *Laetacara dorsigera*, *L. flavilabris*, *L. thayeri*, *L. curviceps*, *L. fulvipinnis*, *L. araguaiae* e *L. flamannelus*, distribuídos no Brasil, Argentina, Equador, Paraguai, Peru e Venezuela (KULLANDER, 1986; OTTONI; COSTA, 2009; STAECK; SCHINDLER, 2007; OTTONI et al., 2012).

Laetacara araguaiae é uma espécie de ciclídeo sul-americano descrito na bacia do rio Araguaia, São Miguel do Araguaia, Goiás, Brasil por Ottoni & Costa (2009) e distribuída na área de drenagem do Reservatório de Ilha Solteira, sendo, endêmica da bacia do Rio Paraná. Com aparência similar as demais espécies do gênero, *L. araguaiae* distingue-se devido ao seu baixo número de raios na nadadeira dorsal (7-8). Também difere de *L. thayeri* por possuir mácula no pedúnculo da nadadeira caudal e possuir escamas ciclóides ao lado da cabeça. A espécie ainda difere de *L. fulvipinnis* e *L. flavilabris* devido a diferença de alguns caracteres merísticos (OTTONI; COSTA, 2009).

A espécie *L. araguaiae* tem sido estudada antes mesmo de sua descrição. Em um programa de monitoramento da ictiofauna desenvolvido no alto curso do rio Sucuriu - MS, foi o ciclídeo mais numeroso nas capturas (GRAÇA; PAVANELLI,

2007). Ainda em estudos da ictiofauna do Ribeirão do Pântano, um afluente do Rio Mogi – Guaçu, São Paulo, Brasil, no Alto Paraná foi considerada como espécie acessória (PEREZ – JUNIOR; GARAVELLO, 2007) e espécie accidental na descrição da ictiofauna em Córrego de Cerrado, Ribeirão do Ouvidor, Bacia do Paraná, Goiás (ARAÚJO, 2007).

Em estudos de caracterização trófica em que o fato de alguns grupos tróficos, com destaque para os iliófagos, detritívoros, zooplancívoros e insetívoros, incluírem várias espécies de pequeno porte (ex.: *S. insculpta*, *Laetacara* sp., *C. modestus*), consumidas por vários piscívoros, sugere que estes grupos desempenhem importante papel na manutenção da elevada diversidade encontrada nas lagoas durante os períodos de seca e retração da água (LUZ et al., 2001).

Laetacara araguaiae tem sido encontrado em abundância em riachos, lagoas e ambientes lênticos dos rios da bacia do Alto Paraná (CASATTI et al., 2006). De acordo com Teresa (2007), *L. araguaiae* tem ocorrência em ambientes degradados que apresentam avançado grau de assoreamento, resultando no predomínio de um substrato arenoso, diferentemente da maior parte dos ciclídeos neotropicais, essa espécie é capaz de construir ninhos nesse tipo de substrato garantindo o sucesso de acasalamento.

- **Reprodução**

Os peixes teleósteos, alcançaram sucesso em ambientes distintos por apresentarem estratégias reprodutivas diferenciadas, que permitiram adaptações ambientais nos quais tanto as condições bióticas (disponibilidade de alimento e pressão de predação), quanto às abióticas (temperatura, fotoperíodo, oxigênio disponível) entre outros, variam amplamente no espaço e no tempo. Na sua maioria, tem ciclo reprodutivo iniciando o desenvolvimento gonadal em uma época anterior aquela em que a reprodução acontece, completando sua maturação gonadal no momento em que os reprodutores estão aptos a desova, com condições ambientais adequadas ou não à fecundação e desenvolvimento da prole (VAZZOLER, 1996), pois há espécies a exemplo do *Laetacara araguaiae* que se reproduzem em ambientes degradados.

Os gatilhos ambientais para a reprodução em regiões temperadas são principalmente, fotoperíodo e temperatura. Em áreas tropicais, épocas frias e quentes são substituídas por períodos secos e úmidos. Ainda assim, o período de seca caracterizada pela falta de chuva considerável (VOLPATO; TRAJANO, 2006). Assim, nos peixes tropicais, a reprodução na maioria das vezes ocorre no período quente e úmido (primavera/verão) (CASTAGNOLLI, 1992), e o crescimento gonadal é estimulado por um fotoperíodo longo, geralmente em combinação com temperaturas quentes. A alteração do mesmo também pode apresentar interferência no desenvolvimento gonadal, sendo que, em muitas espécies, o efeito de longos fotoperíodos sobre o crescimento gonadal só se manifesta se a temperatura da água for adequada (BALDISSEROTTO, 2002). Esses gatilhos ambientais, juntamente com fatores endógenos, darão início a uma série de comportamentos reprodutivos que poderão interferir no ciclo gonadal e anual da espécie.

Comportamento como o cuidado parental ativo da prole é predominante em *Laetacara araguaiae* e outros ciclídeos neotropicais (TERESA; GONÇALVES-DE-FREITAS, 2011). Em *L. araguaiae* o comportamento no ambiente natural é marcado pela cooperação reprodutiva entre machos e fêmeas e representada pela divisão de funções na construção do ninho e defesa do território, seguida pelo compartilhamento de tarefas parentais como manutenção dos ovos, defesa do ninho e da prole, à medida que a mesma se desenvolve. (TERESA; GONÇALVES-DE-FREITAS, 2011). Entretanto, estudos sobre o desenvolvimento gonadal, ciclo reprodutivo bem como, o tamanho de primeira maturação e o tipo de desova da espécie não foram realizados.

Com relação aos aspectos reprodutivos dos peixes, Murua e Saborido-Rey (2003), definiram alguns conceitos básicos acerca do desenvolvimento gonadal e tipos de desova: espécies com desenvolvimento gonadal assincrônico apresentam desovas múltiplas, já as espécies com desenvolvimento grupo-sincrônico podem apresentar desova única ou múltipla. Em relação a uma população de peixes, a sazonalidade da desova varia de acordo com a sua duração (restrita ou longa), do grau de sincronização entre os períodos de desova individuais, e da temporada de ocorrência (por exemplo, outono-inverno e primavera-verão) (LOWERRE-BARBIERI, 2011).

Embora épocas de desova restritas sejam mais comuns em habitats de água fria e estações de desovas prolongadas em habitats de água quente (PAVLOV et al., 2009), essas informações podem variar de acordo com alterações do meio ou táticas reprodutivas das espécies, a exemplos de espécies nativas como o *Brycon cephalus* (ROMAGOSA et al., 2001), *Pseudoplatystoma coruscans* (CREPALDI et al., 2006; ANDRADE et al., 2010), *Piaractus mesopotamicus* (ROMAGOSA; NARAHARA, 2002; BITTENCOURT et al., 2012), *Astianax scabripinnis* (MELO et al., 2005), *Hypostomus strigaticeps* (TAKAHASHI, et al., 2008), *Pimelodus maculatus* (MAIA, et al., 2007) e *Arapaima gigas* (LOPES; QUEIROZ, 2009).

Para identificar o período de desova de uma espécie é necessário conhecer os estádios de desenvolvimento das células germinativas e realizar a análise do ciclo reprodutivo. Essas análises são feitas por meio da identificação das fases reprodutivas das espécies ao longo do ano. Entretanto, a descrição das fases reprodutivas vem sendo realizada há algum tempo com a análise do ciclo reprodutivo anual, que se baseia nas fases de maturação gonadal de espécies analisadas macroscopicamente e microscopicamente (SELMAN; WALLACE, 1986; VAZOLER, 1996; LOPES; QUEIROZ, 2009; QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2011).

Ainda há uma confusão na literatura a respeito da terminologia adotada pelos pesquisadores que trabalham com fêmeas, pois cada um utiliza uma terminologia e divide as fases reprodutivas a seu modo. Ao contrário do que foi realizado para machos, em que se utilizam as mudanças do epitélio germinativo, associadas às características das células germinativas para identificação das classes de maturação (GRIER; TAYLOR, 1998; GRIER, 2002; VERÍSSIMO-SILVEIRA, 2003; GRIER; ARANZABAL, 2009; SIQUEIRA-SILVA et al., 2013).

Assim, foi desenvolvida uma proposta de modelo conceitual para identificar as fases dentro do ciclo reprodutivo. Essas fases se aplicam a todos os peixes, independentemente da posição filogenética, gênero ou estratégia reprodutiva. Tais fases constituem uma descrição dos eventos gonadais cíclicos, necessários para a produção e renovação de gametas, como o desenvolvimento, diferenciação, maturação e liberação de gametas viáveis, que irão resultar em alterações de características que distinguem as fases de desenvolvimento gonadal em teleósteos (BROWN-PETERSON et al., 2011). Recentemente, essa terminologia adaptada foi

utilizada para o Siluriforme, *Pimelodus maculatus* e para o Characiforme, *Serrasalmus maculatus* (WILDNER et al. 2012), mostrando-se adaptável as espécies.

O reconhecimento dessas fases reprodutivas constitui conhecimento fundamental da biologia reprodutiva dos peixes. E para o entendimento e a padronização das fases reprodutivas, faz-se necessário o estudo da morfologia ovariana e dos estágios de desenvolvimento das células germinativas ao longo da oogênese.

- **Morfologia Ovariana**

O conhecimento de características histológicas das gônadas constitui uma etapa básica e primordial para a compreensão da reprodução natural de peixes teleósteos (CREPALDI, 2006).

Os ovários dos teleósteos são estruturas que geralmente aparecem aos pares, com diversas formas, como alongadas e globosas, que se situam na porção dorsal da cavidade abdominal, ventralmente ao sistema néfrico e à vesícula gasosa (SANTOS; HEID, 1981). Segundo Vazzoler (1996), as gônadas são classificadas macroscopicamente por meio de características como tamanho em relação à cavidade abdominal, coloração, presença de vasos sanguíneos, tamanho e aspectos dos ovócitos e grau de turbidez.

Um conceito emergente na reprodução de vertebrados é a existência de um epitélio germinativo. Nas fêmeas esse epitélio é constituído por células da linhagem germinativa envolvidas por células somáticas, formando os folículos ovarianos. As células somáticas são células epiteliais que se diferenciam em células pré-foliculares e permanecem associadas à um oócito meiótico (GRIER et al., 2009) e também estão diretamente envolvidas na maturação dos gametas. O epitélio germinativo ovariano difere de todos os outros tipos de epitélios, pois possuem células germinativas que entram na meiose diferenciando-se em oócitos. Estes passam por diferentes estágios de desenvolvimento (crescimento primário e secundário/vitelogênese, e maturação) ao final dos quais estão prontos para a desova (PARENTI; GRIER, 2004; ISHIBA et al., 2010).

As oogônias são células iniciais do processo de foliculogênese que finaliza a formação do folículo ovariano. Elas entram em meiose originando os oócitos,

enquanto que as células somáticas proliferam e diferenciam-se resultando na formação dos ovários (PEDROZO et al., 2009). A proliferação de oogônias e sua entrada na meiose originam grupos de oócitos e células epiteliais, denominadas “clusters” que são “ninhos” de células. Estes ninhos estão ligados ao epitélio germinativo, e ambos são separados do estroma por uma membrana basal contínua. Oócitos meióticos quando chegam à fase de paquíteno tardio, são envolvidas pelas células pré-foliculares individualizando-os (GRIER, 2000; GRIER et al., 2009; FRANÇA et al., 2010; MAZZONI et al., 2010; QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2011).

O crescimento do oócito pode ser classificado em pré-vitelogenico ou crescimento primário, e em fase de crescimento secundário, conhecido como vitelogênese. O início do crescimento primário ocorre antes da formação completa do folículo, ou seja, antes do oócito estar completamente envolvido pelas camadas do complexo folicular. Este é formado quando o folículo ovariano é englobado por células derivadas do estroma formando as camadas da teca (CHAVES, 1992; ROMAGOSA; NARAHARA, 2002; GRIER et al., 2009; ISHIBA et al., 2010). No crescimento secundário ocorre a deposição de grânulos de vitelo e o espessamento da zona radiata. Durante a maturação, o núcleo migra para o pólo animal onde está localizada a micrópila (FRANÇA et al., 2010).

O desenvolvimento dos ovócitos de teleósteos apresenta variações nos diferentes grupos de peixes e a determinação da dinâmica da oogênese permite a compreensão dos processos de maturação e fertilização além de inferir sobre o estado funcional das gônadas, na determinação do período reprodutivo das espécies e no tipo de desova (SELMAN; WALLACE, 1989; LIMA, 1991; ISHIBA et al., 2010).

Deste modo, considerando-se a escassez de informações sobre *Laetacara araguaiae* e seu potencial no âmbito da piscicultura ornamental, fazem necessários os estudos que forneçam respostas básicas a questões de reprodução, preservação e manejo. Portanto, o objetivo do trabalho foi descrever o ciclo reprodutivo ovariano e anual de *Laetacara araguaiae*, utilizando-se a análise morfológica estrutural e ultraestrutural da foliculogênese e do desenvolvimento dos oócitos. Pois o conhecimento de informações básicas acerca da biologia reprodutiva é o ponto de partida para sua aplicação na aquicultura e em outras áreas, como comportamento, ecologia, e conservação da espécie.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. X. L.; HONJI, R. M.; ROMAGOSA, E. Process of gonad maturation of *Pseudoplatystoma corruscans* fed diets containing different levels of protein and supplemented with corn oil. **Arq. Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 2, p. 332-342, 2010.
- ARAÚJO, N. B.; TEJERINA-GARRO, F. L. Composição e diversidade da ictiofauna em riachos do Cerrado, bacia do ribeirão Ouvidor, alto rio Paraná, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 981-990, 2007.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002.
- BITTENCOURT, F.; DE SOUZA, B. E.; LUI, T. A.; BORELLA, M. I.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; ROMAGOSA, E. Protein diets promote the maturation of oocytes and spawning of *Piaractus mesopotamicus* kept in cages. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 28, n. 6, p. 886-893, 2012.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 2007. v. 23, 195 p. (Série Livros).
- BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, Bethesda, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011.
- CASATTI, L.; LANGEANI, F.; FERREIRA, C. P. Effects of physical habitat degradation on the stream fish assemblage structure in a pasture region. **Environmental Manage**, North Carolina, v. 38, n. 6, p. 974-982. 2006.
- CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992. 189 p.
- CHAVES, P. T. C. Aspectos do desenvolvimento ovocitário no peixe-pulmonado sul-americano, *Lepidosiren paradoxa* Fitzinger (DIPNOI). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 9, n. 1-2, p. 93-98, 1992.
- CREPALDI, D. V.; FARIA, P.; TEIXEIRA, E. A.; RIBEIRO, L.; COSTA, A.; MELO, D. C.; CINTRA, A. P. R.; PRADO, S. A.; COSTA, F. A. A.; DRUMOND, M. L.; LOPES, V. E.; MORAES, V. E. Biologia reprodutiva do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 30, n. 34, p. 159-167, 2006.
- ESCHMEYER, W. N.; FONG, J. D. **Species by family/subfamily**. 30th ed. Califórnia: Instituto of Biodiversity Science and Sustainability, 2013. Disponível em: <<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.as>>. Acesso em: 30 out 2013.

FRANÇA, G. F.; GRIER, H. J.; QUAGIO-GRASSIOTO, I. A new vision of the origin and the oocyte development in the ostariophysi applied to *Gymnotus sylvius* (Teleostei, Gymnotiformes). **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 787-804, 2010.

FROESE, R.; PAULY, D. **Fishbase**. Canadá: [s.n.], 2013. Disponível em: <www.fishbase.org>. Acesso em: 18 dez 2013.

LUZ, G. K. D.; ABUJANRA, F.; AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Caracterização trófica da ictiofauna de três lagoas da planície aluvial do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 401-407, 2001.

GRAÇA, W J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007. 241p.

GRIER, H. J.; TAYLOR, R. G. Testicular maturation and regression in the common snook. **Journal of Fish Biology**, British Isles, v. 53, n. 3, p. 521-542, 1998.

GRIER, H. J. Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *centropomus undecimalis* (teleostei: centropomidae). **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 243, n. 3, p. 243:265–81, 2000.

GRIER, H. J. The germinal epithelium: its dual role in establishing male reproductive classes and understanding the basis for indeterminate egg production in female fishes. **Institute of Marine Sciences**, Flórida, v. 53, p. 537-552, 2002.

