



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PLANEJAMENTO E MANEJO INTEGRADOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

YANNE ALVES MENDES

REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF PIKE-CHARACIDS *Boulengerella*
cuvieri (CTENOLUCIIDAE) IN THE MIDDLE XINGU RIVER, EASTERN
AMAZON

BELÉM – Pa

2016

YANNE ALVES MENDES

REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF PIKE-CHARACIDS *Boulengerella*
cuvieri (CTENOLUCIIDAE) IN THE MIDDLE XINGU RIVER, EASTERN
AMAZON

Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial à obtenção de grau de Especialista em Pós lato sensu em Gestão Hídrica e Ambiental.

Orientador (a): Dr^a. **Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira.**

Laboratório de Imunohistoquímica e Biologia do Desenvolvimento ICB/UFPA

BELÉM – Pa

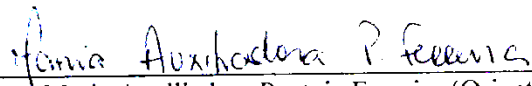
2016

YANNE ALVES MENDES

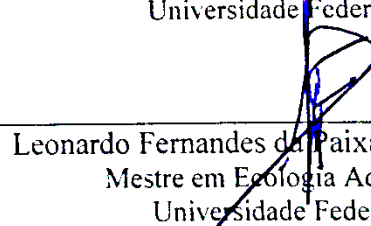
REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF PIKE-CHARACIDS *Boulengerella*
cuvieri (CTENOLUCIIDAE) IN THE MIDDLE XINGU RIVER, EASTERN
AMAZON

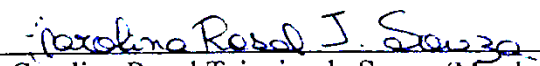
Monografia apresentada ao Curso de Especialização *Lato*
Sensu do Instituto de Geociências da Universidade Federal
do Pará, como requisito parcial à obtenção de grau de
Especialista em Pós lato sensu em Gestão Hídrica e
Ambiental.

Data da aprovação: 02/09/2016
Conceito: EXC
Banca Examinadora:



Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira (Orientador)
Doutora em Morfologia
Universidade Federal do Pará


Leonardo Fernandes da Paixão (Membro da banca)
Mestre em Ecologia Aquática e Pesca
Universidade Federal do Pará


Carolina Rosal Teixeira de Souza (Membro da banca)
Doutora em Biologia Celular
Universidade Federal do Pará

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, meus amigos e minha orientadora pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela sabedoria e perseverança que jamais me deixou desistir, obrigada pelas conquistas e vitórias alcançadas em minha vida.

Meus sinceros agradecimentos à minha eterna orientadora Prof^a Dr^a Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira, obrigada pela amizade, cuidado e exigências durante estes anos de trabalho e também pela ajuda financeira quando não pude custear algumas mensalidades.

Agradeço imensamente à Prof^a. Dr^a. Rossineide Martins da Rocha por acreditar em meu potencial, pelas exigências que contribuíram para meu crescimento profissional e também pela amizade, cuidado e paciência.

Gostaria de agradecer também a toda equipe de campo do Programa de Monitoramento da Ictiofauna e Investigação Taxonômica da UHE Belo Monte e São Félix do Xingu, especialmente ao Prof^o. Dr^o. Luciano Montag (Miúdo) e minha querida amiga Cleonice Lobato (Cléo).

À FADESP pela concessão da bolsa de pesquisa do Programa de Monitoramento e Levantamento da Ictiofauna e Investigação Taxonômica da UHE Belo Monte.

Aos meus amigos de pesquisa, meus histologistas agradeço imensamente a todos dos Laboratórios de Técnicas Histológicas, Ultraestrutura Celular e Imunohistoquímica e Biologia do Desenvolvimento: Prof^{as} Rossineide e Auxiliadora, técnica Lia, Leonardo, Liziane, Fabrícia, Ivana, Carol Montes, Julianas (Pantoja e Molica), Renata, Fernando e Breno. Obrigado meus queridos pela ajuda e companhia nestes anos de muito trabalho.

Agradeço imensamente à minha família (Alves e Mendes) pelo apoio e amor. Deus coloca em nossas vidas sempre o melhor, eu confio e sei que vocês são a melhor parte de minha vida. Especialmente a meus pais Edilberto e Joana. Obrigada, Amo vocês!

Como disse inicialmente acredito que tudo tenha um propósito, Deus está me abençoando com mais esta conquista e por isso eu só tenho a agradecer a todos que contribuíram para este momento. Obrigada a todos e todas!

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO GERAL	8
2. OBJETIVOS	11
GERAL	11
ESPECÍFICOS	11
3. Capítulo 1: CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DA BICUDA <i>Boulengerella cuvieri</i> AGASSIZ 1829 (CHARACIFORMES: CTENOLUCIIDAE) NO MÉDIO RIO XINGU, AMAZÔNIA ORIENTAL	12
REVIEW.....	13
INTRODUCTION	13
MATERIAL AND METHODS	14
RESULTS AND DISCUSSION	16
ACKNOWLEDGMENTS	23
REFERENCES	23