GRIER, H. J.; ARANZABAL, M. C. U. The testis and spermatogenesis in teleost. In: JAMIESON, B. G. M. (Ed.). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes)**. Enfield: Science Publishers, 2009. v. 8, p. 119-142.

GRIER, J. H; URIBE, M. C, PATINO, R. The ovary, folliculogenesis and oogenesis in teleosts. In: Jamieson BJM, editor. **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony Fishes) phylogeny reproductive system viviparity spermatozoa**. Enfield: Science Publishers, 2009. p. 25–84.

ISHIBA, R.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; FRANÇA, G. F., Aspectos estruturais do desenvolvimento gonadal e relação gonadossomática de machos e fêmeas ao longo do ciclo reprodutivo anual em *Gymnotus carapo* cf. *carapo* (teleostei: gymnotiformes: gymnotidae). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-CIC, 21., 2010, Botucatu.. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2010. p. 1-10.

KULLANDER, S. O. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). In: MALABARBA, L. R.; REIS, R. E.; VARI, R. P.; LUCENA Z. M.; LUCENA, C. A. S. **Phylogeny and classification of neotropical fishes**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998. 603 p.

LIMA, R. V. A.; BERNARDINO, G.; VAL-SELLA, M. V.; FAVA-DE-MORAES, F.; BORELLA, M. I. **Boletim técnico**, Pirassununga, v. 4, n. 1, p. 1-46, jan/jun, 1991.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas Mamirauá e Amanã. **UAKARI**, Tefé, v. 5, n. 1, p. 39-48, jun. 2009.

LOWERRE-BARBIERI, S. K; BROWN-PETERSON, N. J; MURUA, H; TOMKIEWICZ, J; WYANSKI, D; SABORIDO-REY, F. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. **Marine and Coastal Fisheries [online serial]**, England, v. 3, p. 32-51, 2011.

MAZZONI, T. S.; GRIER, H. J.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Germline cysts and the formation of the germinal epithelium during female morphogenesis in *Cyprinus carpio* (Teleostei: Ostariophysi: Cypriniformes). **The Anatomical Record**, Utah, n. 293, p. 1581–1606, 2010.

MAIA, Bruno. P.; RIBEIRO, S. M. F.; BIZZOTTO, P. M.; VONO, V.; GODINHO, H. P. Reproductive activity and recruitment of the yellow-mandi *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Pimelodidae) in the Igarapava Reservoir, Grande River, Southeast Brazil **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 147-152, 2007.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA-MPA. **Sistema penitenciário do Rio contará com cursos para criação de peixes ornamentais**. Brasília: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/1919-sistema-penitenciario-do-rio-contara-com-cursos-para-criacao-de-peixes-ornamentais>>. Acesso em: 11 mar. 2014.

MELO, F. C. S. A.; MALDONADO, I. R. S. C.; BENJAMIN, L. A.; MATTA, S. L. P. 2005. Biologia Reprodutiva de fêmeas de Lambari-Prata (*Astyanax scabripinnis*) (Characidae, Tetragonopterinae) em tanques de piscicultura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 304, p. 811-829, 2005.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, Canadá, v. 33, p. 23-31, 2003.

OTTONI, F. P.; COSTA, W. J. E. M. Description of a newspecies of *Laetacara* Kullander, 1986 from central Brazil andre-description of *Laetacara dorsigera* (Heckel, 1840) (Labroidei: Cichlidae: Cichlasomatinae). **Vertebrate Zoology**, Germany, v. 59, p. 41-48, 2009.

OTTONI, F. P.; BRAGANÇA, P. H. N.; AMORIM, P. F.; GAMA, C. S. A new species of *Laetacara* from the northern Brazil coastal floodplains (Teleostei: Cichlidae). **Vertebrate Zoology**, Germany, v. 62, n. 2, p. 181-188, 2012.

OYAKAWA, O. T.; MENEZES, N. A. Checklist of fresh water fishes from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 1a, p. 19-32, 2011.

PARENTI, R. L.; GRIER, H. J. Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes. **Integrative and Comparative Biology**, Australia, v. 44, n. 5, p. 333–348, 2004.

PAVLOV, D. A.; EMEL'YANOVA, N. G.; NOVIKOV, G. G. Reproductive dynamics. In: JAKOBSEN, T.; FOGARTY, M. J.; MEGREY, B. A.; MOKSNESS, E. (Ed.). **Fish reproductive biology**. Chichester: Wiley-Blackwell Scientific Publications, 2009. p. 48–90.

PEDROZO, A. R.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; MAZZONI, T. S. Análise estrutural das células germinativas e somáticas: as alterações gonadais das fêmeas de *Cyprinus carpio* (teleostei: cypriniformes) durante o desenvolvimento gonadal. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA,- CIC, 21., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2009. p. 6220-6223.

PEREZ JUNIOR, O. R.; GARAVELLO, J. C. Ictiofauna do Ribeirão do Pântano, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Bacia do Alto Rio Paraná, São Paulo, Brasil. **Zoologia**, Porto Alegre, v. 97, n. 3, p. 328-335, 2007. (Iheringia, Série).

PORTO, M. N. M. **Perspectiva de crescimento na piscicultura ornamental**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <http://www.pecnordeste.com.br/pec2008/pdf/aqui/Mario_Nunes_de_Magalhaes_Porto.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2010.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; GRIER, H. J.; MAZZONI T. S.; NÓBREGA R. H.; AMORIM, J. P. Activity of the ovarian germinal epithelium in the freshwater catfish, *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Ostariophysi: Siluriformes): germline cysts, follicle formation and oocyte development. **Journal of Morphology**, Chichester, v. 8, p. 290–306, 2011.

RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial do mercado de peixes ornamentais. **Revista Panorama da Aquicultura**, Laranjeiras, v. 18, n. 108, p. 32-37, jul- ago, 2008.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y.; BORELLA, M. I.; FENERICH-VERANI, N. Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus*, induzidas a reprodução. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 2, p.139-147, 2001.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y. Desenvolvimento e diferenciação dos ovócitos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 433-438, 2002.

SANTOS, H. S. L. **Histologia de peixes**. São Paulo: Ed. Funep, 1981. 80 p.

SELMAN, K.; WALLACE, R. A. Gametogenesis in *Fundulus heteroclitus*. **American Zoologist**, Washington, v. 26, n. 1, p. 173-192, 1986.

SELMAN, K.; WALLACE, R. A. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. **Zoological Science**, Tokyo, v. 6, p. 211–231, 1989.

SIQUEIRA-SILVA, D. H.; VICENTINI, C. A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; NINHAUS-SILVEIRA, A. Reproductive cycle of the neotropical cichlid yellow peacock bass *Cichla kelberi*: a novel pattern of testicular development. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 587-596, 2013.

STAECK, W.; SHINDLER, I. Description of *Laetacara fulvipinnis* (teleostei: perciformes: cichlidae) from the upper drainages of the rio Negro in Venezuela”. **Vertebrate Zoology**, Germany, v. 57, n. 1, p. 63-71, 2007.

TAKAHASHI, E. L. H.; GOINTEIN, R.; NAKAGHI, L. S. O. Maturidade do ovário no cascudo *Hypostomus strigaticeps* (siluriformes, loriicaridae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 107-112, 2008.

TERESA, F. B. **Comportamento reprodutivo e cooperação no ciclídeo neotropical *Laetaara* sp.** São José do Rio Preto: [s.n.], 2007. 43 p.

TERESA, F. B.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Reproductive behavior and parental roles of the *Laetacara araguaiae*. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 355-362, 2011.

VAZZOLER, A. E. A . M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: EDUEM/SBI/CNPq/Nupélia, 1996. 169 p.

VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. **Ciclo reprodutivo e cinética da espermatogênese do Dourado (*Salminus maxillosus* Valenciennes. 1849. 60 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura , Universidade Estadual Paulista- UNESP, Jaboticabal, 2003.**

VOLPATO, G. L.; TRAJANO, E. Biological rhythms. In: VAL. A. L.; FONSECA, V. M.; RANDALL, D. J. **Physiology of tropical fishes.** Califórnia: Academic Press, 2006. p. 101-153.

WILDNER, D. D.; GRIER, H.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Female germ cell renewal during the annual reproductive cycle in Ostariophysians fish. **Theriogenology**, Philadelphia, v. 79, n. 4, p. 1–16, 2012.

WILEY, E. O.; JOHNSON, G. D. A teleost classification based on monophyletic groups. In: NELSON, J. S.; SCHULTZE, H. P.; WILSON, M. V. H. (Ed.). **Origin and phylogenetic interrelationships of teleosts.** Verlag: Dr. Friedrich Pfeil, Munich, 2010. p. 123-182.

1.2 OBJETIVOS

1 Geral:

Descrever morfolologicamente o ciclo reprodutivo de fêmeas de *Laetacara araguaiae*.

2 Específicos:

- Realizar a análise morfológica estrutural e ultraestrutural do processo de oogênese;
- Descrever e caracterizar as fases do ciclo reprodutivo;
- Expressar o estado biológico dos ovários por meio do Índice Gonadosomático;
- Estimar o Comprimento Médio do Início da Primeira Maturação Ovariana;
- Determinar o período de desova.

2 CAPÍTULO 2 - FOLICULOGÊNESE E DESENVOLVIMENTO DOS OÓCITOS EM *Laetacara araguaiae* (LABRIFORMES, CICHLIDAE).

Artigo submetido ao **Journal of Applied Ichthyology**, em 18 de Setembro de 2013.

Amanda Pereira dos Santos Silva^{1,2}, Diógenes Henrique de Siqueira-Silva^{2,3}, Alexandre Ninhaus-Silveira^{1,2,3}, Rosicleire Veríssimo-Silveira^{1,2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal – FE/UNESP - Univ. Estadual Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, SP, Brasil. ²Laboratório de Ictiologia Neotropical(L.I.NEO) – Dep. de Biologia e Zootecnia, FE/UNESP - Univ. Estadual Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, SP, Brasil. ³Programa de Pós Graduação em Biologia Animal – IBILCE/ UNESP – Univ. Estadual Paulista, Câmpus de S.J. Rio Preto, SP, Brasil.

*Corresponding author, e-mail: rosiverissimo@bio.feis.unesp.br; silva.amandabio@yahoo.com.br; siqueira.diogenes@gmail.com; ninhaus@bio.feis.unesp.br.

RESUMO

A análise histológica e ultraestrutural do processo de oogênese foi realizada para *Laetacara araguaiae*. Fêmeas adultas foram coletadas, anestesiadas, e seus ovários foram processadas utilizando-se técnicas para microscopia de luz e microscopia eletrônica de transmissão. A oogênese apresentou as seguintes características: epitélio germinativo com três tipos de oogônias e oócitos em fase de prófase da meiose para a formação dos folículos ovarianos. Crescimento primário com a presença de oócitos pré-vitelogênicos e oócitos alvéolos corticais. O oócito em crescimento secundário ou vitelogênese foi caracterizado pela deposição inicial de grânulos de vitelo. O evento, que caracteriza o estágio de maturação é a migração do núcleo, também chamado vesícula germinativa, para a periferia do oócito em direção à micrópila. O complexo folicular sofreu modificações ao longo dos estágios dos oócitos. Assim, os oócitos em *L. araguaiae* sofrem os diferentes estágios de desenvolvimento ao final dos quais estão aptos à desova.

Palavras chave: Oogônia. Vitelogênese. Oogênese. Peixe. Maturação.

ABSTRACT

The oogenesis, make possible the comprehension and determination of the maturational processes, spawning type and fertilization during the species reproductive period. So, it was made the histological and ultrastructure analysis of *Laetacara araguaiae* oogenesis. Adult female specimens of *L. araguaiae* were collected, anesthetized, and their gonads were processed by techniques for light microscopy and transmission electron microscopy. Oogenesis in *L. araguaiae* showed the following characteristics: Germinal epithelium with three kinds of oogonia and oocytes in meiotic prophase phase and the ovarian follicle formation. Primary growth with pre-vitelogenic and cortical alveolus oocytes were described. The oocyte in secondary growth or vitelogenesis was characterized by the initial deposition of micro yolk granules. The event that characterizes the maturation stage is the nucleolus of migration, also called germinal vesicle, to the oocyte periphery in direction to the micropyle. The follicular complex suffered several changes along the oocytes stages. Therefore, the oocytes in *L. araguaiae* go through different stages of development and at the end of it they are able to spawn.

Key words: Oogonia. Vitelogenesis. Oogenesis. Fish. Maturation.

2.1 INTRODUÇÃO

A diversidade da ictiofauna Neotropical, considerada a mais rica do mundo, reflete na produção de peixes ornamentais de água doce e marinhos, sendo este empreendimento um dos mais rentáveis para o agronegócio, no qual diversos países estão cada vez mais incentivando essa prática (RIBEIRO, 2008). Atualmente no Brasil são criadas aproximadamente 900 espécies de peixes ornamentais, com destaque para os ciclídeos como o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) e o Acará-disco (*Symphysodon discus*), nativos da Bacia Amazônia (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA, 2014)

Dentre os ciclídeos, *Laetacara araguaiae* é uma espécie sul-americana que foi descrita na bacia do rio Araguaia, Brasil por Ottoni e Costa (2009). Apesar dos estudos sobre o comportamento reprodutivo (TERESA; GONÇALVES-DE-FREITAS, 2011), pouco se conhece a respeito da biologia reprodutiva, principalmente, no que diz respeito à morfologia ovariana e a maturação dos oócitos ao longo do processo da oogênese.

O desenvolvimento dos oócitos apresenta variações nos diferentes grupos de teleósteos e a caracterização histológica da dinâmica deste processo, conhecido por oogênese, permite a compreensão e determinação dos processos de maturação, tipo de desova e fertilização durante o período reprodutivo das espécies (SELMAN; WALLACE, 1989; LIMA, 1991; ISHIBA et al., 2010).

Deste modo, considerando-se a escassez de informações sobre a espécie e a necessidade de estudos que forneçam subsídios básicos à questões de reprodução, preservação e manejo, realizou-se a análise histológica e ultraestrutural do processo de oôgenese de *L. araguaiae*.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 80 fêmeas adultas de *L. araguaiae* mensalmente entre abril de 2012 e março de 2013 no Rio Dois Córregos, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil (S 20° 25' 00.5" W 051° 28' 38.4". Alt: 329 m). Os espécimes foram anestesiados com 0,5% benzocaína e sacrificados de acordo com a aprovação do protocolo institucional de Comissão de Ética no Uso de Animais (007/2012/CEUA-

FEIS/UNESP). Fragmentos dos ovários, foram fixados “overnight” em 4% de paraformaldeído e glutaraldeído a 2% em tampão fosfato de Sorensen, pH 7.4. Os fragmentos foram desidratados em série crescente de concentração de álcool e incluídos em historesina (Technovit 7100/historesina). Cortes histológicos (3µm) foram submetidos a colorações de hematoxilina/eosina no Laboratório de Ictiologia Neotropical, Departamento de Biologia e Zootecnia, da Faculdade de Engenharia da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

Para o estudo de microscopia eletrônica de transmissão, o material foi posteriormente fixado, no escuro, durante 2 horas em 1% de tetróxido de ósmio no mesmo tampão, coradas com solução aquosa 0,5% de acetato de uranilo, durante 2 horas, desidratados em acetona, incluídas em Araldite® e seccionados e corados com uma solução saturada de acetato de uranila em álcool a 50% e citrato de chumbo. Eletromicrografias foram obtidas usando microscópio eletrônico de transmissão Philips - CM 100 no Centro de Microscopia Eletrônica de Botucatu, Instituto de Biociências – UNESP Botucatu, São Paulo, Brasil.

2.3 RESULTADOS

- Estrutura ovariana

Os ovários de *L. araguaiae* são órgãos pares, localizados na região dorsal da cavidade abdominal, apresentam coloração amarelada, entretanto, sofrem variações de tonalidade conforme o crescimento dos oócitos. Possuem formato saculiforme, alongado e se fundem caudalmente para formar um ducto comum, que se exterioriza por meio de uma papila urogenital. São revestidos por túnica albugínea que emite septos para o interior dos ovários, formando lamelas ovulíferas nas quais se encontra o epitélio germinativo, que é constituído por células da linhagem germinativa envoltas por células somáticas. No epitélio germinativo as oogônias, células primordiais do processo de gametogênese feminina, sofrem várias divisões mitóticas e iniciam o processo de foliculogênese e os oócitos passam por diferentes estágios de desenvolvimento para completar a oogênese.