RESUMO

A reprodução é o momento mais importante à vida das espécies, pois garante sua perpetuação em ambiente. Para alcançar o sucesso reprodutivo, os peixes exibem uma diversidade de táticas durante o seu ciclo de vida que podem ocorrer de acordo com as variações temporais do ambiente. Em rios tropicais, as variações nos níveis dos rios constituem os principais fatores moduladores da reprodução dos peixes que tendem a apresentar diferentes estratégias no ciclo reprodutivo. Neste sentido esse estudo objetivou avaliar a influência da variação fluviométrica do rio Xingu na reprodução da bicuda *Boulengerella cuvieri*. Foram analisados 140 fêmeas e 113 machos e, de acordo com o desenvolvimento gonadal foram observados cinco estádios de maturação para fêmeas e três para machos. Considerando o período como um todo e os diferentes períodos amostrados, foi observado uma proporção de 1:1 na população que apresentou crescimento alométrico positivo seguindo um padrão monofásico. O Índice Gonadossomático (IG%) e a frequência relativa dos estádios de maturação indicaram um pico reprodutivo na enchente do rio e uma desova que se estende em dois períodos hidrológicos. Baseado nos métodos tradicional e de Fontoura, foi estimado para fêmeas L_{50} de 22.91cm e 29.39cm, respectivamente. *Boulengerella cuvieri* tem sua reprodução coincidindo principalmente com o aumento do nível do rio Xingu, período de enchente, e um longo período de desova que ocorreu em dois períodos. Desta forma, acreditamos que o empreendimento hidrelétrico de Belo Monte, situado no rio Xingu, pode promover alterações no ciclo de vida deste e de outros predadores cuja reprodução é influenciada pela sazonalidade do rio, pois resultará em mudanças no ciclo hidrológico deste ambiente.

Palavras-chave: fluviometria; teleósteo; desenvolvimento gonadal; história de vida.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ictiofauna de água doce de regiões tropicais é composta por uma variedade de espécies dotadas de características morfológicas, fisiológicas e ecológicas que refletem numa diversidade de padrões reprodutivos (Lowe-McConnell, 1987). Estes padrões são observados através das diferentes estratégias no ciclo de vida das espécies a fim de alcançar principalmente o sucesso reprodutivo (Wootton, 1894; Vazzoler, 1996). A reprodução é considerada o evento mais importante na vida das espécies, pois garante a perpetuação destas nos ambientes (Suzuki & Agostinho, 1997).

Para atingir o sucesso reprodutivo as espécies dependem de fatores intrínsecos, como os hormônios, e extrínsecos, como temperatura, oxigênio dissolvido, pH, local para desova com condições favoráveis ao desenvolvimento de ovos e larvas, alocação de recursos para o evento reprodutivo e regime hidrológico (Wootton, 1984; LoweMcConnell, 1987).

Tendo em vista a importância da reprodução nas espécies e os diferentes modos que estas apresentam, diversas investigações científicas têm estudado os padrões de histórias de vida nos teleósteos (Winemiller, 1989; Menezes & Caramaschi, 1994; Mazzoni & Petito, 1999; Mazzoni *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2011; Prudente *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2015), onde são estimados parâmetros sobre as táticas reprodutivas das espécies como, estrutura populacional; taxa de fecundidade; época e tipo de desova; tamanho da primeira maturidade sexual; índice gonadossomático e fator de condição, a fim de entender quais mecanismos adaptativos as populações exibem frente às variações temporais do ambiente natural para obter o sucesso reprodutivo.

Em regiões tropicais, como a região Amazônica, os dois principais fatores que influenciam a reprodução das espécies são as variações pluviométricas e fluviométricas que resultam em períodos hidrológicos distintos que afetam as concentrações de nutrientes

dissolvidos e a densidade de peixes, e culmina com a formação de planícies de inundação que são utilizadas pelas espécies como área de reprodução (Rizzo *et al.*, 1996). Tais variações temporais associadas a essas planícies desempenham papel importante na ecologia das populações de peixes (Schlosser, 1987; Lowe-McConnell, 1999; Bayley, 1987; Prudente *et al.*, 2015).

O rio Xingu, na Amazônia Oriental (Fig. 1), situado à margem direita do rio Amazonas, é caracterizado por uma heterogeneidade ambiental. Tal característica reflete numa diversidade de microambientes formados devido a geomorfologia e a hidrologia da bacia. Esta heterogeneidade favorece a diversidade íctica, levando ao isolamento das populações, através de barreiras geográficas e climáticas (IBAMA, 2008; Buckup *et al.*, 2010). O rio apresenta uma distribuição irregular das chuvas caracterizando períodos hidrológicos distintos, marcados por regimes de cheias e secas ao longo do ano. Esta dinâmica reflete diretamente na ecologia reprodutiva das espécies de peixes que tendem a se adaptar às variações, a fim de obter o sucesso reprodutivo (Lowe-McConnell, 1999).



Fig. 1. Rio Xingu, situado na margem direita do rio Amazonas, Amazônia Oriental.

Dentre as espécies encontradas na ictiofauna do rio Xingu, destaca-se a bicuda, *Boulengerella cuvieri* Agassiz, 1829 (Fig. 2). A espécie desempenha um papel importante para os ecossistemas aquáticos por apresentar hábito carnívoro, sendo considerada um predador de topo, podendo exercer impacto sobre a ictiofauna através do controle de populações de pequenos peixes, especialmente de representantes da família Characidae e Curimatidae. A espécie pertence a Ordem dos Characiformes, família Ctenoluciidae, gênero *Boulengerella*. Apresenta distribuição no Rio Orinoco, Rio Amazonas, bacia do Rio Tocantins, e os rios costeiros do Amapá e Pará, onde habita regiões de águas correntes (Vari, 1995).



Fig. 2. Exemplar de *Boulengerella cuvieri*. Foto: Leandro Souza.

No gênero *Boulengerella* a espécie é considerada de elevado porte, apresenta maior espectro de variação morfológica e ainda possui uma ampla distribuição geográfica. Os exemplares da bicuda são explorados pelas pescas de subsistência, comercial e esportiva, embora tenha baixa representatividade (Vari 1995; PNDA 2008).

No Brasil são amplos os estudos sobre a reprodução de peixes de água doce, por exemplo: Mazzoni & Petitto 1999; Andrade & Braga 2005; Gonçalves *et al.*, 2006; Neuberger *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009; Azevedo *et al.*, 2010. Porém ainda apresenta lacunas sobre a biologia reprodutiva de muitas espécies, como as bicudas em geral. Poucos estudos encontrados sobre as bicudas relataram aspectos da ecologia alimentar, relação massa-comprimento e evolução de estruturas bucais, por exemplo: Giarrizzo *et al.*, 2011; Datovo & Castro 2012; Pereira *et al.*, 2012; Giarrizzo *et al.*, 2015, resultando no desconhecimento do

ciclo de vida destas espécies especialmente sob condições ambientais. Sabe-se que estas informações são essenciais para o melhor entendimento dos mecanismos adaptativos e fatores reguladores das populações afim de elaborar ações de conservação, manejo e exploração de estoques naturais (Nikolsky, 1969; Agostinho *et al.*, 1995). Além disso, estes mecanismos possibilitam entender a capacidade que as espécies apresentam para serem bem sucedidas em ambiente natural com períodos hidrológicos distintos. Por isso, analisar as táticas reprodutivas da bicuda em diferentes períodos hidrológicos torna-se importante e tendo em vista a carência destes estudos, os dados podem informar sobre a ecologia reprodutiva da espécie em ambiente natural.

2. OBJETIVOS

GERAL

Estudar a Ecologia Reprodutiva de *Boulengerella cuvieri* sob o seguinte questionamento: Qual a influência da variação fluviométrica do rio Xingu na atividade reprodutiva da espécie?

ESPECÍFICOS

- Descrever os estádios de maturação sexual da espécie e relacioná-los com os diferentes períodos hidrológicos do rio Xingu;
- Analisar a estrutura morfológica da população (sexo e comprimento);
- Estimar a atividade reprodutiva (Índice Gonadossomático%) ao longo dos diferentes períodos hidrológicos amostrados;
- Estimar o período e tipo de desova;
- Estimar o comprimento mínimo de primeira maturidade sexual (L_{50}).

3. CAPÍTULO 1

ARTIGO: Reproductive characteristics of pike-characids *Boulengerella cuvieri* (CTENOLUCIIDAE) in the middle Xingu River, Eastern Amazon

Artigo submetido a revista “*Journal of Fish Biology*”

Submetido: 18/01/2016

Revisado: 25/05/2016

Re-submetido: 18/08/2016

Reproductive characteristics of pike-characids *Boulengerella cuvieri* (CTENOLUCIIDAE) in the middle Xingu River, Eastern Amazon.

Y. A. Mendes*^{||}, M^a A. P. Ferreira*, C. M^a C. Lobato⁺, L. F. A. Montag⁺, and R. M. Rocha*.

Federal University of Pará, Institute of Biological Sciences, Morphology Department, Belém, Pará, Brazil ^{*}; Federal University of Pará, Institute of Biological Sciences, Laboratory of Ecology and Conservation, Belém, Pará, Brazil ⁺.

BRIEF COMMUNICATION

REVIEW

This study evaluated the reproductive characteristics of pike-characids *Boulengerella cuvieri* under the influences of water level variations in the Xingu River. The sex relationship was 1:1 throughout the study period and species showed positive allometric growth following a single-phase pattern. The gonadosomatic index and relative frequency of maturation stages indicated a short breeding season followed by a single phase spawning, which coincides with a filling and flood period.

Key-words: fluviometry, gonadal development, histology, teleostei

INTRODUCTION

In tropical regions fish reproduction is especially modulated by variations in the hydrological regime of rivers, affected by environmental characteristics such as nutrient concentrations in the environment. During the flooding period the newly inundated areas supply

spawning resources and habitats for larvae, development of juveniles and adults and provide conditions for different reproductive strategies (Bailly *et al.*, 2008; Freitas *et al.*, 2011; Winemiller *et al.*, 2014).

The Xingu River has a heterogeneous environment and its uneven rainfall distribution characterizes a hydrological regime marked by flood and dry seasons which influence the composition and ecological aspects of river fish populations (Lowe-McConnell, 1987; Buckup & Santos, 2010). The Belo Monte hydroelectric dam, currently under construction on the Xingu river, may interfere with the biology of fish, including *Boulengerella cuvieri* Agassiz, 1829 (Characiformes: Ctenoluciidae), which is a predator component of the river fish populations and ecologically important in the structure of fish communities and ecosystems (Zaret, 1980). The fisheries of *B. cuvieri* are a socioeconomic activity, exploited by subsistence, ornamental, sports and commercial fishing (Vari, 1995). The focus of this study is to evaluate the effect of water levels on the reproduction of *B. cuvieri* in the middle Xingu River.

MATERIAL AND METHODS

Specimens were collected bimonthly from July 2012 to July 2014 along the middle Xingu River, in eastern Amazon, specifically on the Bacajá (3°45'12''S, 51°34'59''W), Iriri (3°49'33''S, 52°41'36''W) and the Xingu river (3°12'52''S, 52°11'23''W) (Fig. 1). This procedure enabled to determine the four distinct hydrologic cycles: ebb (June – August), dry (September – November), filling (December – February), flood (March – May). At the site, the animals were measured (L_S , total length, to the nearest cm and W_T , total weight, to the nearest g). The gonads were removed, and W_S were obtained and were subsequently fixed in 10% formalin to perform routine histological techniques and then embedded in paraffin (Prophet *et al.*, 1995). The gonadal stages were established following the classification adapted from Núñez & Duponchelle (2009).