- Foliculogênese

No epitélio germinativo de *L. araguaiae*, foram observadas três tipos de oogônias: as oogônias do tipo A-indiferenciadas, A-diferenciadas e B-diferenciadas. As oogônias do tipo A-indiferenciadas são alongadas, possuem núcleo basófilo e irregular, apresentam um nucléolo pouco evidente e são encontradas primeiramente isoladas (Fig.1a). Posteriormente, proliferam-se por mitoses consecutivas originando ninhos de oogônias do tipo A-diferenciadas que são arredondadas, possuem núcleo esférico e menos basófilo com “nuagens” visíveis ao seu redor e um nucléolo volumoso (Fig.1b). São individualizadas por células pré-foliculares, podendo manter-se quiescentes no epitélio ou formar, por meio de divisões mitóticas (Fig.1c), um ninho de oogônias B-diferenciadas, que são células menores que a anterior, com o núcleo mais basófilo e com nuagens ao redor, podendo apresentar mais de um nucléolo (Fig.1c). As oogônias B-diferenciadas entram em meiose, tornando-se oócitos profásicos dentro de cistos, localizados no estroma ovariano e que permanecem circundados pelas células pré-foliculares.

Em *L. araguaiae* os cistos de oócitos iniciais podem ser distinguidos pela organização da cromatina de acordo com a etapa da prófase meiótica em que se encontram. Oócitos em leptóteno possuem núcleo basofílico com cromatina descondensada e nucléolo evidente (Fig.1d). Em zigóteno, a cromatina está condensada em pequenos grânulos (Fig.1e). Em paquíteno, com a formação do complexo sinaptonêmico e pareamento dos cromossomos homólogos, observa-se uma forte condensação dos cromossomos (Fig.1f). Em paquíteno tardio, ocorre a desconstrução do complexo sinaptonêmico e retração dos cromossomos homólogos (Fig.1g). Neste momento as células pré-foliculares, iniciam o isolamento dos oócitos dentro dos cistos (Fig.1g). Nos oócitos individualizados, agora no estágio de diplóteno, há um aumento celular, o núcleo e o nucléolo estão mais volumosos e o citoplasma está menos basófilo e inicia-se a secreção da membrana basal pelas células pré-foliculares (Fig.1h). Os oócitos em diplóteno são totalmente circundados e individualizados por células foliculares formando o folículo ovariano e, deste modo, finalizando a etapa de foliculogênese (Fig.1i).

- Crescimento primário

No início do crescimento primário, oócitos prévitelogênicos iniciais possuem citoplasma mais basófilo, núcleo central com nucléolos dispersos e em número reduzido, posteriormente múltiplos nucléolos são observados na região perinuclear (Fig.2a,b). Ademais, apresentam transferência de material nuclear para o citoplasma em forma de nuagens ao redor do núcleo (Fig.3a) e uma diferenciação citoplasmática formando os Corpúsculos de Balbiani (Fig.2a). Células foliculares proliferam-se formando o epitélio folicular, que se encontra apoiado sobre uma membrana basal (Figs.2b,3b), inicialmente as células são pavimentosas, sendo evidenciadas pelo formato achatado dos núcleos.

Na etapa final do crescimento primário os oócitos perdem a basofilia, no citoplasma são observadas, múltiplas organelas membranosas como mitocôndrias e retículo endoplasmático rugoso e os alvéolos corticais estão concentrados na periferia da célula (Fig.3c). Nestes oócitos a camada folicular ainda é pavimentosa, com prolongamentos citoplasmáticos projetados em direção ao oócito e uma camada elétron-densa fina é formada externamente ao oócito dando início a zona radiata (Figs.2d, 3c). Além disso, neste estágio surge a primeira camada de células da teca, posicionada externamente à membrana basal e caracterizada por seus núcleos achatados (Fig.2d).

No final deste estágio, o complexo folicular está organizado da seguinte forma: externamente, observa-se a primeira camada com células da teca, a seguir a membrana basal, após a camada folicular pavimentosa e uma zona radiata estreita.

- Crescimento Secundário

O oócito em crescimento secundário ou vitelogênese foi caracterizado pela deposição inicial dos grânulos de vitelo. Incorporados com mais intensidade no início da vitelogênese, o vitelo atravessa as camadas do complexo folicular, via espaço intercelular, atingindo os poros das camadas da zona radiata, e finalmente ao citoplasma do oócito (Fig. 3d). Os alvéolos corticais avançam em direção ao núcleo, se espalhando ao poucos pelo citoplasma, misturando-se aos grânulos de vitelo recém-agregados (Fig. 3d). Nesta etapa observa-se uma segunda camada de células da teca, a camada externa também é composta por células pavimentosas

com núcleos achatados com vasos sanguíneos dispersos ao redor do oócito (Fig.3g).

As células da camada folicular sofrem algumas alterações morfológicas neste estágio. Adquirindo o formato cuboide cujos núcleos são ovais e centralizados, com organelas como mitocôndrias, complexo de Golgi, retículo endoplasmático rugoso e ribossomos, presentes por toda a extensão (Fig.3g,f).

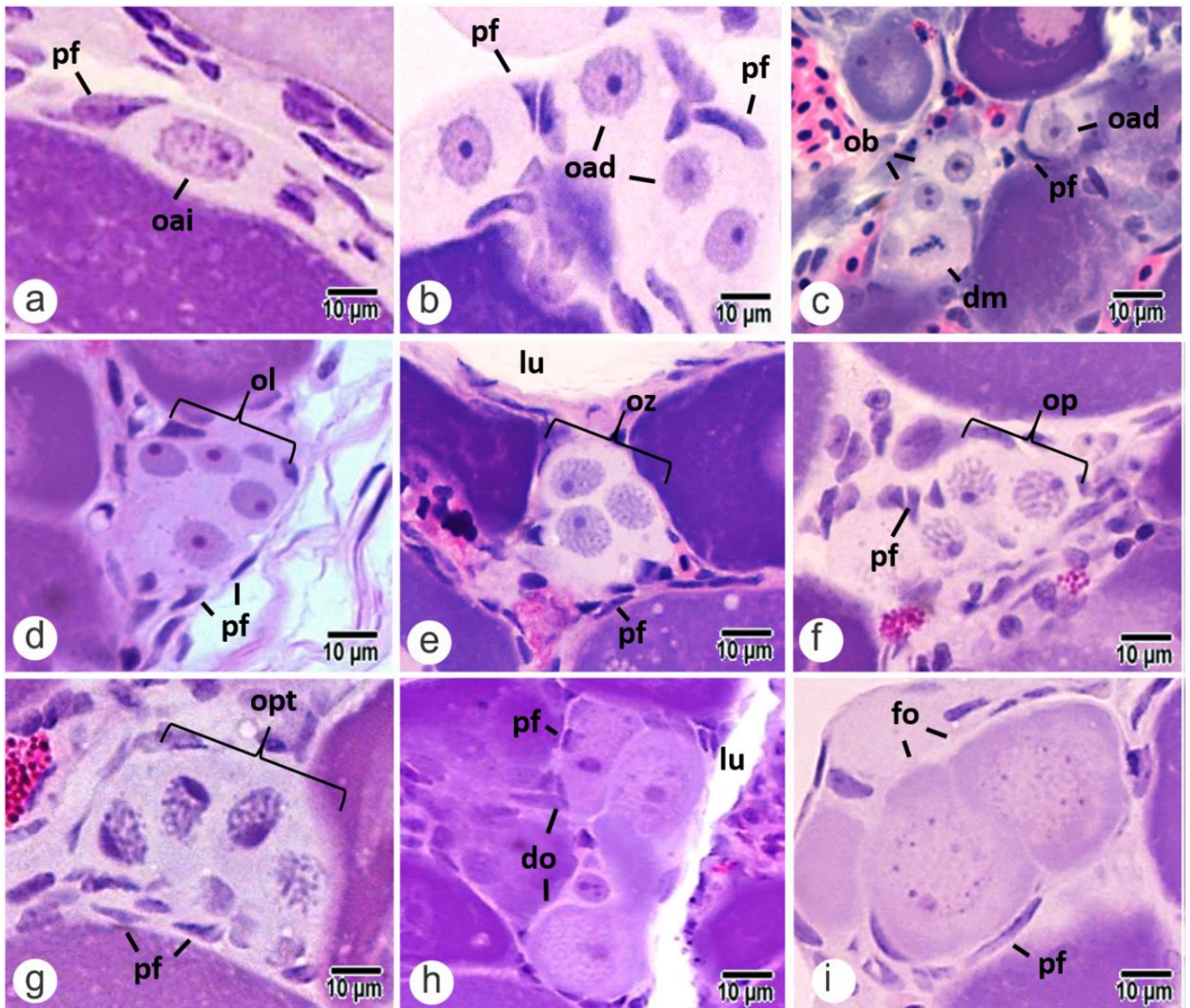
Nesse estágio a zona radiata é espessa e muito evidente, apresenta uma estrutura em três camadas: camada externa com material pouco elétron-denso; uma camada intermediária fina e elétron-densa, formada inicialmente, e a camada interna, com formato multilamelar e elétron-densa, sendo a mais espessa e a última a ser formada (Fig.3h). Possuem poros-canais por onde passam os microvilos para manutenção do contato da camada folicular com o oócito (Fig.3f). A micrópila observada neste estágio é formada por uma invaginação da zona radiata na extremidade do oócito e é ocupada por uma célula micropilar (Fig.2f).

Oócitos atrésicos podem ocorrer a qualquer momento durante a oogênese, mas observou-se em maior quantidade nas fases da vitelogênese. Caracterizados por apresentarem formato irregular, presença de grânulos de vitelo, vasos sanguíneos e células foliculares em degeneração, além de inúmeros melanomacrófagos associados (Fig.2i).

- Maturação

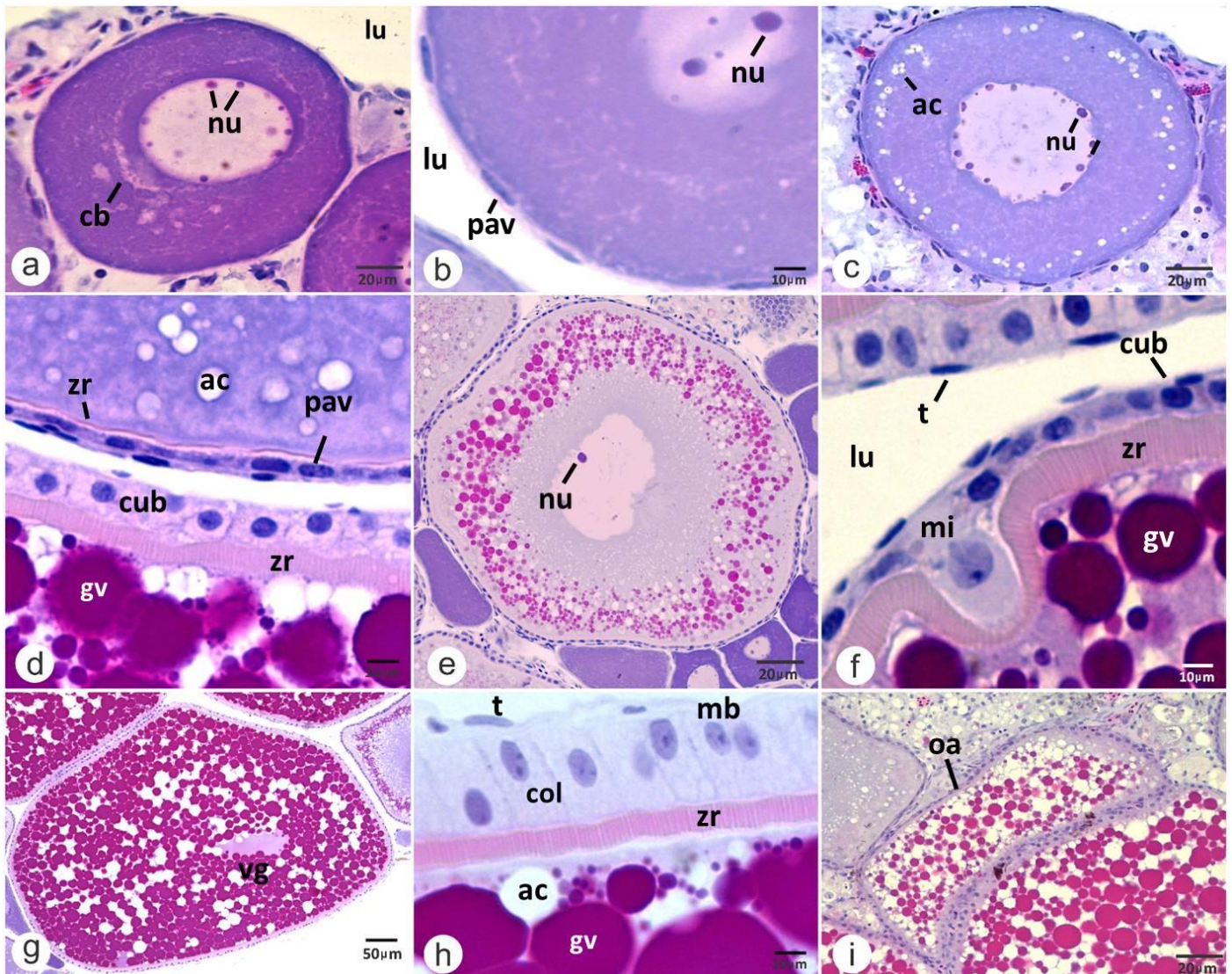
No estágio de maturação, o oócito apresenta o citoplasma preenchido por grânulos de vitelo e alvéolos corticais em diferentes tamanhos (Fig.2g). A camada folicular assume formato colunar, em que os núcleos se posicionam na base e são arredondados, e inúmeras vesículas secretoras (Figs.2h; 3j, k). A zona radiata adquire a espessura máxima e pode-se observar na parte externa, aberturas dos canais microvilares (Fig.3l). O evento que caracteriza este estágio é a migração do núcleo, também denominado de vesícula germinativa, para a periferia do oócito em direção à micrópila.

Figura 1- Foliculogênese em *L. araguaiae*. **a)** oogônia tipo A-indiferenciada (oai); **b)** Ninho de oogônias A-diferenciada (oad) **c)** Ninho de oogônias B-diferenciadas (ob), Oogônia em divisão mitótica (dm); **d)** Cisto de oócitos em leptóteno (ol); **e)** Oócitos em zigóteno (oz); **f)** Oócitos em paquíteno (op); **g)** Oócitos em paquíteno tardio (opt); **h)** diplóteno (do); **i)** Folículo ovariano (fo). **Abreviaturas:** (pf) Células pré-foliculares; (lu) lúmen. Coloração: Hematoxilina e Eosina.