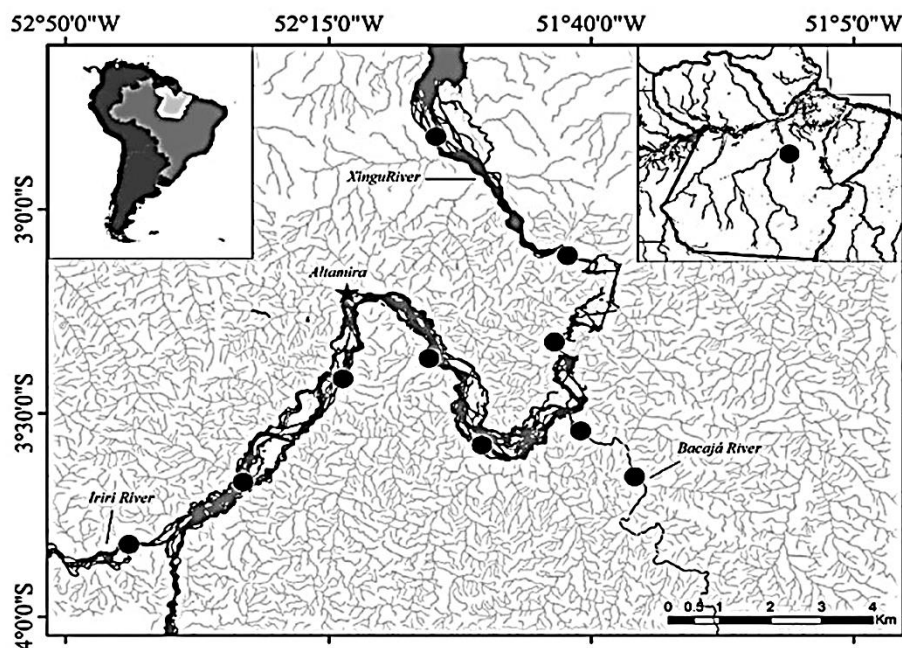


Fig. 1. The middle Xingu river region, highlighting the sampled collection points along the river between the years 2012 and 2014. (●, collecting points).

Statistical analyses were performed to determine the sex relationship using the Chi-Square test (χ^2), with 5% significance level. The mass-length relationship was determined for both sexes following the modified model proposed by Huxley (1924). The proportional residues were plotted against the L_S (total length) for both sexes and were subsequently tested using a t test with a 5% significance level. The allometric condition factor (K) and the gonadosomatic index (I_G) was based on the equation of Le Cren (1951) and Nikolsky (1963), respectively. Both analyses were applied to each individual and sexes. The variation in the hydrological period was tested using the Kruskal-Wallis test (H) with a 5% significance level, followed by Nemenyi post hoc test (Zar, 1999). The sexual maturity stages were studied and the reproductive activity was assessed through the relative frequency of occurrence of different sexual maturity stages of females and males. To estimate the mean length for first sexual maturity (L_{50}), we compared Traditional and Fontoura et al. (2009) methods for a more precise estimate, applying them only to females.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 253 individuals were analyzed, of these 140 were females with mean L_S 34.9cm \pm 8.64 (65.0 – 20.5 cm), W_T 365.5g \pm 350.1 (2250.2 – 47.12 g), and 113 males with mean L_S 33.8cm \pm 6.25 (57.0 –23.5 cm), W_T 296.3g \pm 202.87 (1070.0 – 88.2 g). The sex relationship was 1:1 ($\chi^2 = 1.44$; $P > 0.05$) throughout the study period. Similar results were observed in *Leporinus fasciatus* (Thomé *et al.*, 2005) and in *Brycon orthotenia* (Nunes *et al.*, 2015). The mass-length relationship obtained for both sexes used the following equation, $Pt=0.0019 \cdot Ct^{3.3661}$ ($R^2 = 0.9799$) that allowed to infer that *B. cuvieri* shows positive allometric growth, suggesting the species show a greater investment in length. This investment was also observed in *B. maculata* in the Trombetas River (Giarrizzo *et al.*, 2011). In general, a larger body size of females is related to a reproduction advantage in some groups, especially in Characiformes and Siluriformes where a coelomic cavity allows greater space for oocytes and higher fat accumulation for gonad development (Agostinho & Julio Junior, 1999; Braga, 2005).

In this study there was no difference between the mass-length relationship of males and females of *B. cuvieri*. The distribution of proportional residues showed no difference in the growth patterns between the sexes, showing a single-phase increase ($t = 1.246$; d.f = 246; $P > 0.05$). Also no significant difference of K was observed in *B. cuvieri* between the sampling hydrological periods for both females ($H_{3,136} = 7.672$; $P > 0.05$) and males ($H_{3,110} = 9.452$; $P > 0.05$). Different results were observed by Lizama & Ambrósio (2002) in studies of characids in a Parana River floodplain area, showing that K can vary between species, sexes and populations.

Histological analysis was in agreement with the macroscopic stages. Ovigerous lamellae containing oogonia nests and oocytes surrounded by follicular cells, was evidenced in the ovaries. Five maturation stages were determined based on oocyte development: Immature ovary contained oogonia and type I oocytes (Fig. 2a). Maturing ovary contained numerous type II

and III oocytes (Fig. 2b). The mature ovary contained type IV oocytes, with no obvious nucleus. Some I, II and III oocytes were also observed in this stage (Fig. 2c). The spawned ovary containing post-ovulatory follicles, atretic oocytes and follicle atresia, along with some type I and II oocytes that were still under development (Fig. 2d). Resting ovary with ovigerous lamellae and visible lumen area containing oogonia nests, type I oocytes and a well-defined fibrillar network were observed (Fig. 2e).

Males showed testes consisting of anastomosing seminiferous tubules that showed cells of the spermatogenic lineage. Three gonadal stages were determined: maturing with seminiferous tubules containing spermatogonia located along the tubule wall, spermatocytes and spermatids organized in cysts and few spermatozoa in the lumen (Fig. 2f, g). Mature showed a large amount of spermatozoa in the lumen of the tubule (Fig. 2h, i). Spent showed seminiferous tubules practically empty with few residual spermatozoa (Fig. 2j). In *B. cuvieri* an asynchronous development of germ cells was observed for both sexes. Similar results were observed in *Astyanax fasciatus* (Carvalho *et al.*, 2009), and *Hoplias malabaricus* (Gomes *et al.*, 2007).

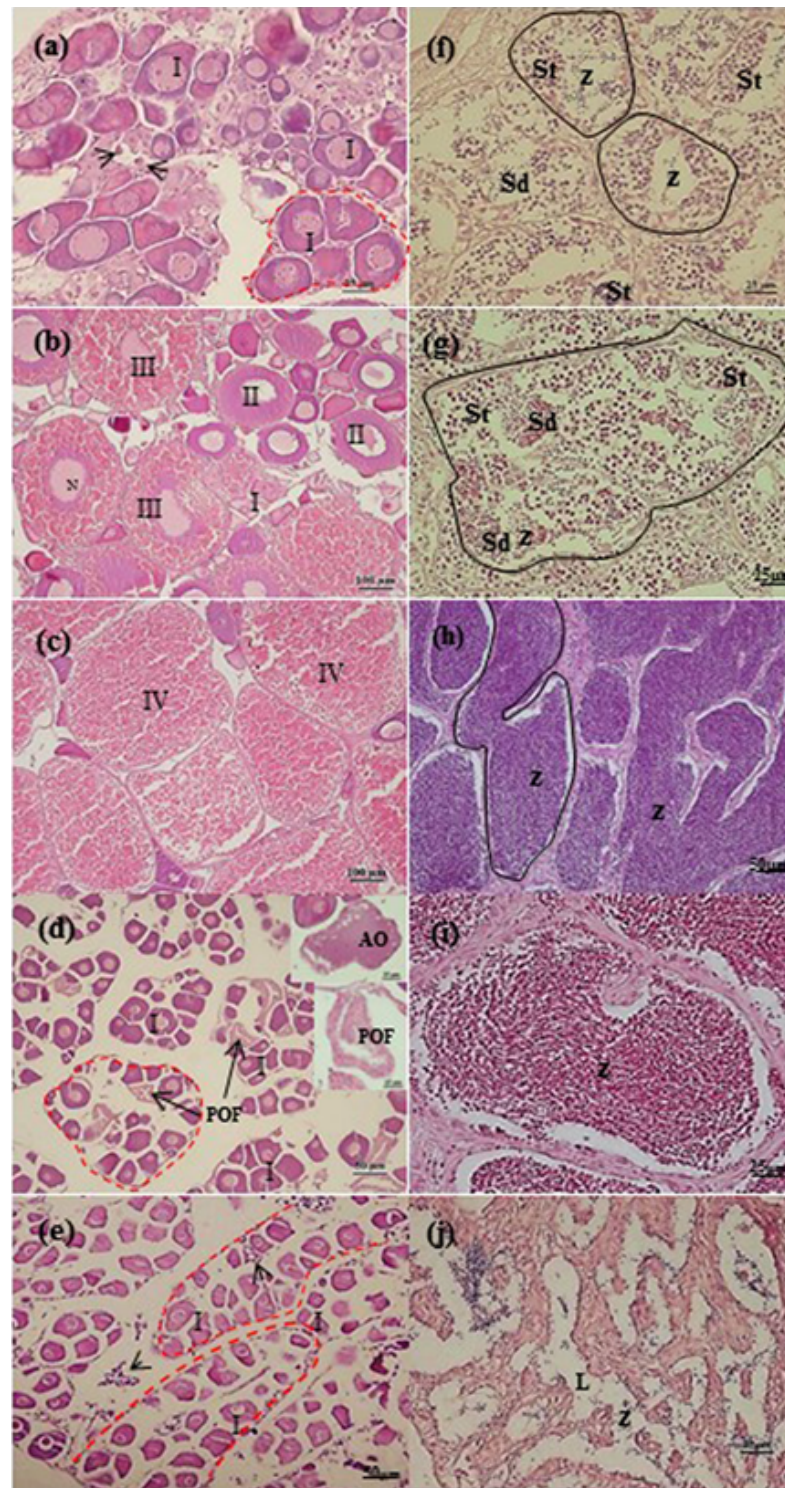
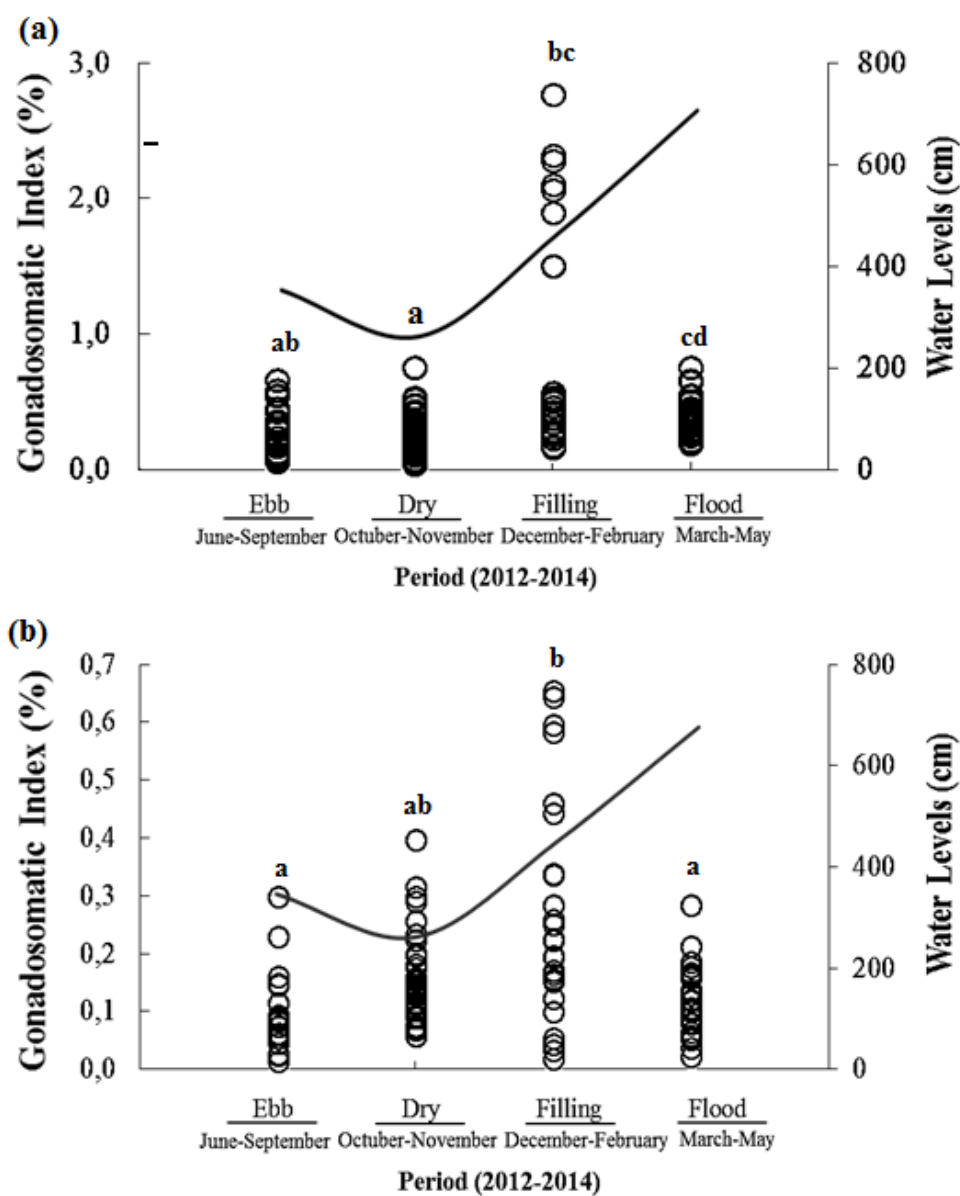