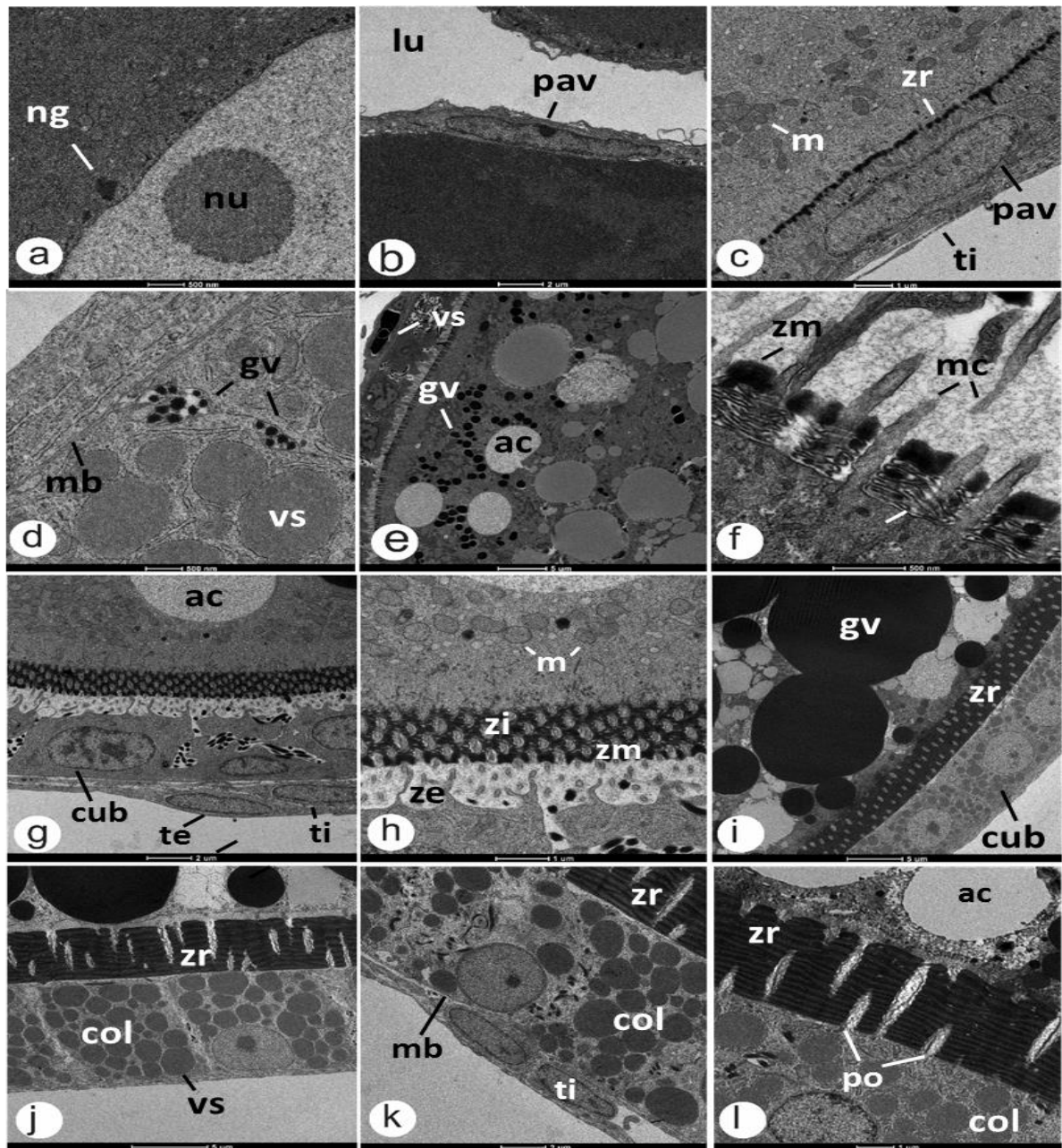
Fonte: própria autora

Figura 2- Oogênese em *L. araguaiae*. **(a-c)** Oócitos em crescimento primário: **a)** Oócito pré-vitelogênico com nucléolos perinuclear; **b)** Célula folicular pavimentosa (pav) **c)** Oócito com alvéolos corticais posicionados na periferia do oócito. **d)** Comparação da espessura da zona radiata (zr) e formato das células foliculares pavimentosas e cuboides (cub), entre oócito alvéolo cortical e vitelogênico; **(e, f)** Oócitos em crescimento secundário: **e)** Acúmulo de grânulos de vitelo (gv) na periferia do oócito; **f)** Detalhe da micrópila (mi) com presença da célula micropilar (cm) ; **(g, h)** Oócitos em maturação: **g)** Migração da vesícula germinativa (vg) em direção à periferia do núcleo; **h)** Detalhes do complexo folicular: zona radiata espessa, camada folicular colunar (col), membrana basal e células da teca **i)** Oócito atresico (ao). **Abreviaturas:** (cb) Corpúsculo de Balbiani; (nu) nucléolo; (lu) lúmen; (ac) alvéolo cortical; (t) teca. Coloração: Hematoxilina e Eosina



Fonte: própria autora

Figura 3- Oogênese em *L. araguaiae*. **(a-c)** Oócitos em crescimento primário: **a)** Oócito pré-vitelogênico com nuagens (ng) ao redor do núcleo; **b)** Célula folicular pavimentosa (pav) **c)** Oócito alvéolo cortical, com primeira camada da zona radiata (zr); **(d-i)** Oócitos em crescimento secundário: **d)** Acúmulo de grânulos de vitelo (gv); **e)** Visão geral do oócito, vaso sanguíneo; **f)** Microvilos (mc) providos do oócito e da camada folicular formando a camada externa da zona radiata; **g)** Teca interna (ti) e teca externa (te); **h)** Detalhe da zona radiata tri-laminar: interna (zi), intermediária (zm) e externa (ze) e mitocôndrias (m) no citoplasma; **i)** Camada folicular cuboide (cub), estágio avançado da vitelogênese; **(j-l)** Oócitos em maturação: **j)** Camada folicular colunar (col) com vesículas secretoras (vs); **k)** Detalhe do Complexo folicular, membrana basal (mb) separando a teca da camada folicular; **l)** Poros da zona radiata (po). **Abreviaturas:** (nu) nucléolo e (ac) alvéolo cortical.



Fonte: própria autora

2.5 DISCUSSÃO

O estudo da foliculogênese em peixes é parte primordial para o entendimento das fases seguintes do desenvolvimento, pois ao término desta, os oócitos estão aptos a entrar em crescimento primário e prosseguir com a oogênese. A descrição da foliculogênese em *L. araguaiae* com diferentes tipos de oogônias (oogônias A-indiferenciadas, A-diferenciadas e oogônias B), permite uma compreensão detalhada do processo inicial, como a proliferação mitótica destas células, originando os ninhos e cistos de oogônias A e B, bem como, o desenvolvimento dos oócitos profásicos até a sua permanência na fase de diplóteno com a formação do folículo ovariano.

Os diferentes tipos de oogônias observados no epitélio germinativo de *L. araguaiae*, foi também relatado para outros grupos de peixes a exemplo dos Siluriformes (QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2011) e de Gymnotiformes (FRANÇA, et al., 2010).

A associação de células somáticas ao processo de formação do folículo ovariano, no qual passa por diferentes transformações até se diferenciar em células foliculares, foi descrito por Grier et al. (2007) como uma característica comumente observada nos teleósteos, fato corroborado para *L. araguaiae*. Na formação dos folículos ovarianos, de animais sexualmente adultos, as células pré-foliculares progressivamente penetram nos cistos e envolvem cada oócito individualizando-os (GRIER et al., 2009), como visto em *Gymnotus sylvius* (FRANÇA et al., 2010) e para *L. araguaiae* no qual os prolongamentos das células pré-foliculares irão aos poucos isolar os oócitos iniciando o estágio de paquíteno tardio.

O padrão de condensação da cromatina das células germinativas, comumente descrito para as etapas da meiose (ALBERTS et al., 1994), foi observado em *Gymnotus sylvius* (FRANÇA et al. 2010), *Cyprinus carpio* (MAZZONI et al, 2010) e *L. araguaiae*, sendo essencial para distinguir as fases dos oócitos profásicos (leptóteno, zigóteno, paquíteno e diplóteno) nessas espécies.

Em *L. araguaiae*, assim como na maioria dos teleósteos, o início do crescimento primário ocorre antes da formação completa do folículo, ou seja, antes

do oócito estar completamente envolvido pelo complexo folicular e iniciam o crescimento quando a meiose estaciona em diplóteno (PATINO; SULLIVAN, 2002).

Durante o crescimento de oócitos primários, ocorre uma intensa síntese de RNA (SELMAN; WALLACE, 1989), resultando em basofilia do citoplasma no final de diplóteno (GRIER et al., 2009), que pode ser demonstrado histologicamente como descrito em *L. araguaiae*. Nesses oócitos iniciais, a visualização de Corpúsculos de Balbiani tem aparência de fissura, isso se deve a uma intensa proliferação de organelas membranosas celulares, visto na maioria das espécies estudadas (WALLACE; SELMAN, 1981; FRANÇA, et al., 2010; QUAGIO-GRASSIOTTO, et al., 2011). As nuagens observadas em *L. araguaiae*, também foram relatadas para *Fundulus heteroclitus* (WALLACE; SELMAN, 1981), denominadas de partículas elétron-densas ribonucleoproteicas.

Em *L. araguaiae* no final do estágio de crescimento primário estão presentes os oócitos alvéolos corticais. Nos oócitos dos teleósteos, os alvéolos corticais são liberados no espaço perivitelínico durante a reação cortical pós-fertilização, impedindo assim a polispermia (SELMAN et al., 1988; OHTA, 1990).

O início da formação da zona radiata no final do crescimento primário, bem como, o aspecto ao longo do desenvolvimento, segue um padrão observado em outras espécies de peixes (SHABANIPOUR; HOSSAYNI, 2010; FRANÇA et al., 2010; XIAO-XIN MA et al., 2011). Em *L. araguaiae*, a zona radiata também foi visualizada como uma camada simples de material elétron-denso e, posteriormente, em vitelogênese, como uma estrutura trilaminar com presença de poros e microvilosidades para a realização de transporte de substâncias. Grier (2012) observou para *Sciaenops ocellatus* a mesma estrutura provida do oócito e de células foliculares e de acordo com Suzuki et al. (2000) a presença desses poros mantém a resistência ao atrito enquanto que, a camada folicular está relacionada com a adesividade. A zona radiata também está envolvida na transferência de vitelogenina durante a vitelogênese (SHABANIPOUR; HEIDARI, 2004). A vitelogênese, a maturação do oócito e a oocitação são processos muito complexos que necessitam de síntese ativa e transporte de muitas proteínas e lipídios (CAKICI; ÜÇÜNCÜ, 2007).

As alterações da camada folicular ao longo da oogênese em *L. araguaiae*, se deve ao fato das células foliculares serem polimórficas em decorrência do ativo processo de movimentação ao envolverem os oócitos, assumindo outros formatos no decorrer do desenvolvimento oocitário. Em crescimento secundário, a camada folicular de oócitos de *L. araguaiae*, admite o formato cubóide e como observado em *Serrasalmus spilopleura* (QUAGIO-GRASSIOTTO; GUIMARÃES, 2003), isso ocorre neste estágio, pois as células foliculares adquirem características típicas de células produtoras de glicoproteínas e mostram espaços intercelulares dilatados.

Em *L. araguaiae*, o estágio de maturação foi observado pela vesícula germinativa (núcleo) migrando para o polo animal onde está localizada a micrópila, entretanto, diferentes de alguns Perciformes, não foi observado a hidratação e liquefação do vitelo (GRIER, 2012; WILDNER et al., 2012). Ao término deste estágio, a meiose é retomada e só será finalizada com a fertilização do oócito. A ovulação ocorre pela membrana basal compartilhado pelo folículo ovariano e epitélio lamelar (PATINO; SULLIVAN, 2002; QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2013).

Portanto, nos ovários, os oócitos de *L. araguaiae* sofrem diferentes estágios de desenvolvimento, crescimento primário e secundário e maturação, ao final dos quais estão aptos à desova, assim como para oócitos de *Brycon cephalus* (ROMAGOSA et al., 2001), *Pseudoplatystoma coruscans* (CREPALDI et al., 2006; ANDRADE et al., 2010), *Piaractus mesopotamicus* (ROMAGOSA; NARAHARA, 2002; BITTENCOURT et al., 2012), *Astianax scabripinnis* (MELO et al., 2005), *Hypostomus strigaticeps* (TAKAHASHI, et al., 2008), *Pimelodus maculatus* (MAIA, et al., 2007) e *Arapaima gigas* (LOPES; QUEIROZ, 2009), cada qual com suas especificidades.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao Laboratório de Ictiologia Neotropical, a Faculdade de Engenharia UNESP Ilha Solteira, São Paulo, Brasil e o Centro de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências da UNESP Botucatu, São Paulo, Brasil, por sua estrutura e a FAPESP (Processo nº 2012/13413-9), pelo financiamento deste projeto.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSOM, J. D. **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. 1294 p.
- ÇAKICI, O.; UÇUNCU, S. I. Oocyte development in the zebrafish, *Danio rerio* (Teleostei: Cyprinidae). **Journal Fisheries Aquatic Society**, v. 24, n. 1-2, p. 137–141, 2007.
- CHAPMAN, F. A. et al. United States of America trade in ornamental fish. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 28, n. 1, p. 1-10, 1997.
- FRANÇA, G. F.; GRIER, H. J.; QUAGIO-GRASSIOTO, I. A new vision of the origin and the oocyte development in the Ostariophysi applied to *Gymnotus sylvius* (Teleostei, Gymnotiformes). **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 8., p. 787-804, 2010.
- GRIER, H. J.; URIBE-ARANZÁBAL, M. C.; PARENTI, L. R. Germinal epithelium, folliculogenesis, and postovulatory follicles in ovaries of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei, Protacanthopterygii, Salmoniformes). **Journal of Morphology**, Hoboken, n. 268, p. 293–310, 2007.
- GRIER, H. J.; URIBE-ARANZÁBAL, M. C.; PATIÑO, R. The ovary, folliculogenesis, and oogenesis in teleost. In: JAMIESON, B. G. M. (Ed.). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and neoteleostomi). phylogeny reproductive system viviparity spermatozoa**. Enfield: Science Publishers, 2009. p. 25-84.
- GRIER, H. J. Development of the follicle complex and oocyte staging in red drum, *Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1776 (Perciformes, Sciaenidae). **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 273, n. 8, p. 801–829, 2012.
- ISHIBA, R.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; FRANÇA, G. F., Aspectos estruturais do desenvolvimento gonadal e relação gonadossomática de machos e fêmeas ao longo do ciclo reprodutivo anual em *Gymnotus carapo* cf. *carapo* (teleostei: gymnotiformes: gymnotidae). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-CIC, 21., 2010, Botucatu.. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2010. p. 1-10.
- LIMA, R. V. A.; BERNARDINO, G.; VAL-SELLA, M. V.; FAVA DE MORAES, F.; BORELLA, M. I. **Boletim Técnico**, Pirassununga, v. 4, n. 1, p. 1-46, 1991.
- MAZZONI, T. S.; GRIER, H. J.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Germline cysts and the formation of the germinal epithelium during female morphogenesis in *Cyprinus carpio* (Teleostei: Ostariophysi: Cypriniformes). **The Anatomical Record**, Utah, n. 293, p. 1581–1606, 2010.

OHTA, T.; IWAMATSU, M.; TANAKA, Y.; YOSHIMOTO, Y. Cortical alveolus breakdown in the eggs of the freshwater teleost *Rhodeus ocellatus ocellatus*. **The Anatomical Record**, Utah, v. 227, n. 4, p. 486-496, 1990.

OTTONI, F. P.; COSTA, W. J. E. M. Description of a newspecies of *Laetacara Kullander*, 1986 from central Brazil andre-description of *Laetacara dorsigera* (heckel, 1840) (labroidei: cichlidae: cichlasomatinae). **Vertebrate Zoology**, Germany, v. 59, n. 2, p. 41-48, 2009.

PATÍÑO, R.; SULLIVAN, C. V. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. **Fish Physiology and Biochemistry**, Dordrecht, v. 26, n. 1, p. 57-70, 2001.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; GUIMARÃES, A.C.D. Follicular epithelium, theca and egg envelope formation in *Serrasalmus spilopleura* (teleostei, characiformes, characidae). **Acta Zoologica**, Germany, v. 84, n. 2, p. 121-129, 2003.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; GRIER, H. J.; MAZZONI T. S.; NÓBREGA R. H.; AMORIM, J. P. Activity of the ovarian germinal epithelium in the freshwater catfish, *Pimelodus maculatus* (Teleostei: Ostariophysi: Siluriformes): germline cysts, follicle formation and oocyte development. **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 8, p. 290–306, 2011.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDER, D.D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 181-191, 2013.

RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial do mercado de peixes ornamentais. **Revista Panorama da Aquicultura**, Laranjeiras, v. 18, n. 108, p. 32-37, jul- ago, 2008.

SELMAN, K.; WALLACE, R. A., BARR, V. Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*: the relationship of yolk vesicle and cortical alveoli. **Journal of Experimental Zoology**, Hoboken, v. 246, n. 1, p. 42-56, 1988.

SELMAN, K.; WALLACE, R. A. Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. **Zoological Science**, Tokyo, v. 6, p. 211–231, 1989.

SHABANIPOUR, N.; HEIDARI, B. A histological study of the zona radiata during late oocyte developmental stages in the Caspian sea Mugilid, *Liza aurata* (Risso,1810). **Brazilian Journal Morphology Science**, São Paulo, v. 21, n. 37, p. 191-195, 2004.

SHABANIPOUR, N.; HOSSAYNI, S. N. Histological and ultrastructural study of Zona Radiata in oocyte of common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758). **Micron**, Rasht, Iran, v. 41, n. 7, p. 877–881, 2010.

SUZUKI, H. I.; AGOSTINHO, A. A.; WINEMILLER, K. O. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. **Journal of Fish Biology**, Chichester, v. 57, n. 3, p. 791-807, 2000.

TERESA, F. B.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Reproductive behavior and parental roles of the *Laetacara araguaiae*. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 355-362, 2011.

XIAO-XIN MA, JUN-QUAN ZHU, HONG ZHOU , WAN-XI YANG. The formation of zona radiata in *Pseudosciaena crocea* revealed by light and transmission electron microscopy. **Micron**, Rasht, v. 43, n. 2–3, p. 435–444, 2012.

WALLACE, R. A.; SELMAN, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. **American Zoologist**, Washington, v. 21, n. 2, p. 325-3431981.

WILDNER, D. D.; GRIER, H.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Female germ cell renewal during the annual reproductive cycle in Ostariophysians fish. **Theriogenology**, Philadelphia, v. 79, n. 4, p. 1–16, 2012

3 CAPÍTULO 3 – CICLO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE *Laetacara araguaiae* (LABRIFORMES, CICHLIDAE)

RESUMO

O estudo da morfologia dos ovários em níveis macro e microscópicos tem sido utilizado para identificar os ciclos reprodutivos em peixes. Foi desenvolvido um modelo conceitual para identificar as fases dentro do ciclo reprodutivo que se aplicam as fêmeas, elas constituem uma descrição dos eventos gonadais cíclicos necessários para produzir e liberar gametas viáveis. Foram coletadas 80 fêmeas de *Laetacara araguaiae*, no período abril/2012 a março/2013, no rio Dois Córregos, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. Os fragmentos dos ovários seguiram os processos usuais para preparação de laminais histológicas, índice gonadosomático (IGS) e tamanho da primeira maturação ovariana. *Laetacara araguaiae* apresenta desenvolvimento ovariano denominado sincrônico em grupo. As análises dos ovários permitiram a definição de cinco fases reprodutivas ao longo do ano: imaturo, desenvolvimento, apto a desova, regressão e regeneração. O comprimento médio da primeira maturação ovariana foi estimado em 2,0 cm de comprimento padrão. Os indivíduos maduros (aptos à desova) foram capturados a partir de setembro que coincidem com as estações de primavera e verão. O IGS apresentou valores médios elevados na fase de apto a desova (4,528) e os menores valores médios em imaturos (0,502). As estações do ano em que o indivíduo está apto à reprodução, coincide com os altos valores de temperaturas e níveis de precipitação pluviométrica durante o ciclo reprodutivo.

Palavras chave: Morfologia. Ovários. Maturação. Desova. Reprodução. Peixe.

ABSTRACT

The study of the morphology of the ovaries in macro and microscopic has been used to identify the reproductive cycles in fish. A conceptual model was developed to identify the phases within the reproductive cycle that apply to females, they constitute a description the gonadal cyclical events required to produce and secrete viable gametes. Were collected from 80 females of *Laetacara araguaiae*, in the period April/2012 to March/2013, in rio Two Streams, Selviria, Mato Grosso do Sul, Brazil. The fragments of the ovaries followed the usual processes for preparation of histological, siding gonadosomatico index (GSI) and size of the first ovarian maturation. *Laetacara araguaiae* presents ovarian development called synchronic in group. The analyzes of the ovaries has allowed the definition of five reproductive phases throughout the year: immature, development, able to spawning, regression and regeneration. The medium length of the first ovarian maturation was estimated at 2.0 cm standard length. The mature individuals (suitable for spawning) were captured from September to coincide with the seasons of spring and summer. The IGS showed high average values in phase of able to spawn (4,528) and the lowest average values in immature (0.502). The seasons of the year in which the individual is able to reproduction, coincides with the high values of temperatures and levels of rainfall during the reproductive cycle

Key words: Morfology. Ovaries. Maturation. Spawning. Reproduction. Fish.

3.1 INTRODUÇÃO

A reprodução dos peixes é cíclica, correspondendo a um período de repouso ou repovoamento celular e reconstituição dos ovários, intercalado por períodos de atividade reprodutiva os quais finalizam com o surgimento de nova prole.

Os estudos do controle ambiental no ciclo reprodutivo de peixes têm sido focados quase exclusivamente no papel desempenhado por vários parâmetros do ambiente natural como, temperatura e regimes de precipitação pluviométrica (BAZZOLI, 2003; VOLPATO; TRAJANO, 2006; MIRANDA et al., 2008). Sendo que a maioria das espécies de peixes tropicais e subtropicais de água doce reproduzem durante a estação chuvosa, quando a prole tem maiores chances de sobrevivência que podem afetar e definir o período de gametogênese (BAYARRI et al., 2004; GODINHO, 2007). Além disso as planícies de inundação também são importantes para a sobrevivência de juvenis.

Além dos fatores ambientais, existem outros parâmetros complementares que auxiliam no entendimento da biologia reprodutiva dos peixes. Como ritmos de desova, pois na época da reprodução, as fêmeas liberam os ovócitos maduros de uma única vez (peixes de desova tipo total) ou em várias parcelas (desova tipo parcelada) ao longo de um período reprodutivo (VAZZOLER, 1996). E o conhecimento do tamanho no qual o peixe atinge a capacidade de reproduzir pela primeira vez é importante para a aquicultura (OKUZAWA, 2002), comprimento anual de estação de reprodução e IGS, podem ser aplicados na pesca, ecologia, comportamento e na piscicultura (PARENTI; GRIER, 2004).

Para conhecer o funcionamento da reprodução, o estudo da morfologia dos ovários em níveis macroscópicos ou microscópicos tem sido utilizado para identificar os ciclos reprodutivos em diversas espécies (ISAAC-NAHUM; VAZZOLER, 1983; AGOSTINHO et al., 1990; ROMAGOSA et al., 2001; TELES; GODINHO, 2004; HONJI et al., 2006; GRIER et al., 2009; QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2013). Além disso, o entendimento das fases reprodutivas do ciclo reprodutivo anual de uma espécie é uma etapa considerável para o entendimento da reprodução da mesma. Neste sentido foi desenvolvido um modelo conceitual para identificar as fases do ciclo reprodutivo. Essas fases são adaptáveis a todos os peixes, independentemente

de posição filogenética, gênero ou estratégia reprodutiva, elas constituem uma descrição dos eventos gonadais cíclicos necessários para produzir e liberar gametas viáveis (BROWN-PETERSON et al., 2011). Embora tenha sido primeiramente desenvolvida para os Perciformes marinhos, é facilmente adaptável para os Teleostei em geral (QUAGIO-GRASSIOTTO et al., 2013).

O ciclídeo neotropical *Laetacara araguaiae* é uma espécie ainda pouco estudada, somente informações sobre o comportamento reprodutivo, envolvendo competição por território, escolha de parceiro, acasalamento e cuidado parental da prole, foram descritos (TERESA; GONÇALVES DE FREITAS, 2011). Deste modo, devido à escassez de estudos sobre a espécie e para disponibilizar informações sobre a biologia reprodutiva da espécie, este trabalho teve por objetivo caracterizar o ciclo reprodutivo de fêmeas de *L. araguaiae*, e obter informações complementares que forneçam respostas para a piscicultura ornamental, manejo e preservação da espécie.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 80 fêmeas de *Laetacara araguaiae* (Fig. 1) no período abril/2012 a março/2013, no rio Dois Córregos, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil (S 20° 25' 00.5" W 051° 28' 38.4". Alt: 329m). As coletas mensais foram realizadas com auxílio de puçá e peneira (Fig 2a-d).

Para os exemplares de *L. araguaiae* foram mensurados dados merísticos e morfométricos, como comprimento total (Lt) e padrão (Lp), peso do peixe (Wp) e das gônadas (Wg). Tais procedimentos visaram à obtenção de informações como: período em que a espécie reproduz, com análises das fases reprodutivas realizadas mês a mês e agrupadas por estações do ano (primavera, verão, outono e inverno), plotados em uma representação gráfica de frequência relativa; os valores do índice gonadossomático (IGS) de acordo com Vazzoler (1996) em que $IGS = Wp/Wg \times 100$ é calculado para cada indivíduo, foram agrupados e analisados separadamente por fases do ciclo reprodutivo. Também foi verificado o tamanho da primeira maturação

ovariana, em que o menor indivíduo com exceção da fase de imaturo, está apto a participar ativamente do processo reprodutivo.

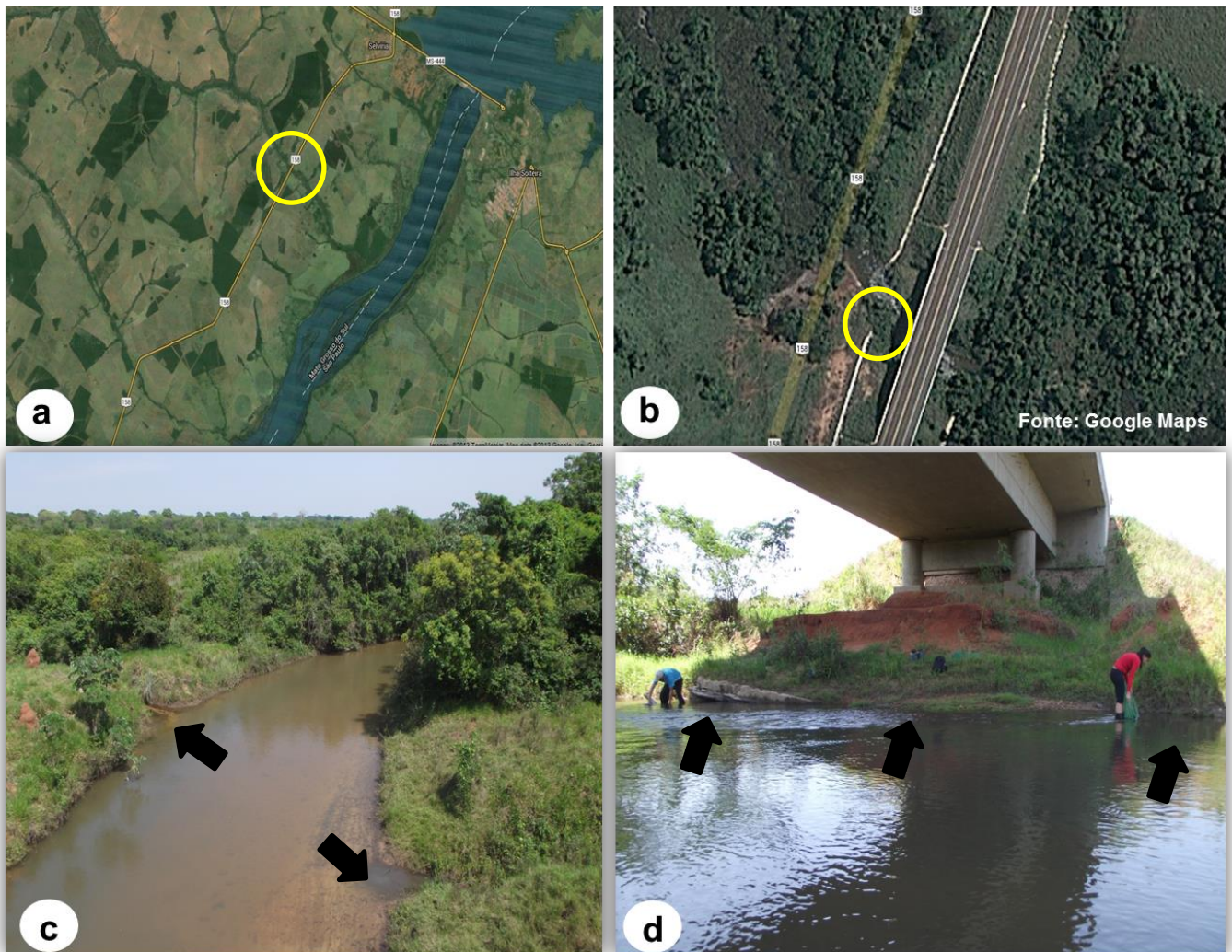
Para obtenção das informações com relação às fases reprodutivas, os exemplares foram anestesiados com 0,5% benzocaína e sacrificados de acordo com o protocolo institucional da Comissão de Ética no Uso de Animais (007/2012/CEUA-FEIS/UNESP). Em seguida, foram dissecados, os ovários expostos, analisados, retirados e fragmentados, para posterior fixação em solução de paraformaldeído a 4% e glutaraldeído a 2% em tampão fosfato Sorensen, pH 7,4, na qual permaneciam por um período mínimo de 24 horas. O material foi desidratado em solução alcoólica, em série crescente de concentração e embebido em glicol metacrilato (Technovit 7100/historesina), sendo por fim, seccionado (3,0 μ m) em micrótomo equipado com navalha de vidro (LEICA RM 2245). Posteriormente submetido à técnica de coloração por Hematoxilina e Eosina. O fotoprocessamento e análises foram realizados em microscópio de luz Zeiss equipado com câmera AXIOCAM-MRc5.

Figura 1 – Fêmea de *Laetacara araguaiae*.



Fonte: própria autora

Figura 2 – Rio Dois Córregos, Selvíria, Mato Grosso do Sul, Brasil. **(a,b)** Imagens providas do Google Maps. **(c,d)** Pontos de maior captura do *Laetacara araguaiae*, nos tributários e nas margens do córrego (seta).



Fonte: própria autora

3.3 RESULTADOS

1 Fases Reprodutivas

Em *Laetacara araguaiae*, os ovários são órgãos pares localizados na região dorsal na região da cavidade abdominal, sendo revestidos por uma túnica albugínea que emite septos para o interior, formando as lamelas ovulíferas, cujo epitélio, abriga células da linhagem germinativa.

As análises microscópicas dos ovários permitiram determinar o desenvolvimento ovariano como do tipo sincrônico em grupo, em que mais de um grupo de oócitos seguem no mesmo estágio de desenvolvimento até o final do ciclo. Além disso, as análises do epitélio germinativo associadas ao estágio de desenvolvimento das células germinativas presentes durante o ciclo reprodutivo de fêmeas de *L. araguaiae*, permitiram a definição de cinco fases reprodutivas ao longo do ano: imaturo, desenvolvimento, apto a desova, regressão e regeneração; conforme a terminologia proposta por Brown-Peterson et al., (2011) e adaptadas para a espécie.

I – Imaturo

Microscopicamente os ovários são delgados em sua espessura e na parede ovariana (Fig. 3a).

Nos ovários predominam oócitos em estágio pré-vitelogênico do crescimento primário, apresentando citoplasma basófilo, núcleo central e nucléolos localizados na região perinuclear; oogônias A-indiferenciadas que são alongadas e possuem núcleo basófilo e irregular; e oogônias A-diferenciadas que são arredondadas com núcleo menos basófilo. Ainda pode-se observar o início da formação das lamelas ovulíferas (Fig. 3b).

II – Fase de Desenvolvimento

Os ovários estão em expansão e foram observados oócitos em crescimento primário e secundário. Além disso, alguns eventos ocorrem nos ovários durante esta fase e por isso foi dividida em duas subfases:

II.1 – Subfase: Início de Desenvolvimento

Somente oócitos em crescimento primário são observados nos ovários, sendo estes pré-vitelogênicos e oócitos com a presença de alvéolos corticais, que ao final perdem a basofilia e os alvéolos corticais permanecem concentrados na periferia da célula (Fig. 4 a-c).

II.2 – Subfase: Final de Desenvolvimento

Os ovários estão em expansão com presença de oócitos pré-vitelogênicos, oócitos em estágio alvéolo cortical e oócitos em vitelogênese, sendo este último as maiores células da linhagem germinativa observadas nesta subfase (Fig. 4d). Oócitos vitelogênicos encontram-se em início de incorporação de grânulos de vitelo (Fig. 4e) e em estágio mais avançado da vitelogênese com grânulos de vitelo sendo incorporados, ocupando mais espaço no citoplasma, contribuindo para o crescimento e maturação (Fig. 4f).

III – Apto à desova

Os ovários atingiram o tamanho máximo e há predominância de oócitos vitelogênicos, que finalizaram o desenvolvimento estando aptos a desova, ocupando a maior parte dos ovários (Fig. 5a,b). Nesta fase em que os oócitos estão maduros, sendo determinados pelo deslocamento da vesícula germinativa ou núcleo (Fig. 5c), em direção à micrópila, que é formada por uma invaginação da zona radiata em sua extremidade (Fig. 5d). Ainda, são observados oócitos pré-vitelogênicos de reserva e oócitos alvéolos corticais, que estão respectivamente, quiescentes na lamela ovulígera ou seguindo o ciclo de desenvolvimento oocitário (Fig. 5a,b). Neste momento o indivíduo realiza a liberação dos oócitos maduros para a luz ovariana e, deste modo, se tornam aptos à desova e reprodução.