Fig. 2. Photomicrograph of gonadal development of *Boulengerella cuvieri* in different stages of maturation. A-E: Ovary. F-J: Testis. (a) Immature – ovigerous Lamellae (dashed line) containing oogonia (arrow), type I oocytes (I), (b) Maturing – abundance of type II (II) and type III (III) oocytes, (c) Mature – type IV oocytes (IV), (d) Spawning – ovigerous lamellae with thin wall containing post-ovulatory follicles (POF), atretic oocytes (AO) and type I oocytes, (e) Rest - ovigerous lamellae containing oogonia nests and type I oocytes, (f) Maturing – seminiferous tubules (solid line) containing spermatocytes (St), spermatids (Sd) and spermatozoa (z), (g) detail of maturing seminiferous tubule, (h) Mature – Anastomosing

seminiferous tubules filled with spermatozoa, (i) Detail of mature tubule, (j) Spent – Tubules with lumen (L) containing residual spermatozoa.

We emphasize that the I_G analysis revealed synchrony in the reproductive peak of females ($H_{3,134} = 22.202$; $P = 0.0001$) and males ($H_{3,110} = 19.690$; $P = 0.0002$) during the river filling period (Fig. 3a, b). This synchrony shows that during the filling period the Xingu River expands to marginal areas, and the plains are flooded, favoring the exploration of new habitats, resulting in increased resources availability in the environment for future spawning (Barthem & Fabr e, 2004). In the Amazon, the fish reproduction was related to fluviometric and pluviometric levels (Lowe-McConnell, 1987), as observed in *Rhaphiodon vulpinus* (Neuberger *et al.*, 2007) and in *A. fasciatus* (Carvalho *et al.*, 2009), which suggest that the reproductive period is synchronized with the filling of rivers.

The relative frequency of occurrence of maturity stages for females showed mature individuals during the dry period and a reproductive peak during the river filling period (Fig. 4a), followed by a single phase spawning during two hydrological periods, filling and flood, with a peak especially in the river flood. For males, maturing and mature individuals were observed at all sampled months, with a peak of mature males in the filling periods, and the spent phase occurred in the other periods (Fig. 4b). Spawning in two hydrological periods was also evidenced in *S. maculatus* (Wildner *et al.*, 2013) and *S. gouldingi* (Prudente *et al.*, 2015).



ig. 3. Variations in the Gonadosomatic Index for the females and males of *Boulengerella cuvieri* collected in the middle Xingu river between 2012 and 2014. (a) Female, (b) Male. (○, individuals; —, Water Levels). a-d - Different letters indicates significant differences from other periods.

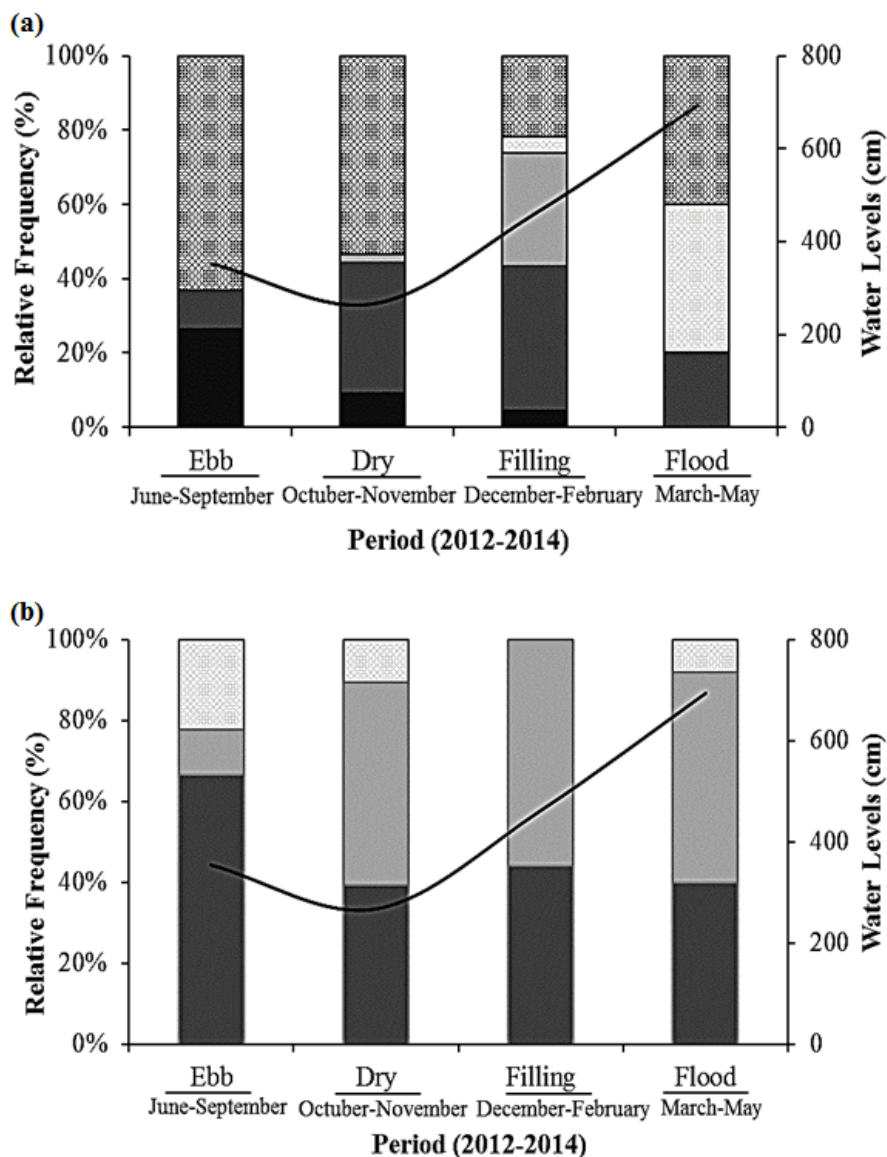


Fig. 4. Relative frequency of occurrence (%) of gonadal maturity stages of females and males of *Boulengerella cuvieri* collected in the middle Xingu river between 2012 and 2014. (a) Ovarian stages, (b) Testicular stages. (■, Immature; ■, Maturing; ■, Mature; ■, Spawned/Spent; ■, Resting; —, Water Levels).

To estimate the best method to establish the L_{50} in *B. cuvieri* females, we tested the traditional and Fontoura et al. (2009) methods and found 22.91 and 25.39 cm values, respectively (Fig. 5). Camargo et al. (2015) analyzing *B. cuvieri* specimens on the Xingu River estimated L_{50} of 46.2cm following the empirical equation proposed by Froese and Binohlan (2000). The data observed in this study were lower than estimated by Camargo et al. (2015),

we suggest that over the past years, the animals may be changing their reproductive behavior due to environmental changes in the dam. We believe the estimate L_{50} by traditional method, based on reproductive stages, is the most accurate method because mathematical methods can overestimate the analysis. The analysis could not be estimated for males, because of the absence of immature individuals in the sampling.

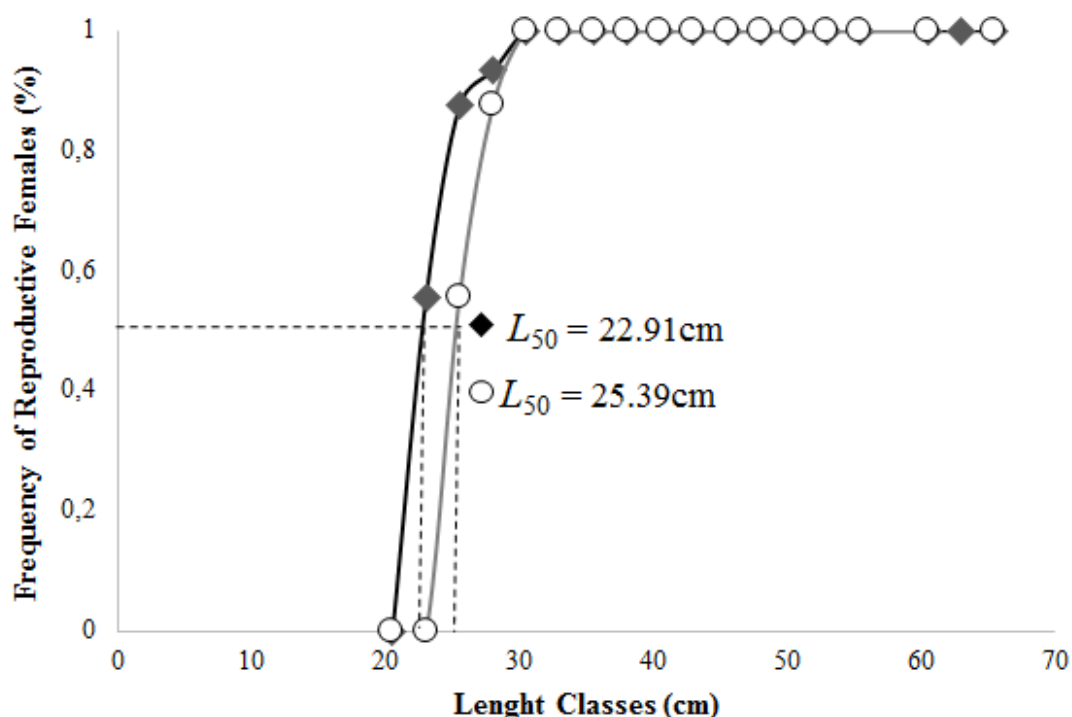


Fig. 5. Mean length of first sexual maturity (L_{50}) for females of *Boulengerella cuvieri* collected in the middle Xingu river between 2012 and 2014. (◆) Traditional method, (○) Fontoura's method.