IV – Regressão

Sinaliza o final do ciclo reprodutivo. Os ovários tornam-se flácidos (Fig. 6a) com parede espessa, evidentes vasos sanguíneos (Fig. 6b) e maior espaço (lúmen) entre as lamelas (Fig. 6c). No interior das lamelas ovulíferas são observados melanomacrófagos próximos aos folículos pós-ovulatórios e atresias (Fig. 6c). O

folículo pós-ovulatório é o que permanece nas lamelas após a liberação do oócito, composto pelas camadas folicular, teca e membrana basal em processo de degeneração e absorção (Fig. 6d). Ainda foram observados oócitos em crescimento primário (pré-vitelogenicos e alvéolos corticais) que já estavam presentes no final da fase anterior (Fig. 6f).

V – Regeneração

É o momento em que os ovários se preparam para entrar em um novo ciclo reprodutivo. A foliculogênese é ativa e observa-se grande proliferação mitótica das células germinativas, como oogônias A-indiferenciadas, A-diferenciadas e ninhos de oogônias B (Fig. 7b-c). Também estão presentes os cistos germinativos de oócitos profásicos, em fases da meiose (léptoteno, zigóteno, paquíteno e diplóteno) para formação dos folículos ovarianos (Fig. 7d). Além disso, ocorre um predomínio de oócitos em crescimento primário (Fig. 7a-c). A parede do ovário é espessa e as lamelas ovulíferas se reorganizam (Fig. 7a-b).

2 Ciclo Reprodutivo

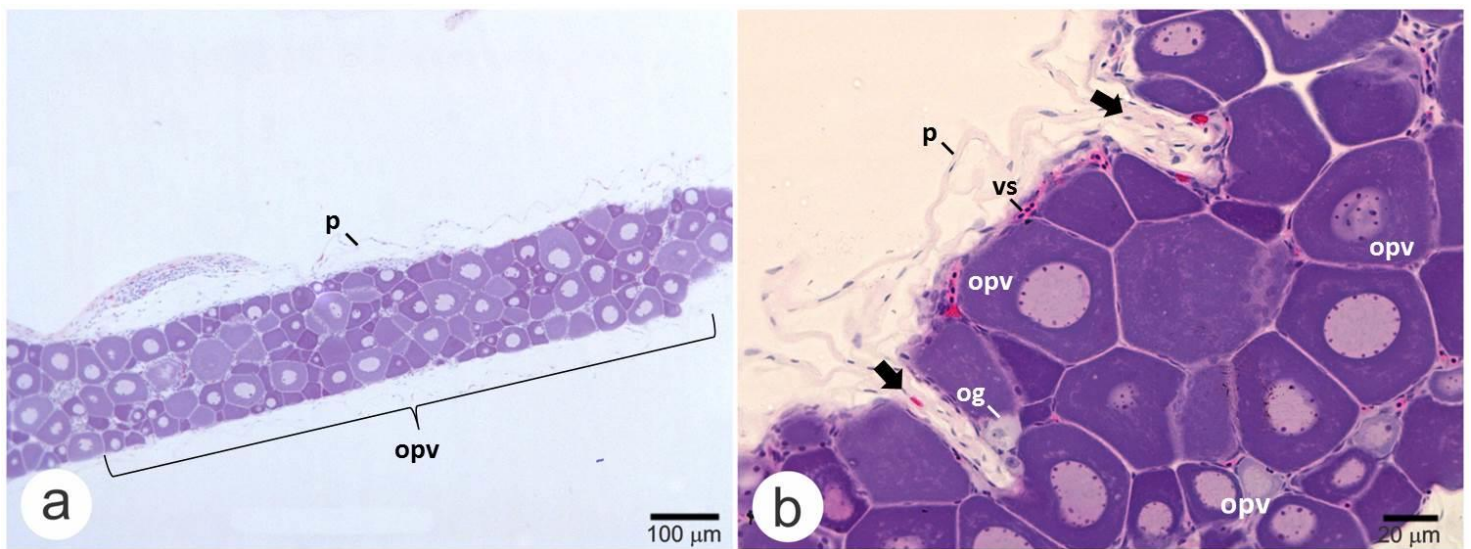
Nos exemplares de *L. araguaiae* coletados, o comprimento padrão máximo foi de 4,4 cm, enquanto os menores indivíduos identificados apresentaram 1,3 cm. O comprimento médio da primeira maturação ovariana foi estimado em 2,0 cm de comprimento padrão, no qual as fêmeas estão na subfase Início de Desenvolvimento ovariano.

Os dados do IGS apresentaram valores médios elevados na fase de apto à desova (4,528), presente nos indivíduos amostrados em setembro, novembro e fevereiro, seguido por indivíduos em final de desenvolvimento (1,391), regeneração (0,901), regressão (0,754), início de desenvolvimento (0,531) e os menores valores médios em indivíduos imaturos (0,502) (Fig.8).

Após definidas as fases reprodutivas (imaturo, e duas subfases de desenvolvimento (início e final), apto à desova, regressão e regeneração), pode-se inferir o período em que as fêmeas de *L. araguaiae* realizam a desova, ou seja, definir o ciclo reprodutivo anual da espécie.

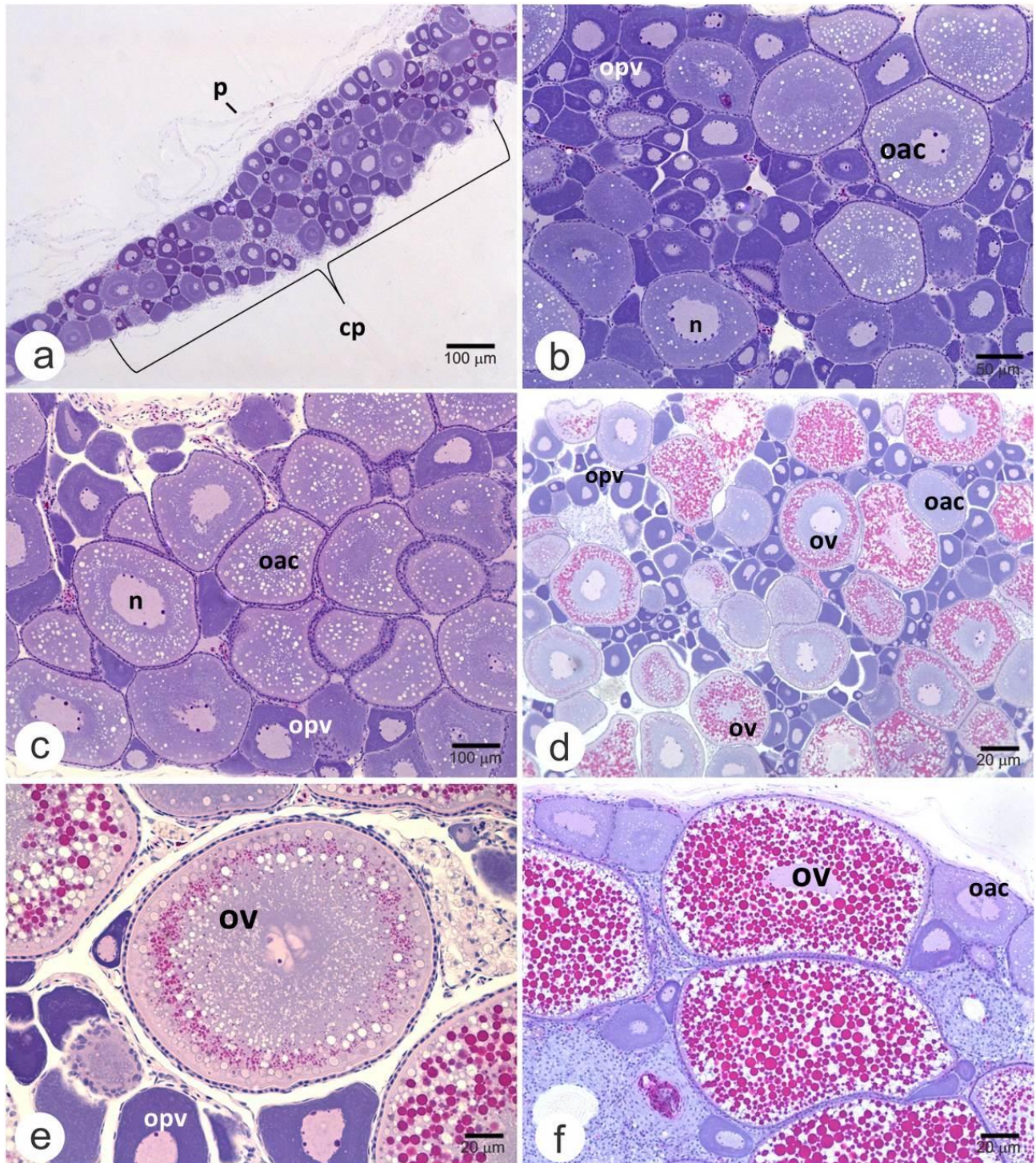
Indivíduos maduros (Apto à desova) foram capturados nos meses de setembro, novembro e fevereiro coincidindo com as estações de primavera e verão (Fig.9). Já Indivíduos nas subfases início e final de desenvolvimento estão presentes ao longo do ciclo reprodutivo e os indivíduos imaturos só foram amostrados no outono e inverno (Fig.9). As estações do ano em que o indivíduo está apto à reprodução coincide com temperatura do ar média de 27°C e média de 177,0 mm de chuva (Fig. 10).

Figura 3 – Ovários de *L. araguaiae* em Fase Imatura. **a)** Visão geral dos ovários com oócitos em estágio pré-vitelogênicos (opv); **b)** Detalhe da formação das lamelas ovulíferas (seta grossa). **Abreviaturas e símbolos:** p - parede dos ovários; vs - vasos sanguíneos; og - oogônia. **Coloração:** Hematoxilina e Eosina.



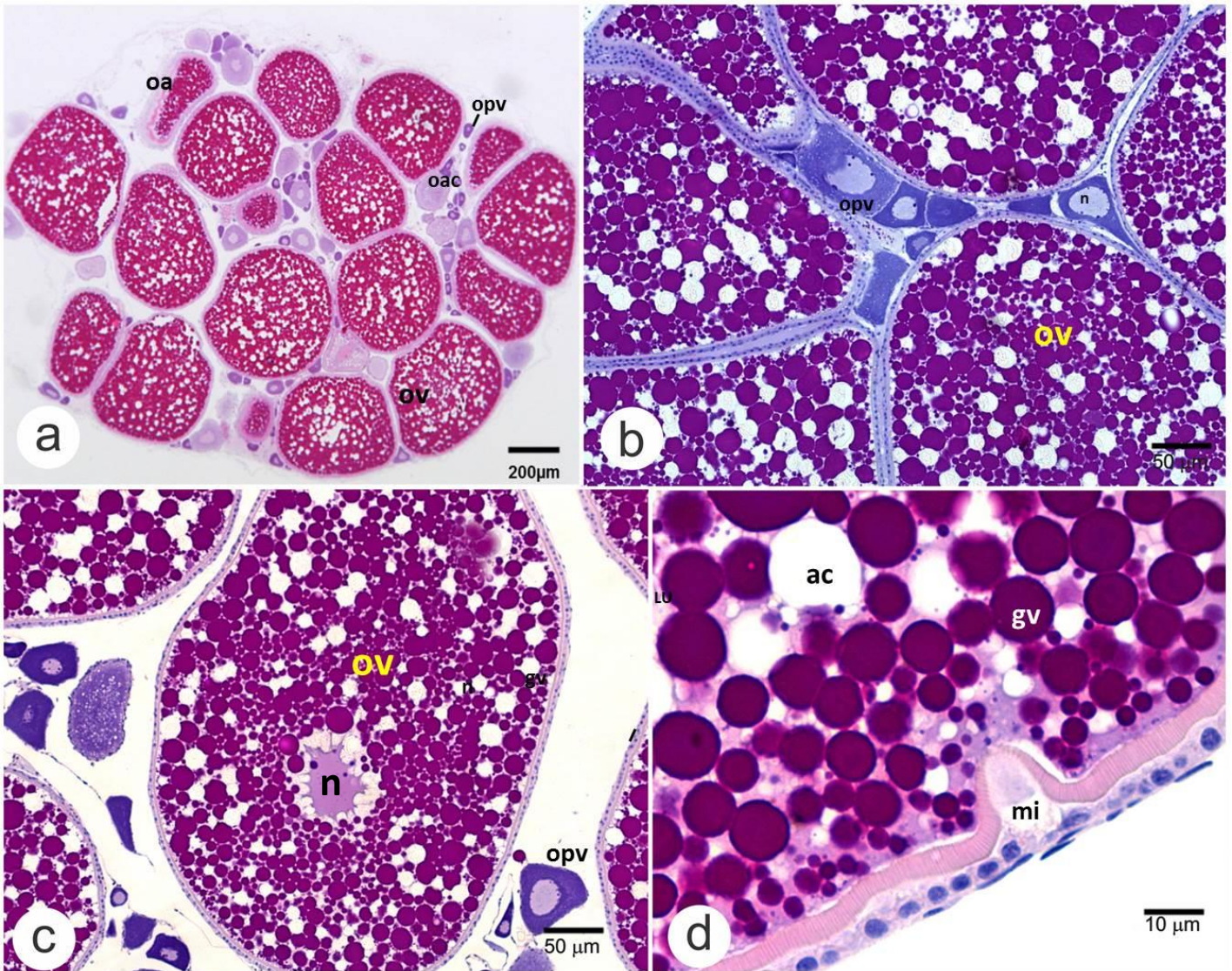
Fonte: própria autora

Figura 4 - Ovários de *L. araguaiae* em fase de desenvolvimento. **(a-c)** Subfase início de desenvolvimento. Presença de oócitos em crescimento primário (cp), pré-vitelogênicos (opv) e oócitos alvéolos corticais (oac). **(d-f)** Subfase final de desenvolvimento. **d)** Presença de oócitos vitelogênicos (ov), pré-vitelogênicos (opv) e oócitos alvéolos corticais (oac). **e)** oócito em início de deposição de vitelo. **f)** oócitos em desenvolvimento avançado da vitelogênese. **Abreviaturas e símbolos:** p - parede dos ovários; n - núcleo; ao - oócitos atresícos; gv - grânulos de vitelo. **Coloração:** Hematoxilina e Eosina



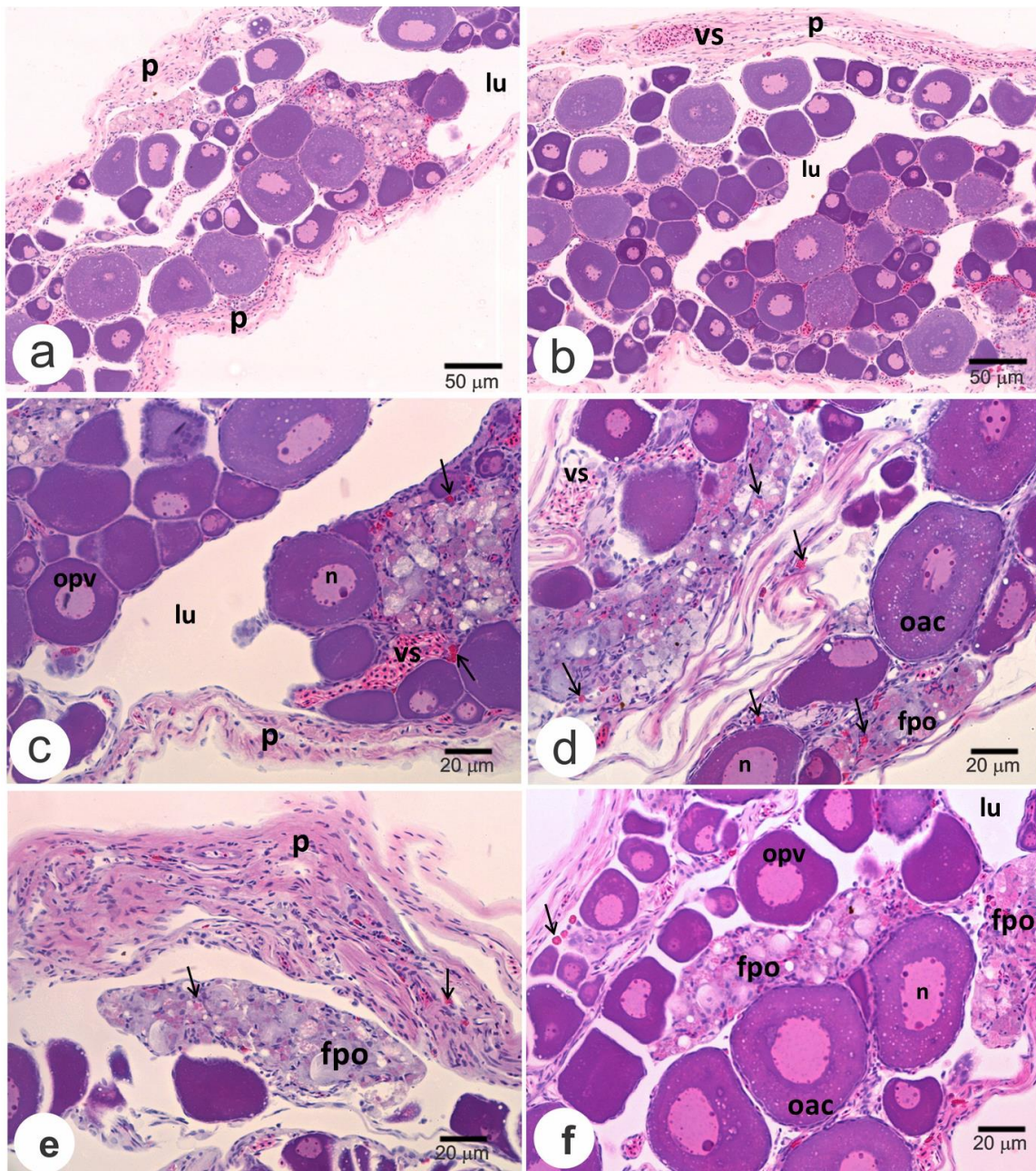
Fonte: própria autora

Figura 5 – Ovários de *L. araguaiaae* em fase de apto à desova. **a)** Visão geral dos ovários com predomínio de oócitos vitelogênicos (ov) e presença de pré-vitelogênicos (opv) e alvéolos corticais (oac). **b)** Detalhe dos oócitos em crescimento primário entre os oócitos vitelôgenicos. **c)** Migração do núcleo (vesícula germinativa) em direção à micrópila. **d)** Detalhe da micrópila (mi) formada na extremidade do oócito por uma invaginação da zona radiata. **Abreviaturas e símbolos:** n – núcleo; gv - glóbulos de vitelo, ac - alvéolo cortical. **Coloração:** Hematoxilina e Eosina.



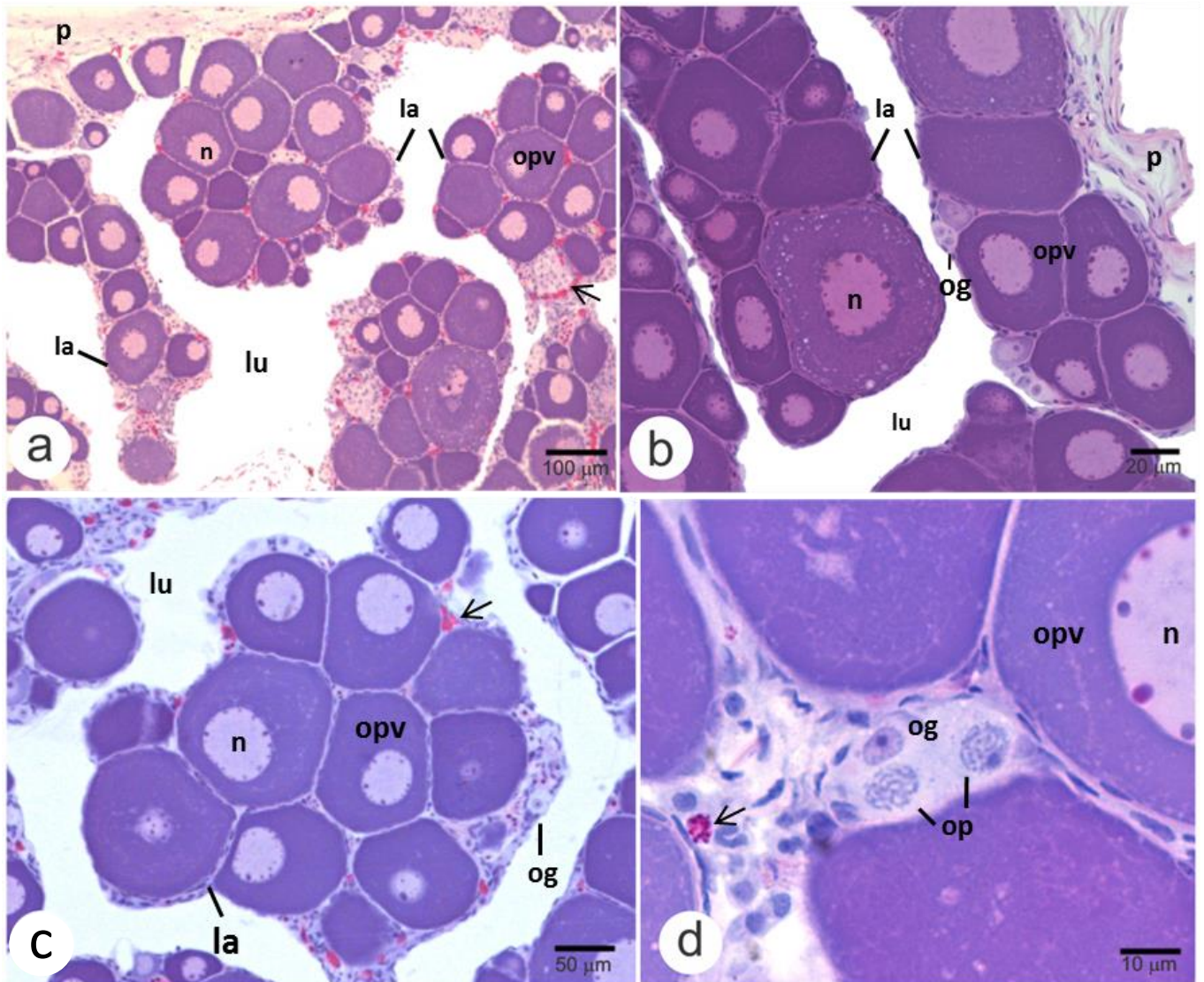
Fonte: própria autora

Figura 6 – Ovários de *L. araguaiaie* em fase de regressão. **a)** Visão geral do ovário flácido após liberação dos oócitos maduros. **b)** Detalhe da parede espessa (p) e vasos sanguíneos dilatados (vs) após liberação dos oócitos. **c)** espaço (lu - lúmen) entre as lamelas após desova. **d)** melanomacrófagos próximos a folículos pós-ovulatórios e atresias. **e)** Folículo pós-ovulatório composto pelas camadas folicular, da teca e membrana basal em processo de degeneração. **f)** Predomínio de oócitos em crescimento primário, pré-vitelogênicos (opv) e oócitos alvéolos corticais (oac) que participam do próximo ciclo, além de folículos pós-ovulatórios (fpo). **Abreviaturas e símbolos:** n – núcleo; lu - lúmen; seta: melanomacrófagos. **Coloração:** Hematoxilina e Eosina.



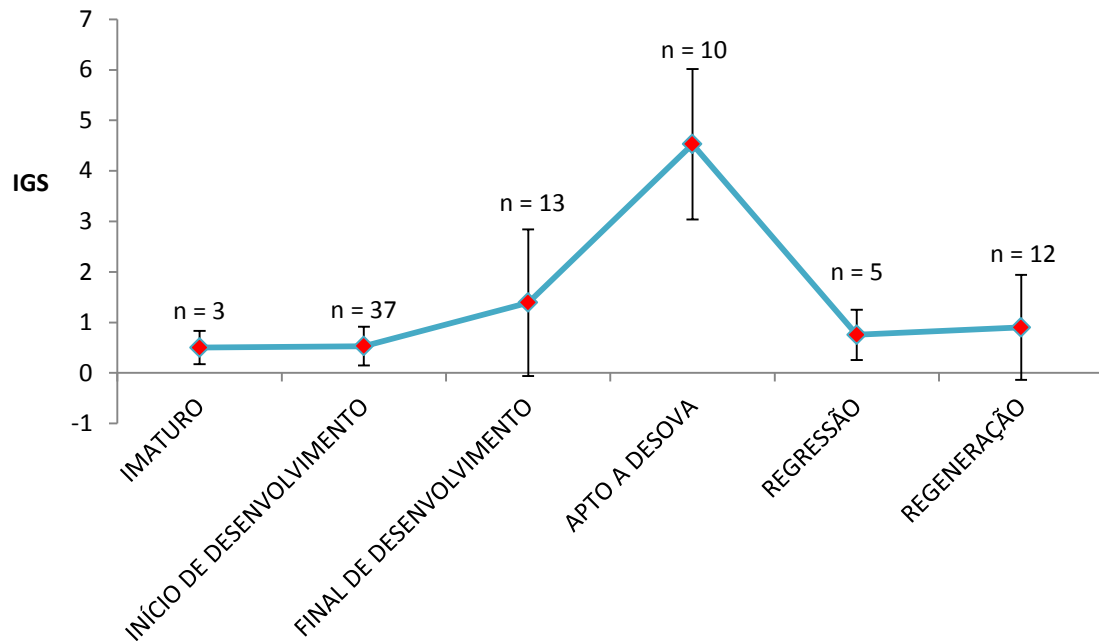
Fonte: própria autora

Figura 7 – Ovários de *L. araguaiae* em fase de regeneração. **(a-c)** reestruturação das lamelas (la) contendo oócitos em crescimento primário. Parede espessa (p) e espaço entre os oócitos (lúmen - lu). Presença de oogônias (og) isoladas ou em ninhos. **d)** Detalhe de um cisto germinativo contendo oócitos em paquíteno (op) e uma oogônia (og), característicos da foliculogênese que é ativa nesta fase. **Abreviaturas e símbolos:** n - núcleo; seta - melanomacrófagos. **Coloração:** Hematoxilina e Eosina.



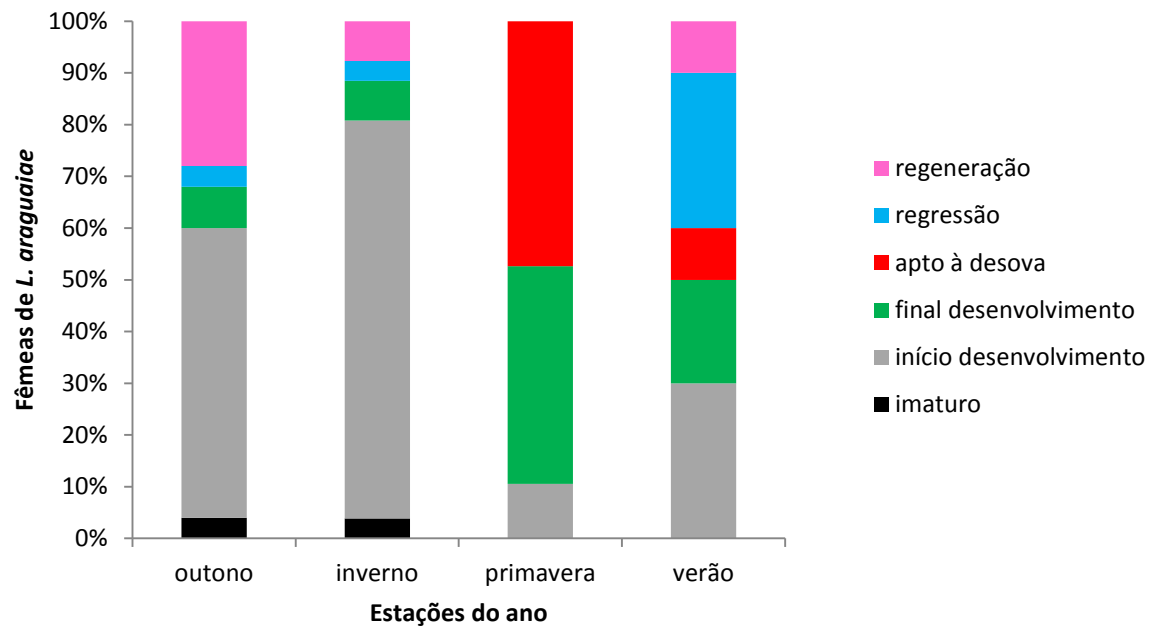
Fonte: própria autora

Figura 8 – Valores médios do índice gonadosomático por fase reprodutiva em fêmeas de *Laetacara araguaiae*. A barra nos pontos indica o desvio padrão da amostra.



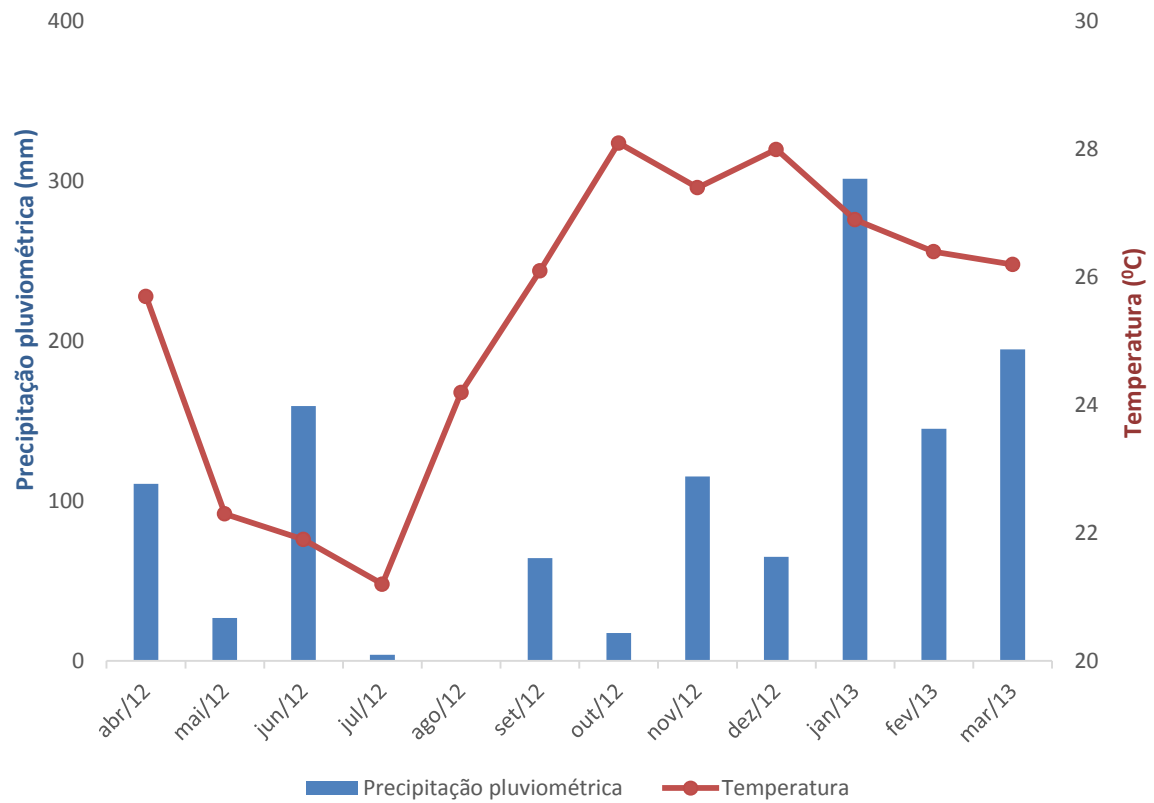
Fonte: própria autora

Figura 9 – Período reprodutivo de fêmeas de *Laetacara araguaiae* por estação do ano.



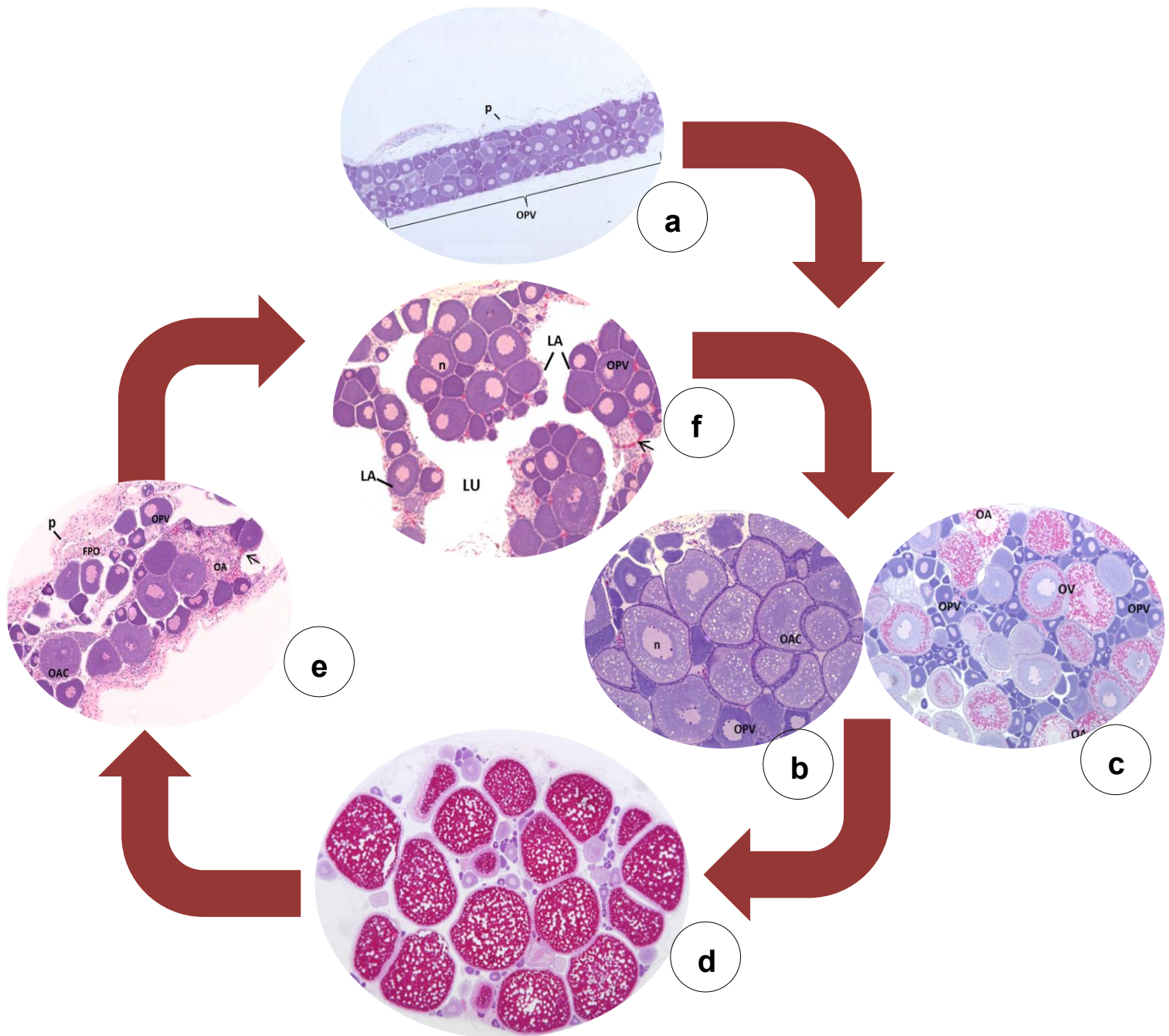
Fonte: própria autora

Figura 10 – Valores médios de temperatura do ar (C°) e precipitação pluviométrica (mm) durante o ciclo reprodutivo de *Laetacara araguaiae* de abril/2012 a março/2013.



Fonte: própria autora

Figura 11 – Esquema das Fases do ciclo reprodutivo de fêmeas de *Laetacara araguaiae*. **a)** imaturo; **b)** Início de desenvolvimento; **c)** Final de desenvolvimento; **d)** Apto à desova; **e)** Regressão; **f)** Regeneração.



Fonte: própria autora

3.5 DISCUSSÃO

O tipo de desenvolvimento oocitário de *L. araguaiae* é similar a de outros ciclídeos como *Heros efasciatus* (FAVERO et al., 2010), *Cichlasoma orientale* (GURGEL, et al., 2011), no qual o tipo de sincronia dos oócitos caracteriza desovas múltiplas ou parceladas (VAZZOLER, 1996; MURUA; SABORIDO-REY, 2003). Este padrão de desenvolvimento ao longo de um ciclo reprodutivo se mantém até o momento da desova e caracteriza desta forma as fases reprodutivas de fêmeas de *L. araguaiae*.

Como proposto por Brown-Peterson et al. (2011), as fases do ciclo reprodutivo de fêmeas adultas, após o peixe passar pela fase imatura são: desenvolvimento, apto a desova, regressão e regeneração, sendo primeiramente descrita para Perciformes marinhos e Labriformes, atual ordem de *L. araguaiae*, e mostrou-se suficientemente adaptável para a espécie.

Para *L. araguaiae*, somente na fase de desenvolvimento houve a necessidade de adaptação da proposta de Brown-Peterson et al. (2011), com a inclusão de mais uma sub-divisão, a “final de desenvolvimento” pois, observa-se os oócitos em estágio de vitelogênese inicial e avançado, juntamente com os oócitos pré-vitelogênicos da fase anterior. As demais fases seguem como a terminologia proposta pela autora. O mesmo tipo de caracterização seguindo a terminologia proposta, também foi adaptada para Siluriformes e Characiformes (WILDNER, et al., 2012; QUAGIO-GRASSIOTTO, et al., 2013).

Para a definição dessas fases dentro do ciclo reprodutivo de *L. araguaiae*, foram utilizados os estágios de desenvolvimento dos oócitos descritos por Silva (2014) no prelo. A caracterização ovariana é imprescindível, não apenas por meio de análises macroscópicas, mas também por microscopia, pois as características externas dos ovários, muitas vezes não refletem o respectivo estágio. Essas recomendações também foram descritas por Honji et al. (2006) e Barros et al. (2011). Desta forma juntamente com outras características como tamanho dos ovários em crescimento, espessura das paredes, presença ou não de vasos sanguíneos, presença de complexos foliculares pós-ovulatórios e atresias em

diferentes etapas de degradação e reabsorção, que caracterizamos o ciclo ovariano do *L. araguaiae*.

A determinação do tamanho da primeira maturação ovariana para *L. araguaiae*, ou seja, o tamanho mínimo a partir do qual todas as fêmeas estão participando ativamente do processo reprodutivo, contribui de acordo com Gurgel et al. (2011), na adoção de uma série de medidas de manejo, que tem como objetivo a sustentabilidade da exploração pesqueira, como forma de tentar garantir que cada indivíduo reproduza pelo menos uma vez antes de sua captura. Para *Laetacara araguaiae*, uma espécie com potencial para a piscicultura ornamental, esta é uma informação importante, pois, este comércio se não fiscalizado, pode haver consequências como a rápida extinção da espécie, por conta do extrativismo desordenado dos produtores e os praticantes da aquariofilia.

Há espécies de peixes que atingem a maturação ovariana apenas após alcançarem um determinado tamanho corporal. Nesse caso, os custos para se formar e manter um plantel de reprodutores é muito alto. Por outro lado, há espécies que, mantidas sob determinadas condições, aceleram o processo de maturação e atingem a fase reprodutiva ainda com tamanho reduzido (exemplos: tilápias, carpas e algumas espécies nativas). Assim, o tamanho de primeira maturação ovariana é variável dependendo principalmente da espécie e das condições da manutenção do meio (GODINHO, 2007).

Os dados do IGS coletados para *L. araguaiae* calculados, separadamente, por fase reprodutiva, evidenciou uma ascensão dos valores com o avanço do desenvolvimento ovariano, evidenciando um pico na fase de “apto à desova”, e um decréscimo nas fases posteriores a desova. O IGS é usualmente utilizado para identificar o período de desova. Conjuntamente aos valores do IGS, é necessário as análises histológicas dos ovários é uma ferramenta para interpretação correta do período de desova (BREWER; RABENI; PAPOULIAS, 2008). Os trabalhos realizados com fêmeas de peixes que utilizam o IGS, geralmente analisam os dados por estação do ano, dados mensais ou bimestrais e, assim identificam o pico reprodutivo da espécie, que pode ser mais de um, ao longo do ano (BARBIERI, 1989; QUEROL et al., 2002; ROMAGOSA, et al. 2003; WILDNER et al., 2012).

O aumento dos valores dos níveis dos rios e da precipitação pluviométrica, parece ser o fator ecológico importante no fenômeno da reprodução dos peixes tropicais, a exemplo do *Pseudoplatystoma fasciatum* (ROMAGOSA et al., 2003), *Prochilodus brevis* (CHELLAPPA et al., 2009); *Heros efasciatus* (FAVERO, et al., 2010), *Cichlasoma orientale* (GURGEL, et al., 2011); *Cichla kelberi* (SIQUEIRA-SILVA et al., 2013) e *Pimelodus maculatus*, *Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum*, atuando como fator decisivo na maturação final dos gametas e desova (BALDISSEROTTO, 2002).

Tal fato também foi observado para *L. araguaiae*, no qual a descrição do ciclo reprodutivo anual foi realizada após definidas as fases reprodutivas e deste modo foi possível determinar que esta espécie se reproduz nos meses mais quentes do ano (setembro a fevereiro), coincidindo com o início do período das chuvas e conseqüentemente da elevação do nível d'água do rio. Pois segundo Vazzoler (1996) isso ocorre porque neste período há uma maior disponibilidade de oxigênio e maior quantidade de alimento no ambiente que irá favorecer a eclosão dos ovos e sobrevivência da prole, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Ictiologia Neotropical e a Faculdade de Engenharia UNESP Ilha Solteira por sua estrutura. A CAPES e FAPESP (Processo 2012/13413-9), pelo financiamento deste projeto. Ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira SP/BR por fornecer os dados de variáveis ambientais no período de coleta. A Diógenes Henrique de Siqueira Silva pela colaboração na redação e na montagem das pranchas deste trabalho. A Jumma Miranda Araújo Chagas e Douglas Castro Ribeiro, pelo auxílio nas coletas dos exemplares.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; BARBIERI, G.; VERANI, J. R.; HAHN, N. S. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis áspera* (Agassiz, 1829) (osteichthyes, loticariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, PR. Ciência e Cultura. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, Campinas, v. 42, n. 9, p. 711-714, 1990.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. 468 p.
- BARBIERI, G. Dinâmica da reprodução e crescimento de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (osteichthyes, erythrinidae) da Represa do Monjolinho, São Carlos/SP. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 25-33, 1989.
- BARROS, N. H. C.; NASCIMENTO, W. S.; ARAÚJO, A. S.; GURGEL, L. L.; CHELLAPPA, S. Aspectos reprodutivos de *Pimelodella gracilis* (Valenciennes, 1835) (osteichthyes: pimelodidae) do açude da Ecoregião Caatinga. **Biota Amazônia**, Amapá, v. 1, n. 2, p. 53-59, 2011.
- BAYARRI, M. J.; MUÑOZ-CUETO, J. A.; LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; VERA, L.M.; ROL DE LAMA, M. A.; MADRID, J. A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Daily loco- motor activity and melatonin rhythms in Senegal sole (*Solea senegalensis*). **Physiology & Behavior**, Philadelphia, v. 81, n. 4, p. 577-583, 2004.
- BAZZOLI, N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: GODINHO, H. P; GODINHO, A. L (Org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco de Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 291-306.
- BREWER, S. K.; RABENI, C. F.; PAPOULIAS, D. M. Comparing histology and gonadosomatic index for determining spawning condition of small-bodied riverine fishes. **Ecology of Freshwater Fish**, Malden, v. 17, n. 1, p. 54–58, 2008.
- BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, Bethesda, v. 3, n. 1, p. 52–70, 2011.
- CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semi-arid Brazilian reservoirs. **Limnologia**, Germany, v. 39, n. 4, p. 325-329, 2009.
- FAVERO, J. M. del.; POMPEU, P. dos S.; PRADO- VALLADARES, A. C. Biologia reprodutiva de *Heros efasciatus* Heckel, 1840 (Pisces, Cichlidae) na Reserva de

Desenvolvimento Sustentável Amanã-AM, visando seu manejo sustentável. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 2, p. 373-380, 2010.

GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 351-360, 2007.

GURGEL, L. L.; VERANI, J. R.; CÂMARA, F. R. A.; BARROS, N. H. C.; CHELLAPPA, S. Ecologia reprodutiva de *Cichlasoma orientale* (Osteichthyes: Cichlidae), um peixe endêmico do semi-árido brasileiro. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 1, n. 2, p. 36-44, 2011.

HONJI, R. M.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Identification of the stages of ovary maturation of the Argentine hake *Merluccius hubbisi* Marini, 1933 (Teleostei: Merlucciidae): advantages and disadvantages of the use of the macroscopic and microscopic scales. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 329-337, 2006.

MIRANDA, L. A; STRUSSMANN, C. A; SOMOZA, G. M. Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females. **Fish Physiology and Biochemistry**, Spain, v. 35, n. 1, p. 101-108, 2008.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, Canadá, v. 33, p. 23-31, 2003.

OKUZAWA, K. Puberty in teleosts. **Fish Physiology and Biochemistry**, Belgium, v. 26, n. 1, p. 31-41, 2002.

PARENTI, R. L.; GRIER, H. J. Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes. **Integrative and Comparative Biology**, , Australia, v. 44, n. 5, p. 333–348, 2004.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDER, D. D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 181-191, 2013.

QUEROL, M. V. V.; QUEROL, E.; GOMES, N. N. A. Fator de condição gonadal, índice hepatossomático e recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetoron* (osteichthyes, loricariidae), Bacia do rio Uruguai médio, sul do Brasil. **Iheringia**, Rio Grande do Sul, v. 92, n. 3, p. 79-84, 2002.

GRIER, J. H; URIBE, M. C, PATINO, R. The ovary, folliculogenesis and oogenesis in teleosts. In: JAMIESON, B.J.M. (Ed.). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony Fishes) phylogeny reproductive system viviparity spermatozoa**. Enfield: Science Publishers, 2006. p. 25–84.

ISAAC-NAHUM, V. J.; VAZZOLER, A. E. A. de M. Biologia Reprodutiva de *Micropogonias furnieri* (DESMAREST, 1823) (TELEOSTEI, SCIAENIDAE): fator de condição como indicador do período de desova. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 63 - 69, 1983.

QUAGIO-GRASSIOTTO, I.; WILDER, D. D.; ISHIBA, R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 181-191, 2013.

ROMAGOSA, E.; NARAHARA, M. Y.; BORELLA, M. I.; FENERICH-VERANI, N. Seleção e caracterização de fêmeas de matrinxã, *Brycon cephalus*, induzidas a reprodução. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 139-147, 2001.

ROMAGOSA, E.; PAIVA, P.; ANDRADE-TALMELLI, E. F.; GODINHO, H. M. Biologia Reprodutiva de fêmeas de Cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae), mantidas em cativeiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 151-159, 2003.

SIQUEIRA-SILVA, D. H.; VICENTINI, C. A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R.; NINHAUS-SILVEIRA, A. Reproductive cycle of the Neotropical cichlid yellow peacock bass *Cichla kelberi*: A novel pattern of testicular development. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 587-596, 2013.

TELES, M. E. O.; GODINHO, H. P. Ciclo reprodutivo da *Pirambeta serrasalmus brandtii* (Teleostei, Characidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 57, n. 2, p. 177-184, 2004.

TERESA, F. B.; GONÇALVES-DE-FREITAS, E. Reproductive behavior and parental roles of the *Laetacara araguaiaae*. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 355-362, 2011.

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

VOLPATO, G. L.; TRAJANO, E. Biological rhythms. In: VAL. A. L.; FONSECA, V. M.; RANDALL, D. J.. **The physiology of tropical fishes**. Califórnia: Academic Press, 2006. p. 101-153.

WILDNER, D. D.; GRIER, H.; QUAGIO-GRASSIOTTO, I. Female germ cell renewal during the annual reproductive cycle in Ostariophysians fish. **Theriogenology**, Philadelphia, v. 79, n. 4, p. 1-16, 2012.