We suggest that the reproductive process of *B. cuvieri* coincides with the increasing water level, in the filling period, and a single phase spawning, during the river filling and flood period. We highlight that in the current situation of the Xingu River there are environmental questions regarding the construction of the Belo Monte hydroelectric plant. This impoundment could have consequences on the life cycle of this top predator, since the construction could result in changes in the hydrological cycle of the river, modifying the flow and flood pulses, therefore it can affect the reproductive cycle of the species.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to Norte Energia and LEME for financial support. The biological material was authorized by permit 057/2012 from IBAMA-Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis and FAO/MMA. LFAM receives a productivity grant from CNPq (process: 301343/2012-8), YAM was funded by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), and all members of the IctioXingu CNPq Research Group.

REFERENCES

- Agostinho, A.A., Matsuura, Y., Okada, E.K., & Natakani, K. (1995). The catfish *Rhinelepis áspera* (Teleostei: Loricariidae) in the Guaíra region of the Paraná River: an example of population estimation from catch-effort and tagging data when emigration and immigration are high. *Fisheries Research* **23**: 333-344.
- Agostinho, A.A., & Julio Junior, H.F. (1999). Peixes da bacia do alto Paraná. In *Estudos ecológicos de comunidade de peixes tropicais*, (Lowe McConnell R. H., ed), pp. 374-399. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo.
- Andrade, P.M., & Braga, F.M. (2005). Reproductive seasonality of fishes from a lotic stretch of the Grande river, High Paraná river basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **65**: 387-394.
- Azevedo, M.A., Malabarba, L.R., & Burns, J.R. (2010). Reproductive biology and development of gill glands in the inseminating characid, *Macropsobrycon uruguayanae* Eigenmann, 1915 (Cheirodontinae: Compsurini). *Neotropical Ichthyology* **8**: 87-96. doi: 10.1590/S1679-62252010005000004.
- Bailly, D., Agostinho, A.A., & Suzuki, H.I. (2008). Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different strategies in the Cuiabá river, upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications* **24**: 1218-1229.
- Barthem, R.B., & Fabr e, N.N. (2004). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amaz nia. Pr  várzea. 17-62. In *A pesca e os recursos pesqueiros na Amaz nia Brasileira. Pr  Várzea*. (Ruffino, M.L., ed), 272p.
- Bayley, P. B. (1987). Factors affecting growth rates of young tropical floodplain fishes: Seasonality and density – Dependence. *Environmental Biology of Fishes* **21**: 127-142.
- Braga, F.M.S. (2005). Feeding and condition factor of Characidin fish in Ribeir o Grande system, Southeastern Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* **27**: 271-276.
- Buckup, P.A., & Santos, G.M. (2010). Ictiofauna da ecorregi o Xingu-Tapaj s: fatos e perspectivas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 20p.

Camargo, M., Giarrizzo, T. & Isaac, V.J. (2015). Populations and Biological parameters of select fish species from the Xingu river, Amazon Basin. *Brazilian Journal of Biology* 75, 3: S112-S124. doi: 10.1590/1519-6984.01919BM.

Carvalho, P.A., Paschoalini, A.L., Santos, G.B., Rizzo, E., & Bazzoli, N. (2009). Reproductive biology of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characiformes) in a reservoir in South eastern, Brazil. *Braz. Journal of Applied Ichthyology* 25: 306-313. doi: 10.1111/j.1439-0426.2009.01238x.

Datovo, A., Castro, R.M.C. (2012). Anatomy and evolution of the mandibular, hopalatine, and opercular muscles in Characiform fishes (Teleostei: Ostariophysi). *Zoology* 115: 84-116.

Fontoura, N.F., Braun, A.S., & Milani, P.C. (2009). Estimating size at first maturity (L50) from Gonadosomatic Index (GSI) data. *Neotropical Ichthyology* 7, 217-222.

Freitas, T.M.S., Almeida, V.H.C., Montag, L.F.A., Rocha, R.M., & Fontoura, N.F. (2011). Seasonal changes in the gonadosomatic index, allometric condition factor and sex ratio of nauchnipterid catfish from eastern Amazonia. *Neotropical Ichthyology* 9: 839847.

Froese, R., & Binohlan, C. (2000). Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *Journal of Fish Biology* 56, 4: 758-773. doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb00870.x.

Giarrizzo, T., Bastos, D., & Andrade, M. (2011). Technical Contribution: Length-weight relationships for selected fish species of Rio Trombetas Biological reserve: a reference study for the Amazonian basin. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 1422-1424. doi: 10.1111/j.1439-040426.2011.01820x.

Giarrizzo, T., Oliveira, R.R.S., Andrade, M.C., Pedrosa, A.G., Barbosa, T.A.P., Martins, A.R., Marques, D.K., Santos, J.L.B., Frois, R.P.S., Albuquerque, T.P.O., Montag, L.F.A., Camargo, M., & Sousa, L.M. (2015). Technical contribution: Length-weight and length-length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology* 31: 415-424.

Gomes, B.V.C., Scarpelli, R.S., Arantes, F.P., Sato, Y., Bazzoli, N., & Rizzo, E. (2007). Comparative oocyte morphology and early development in three species of Trahiras from São Francisco river basin, Brazil. *Journal of Fish Biology* 70, 1412-1429. doi: 10.1111/j.1095-8649.2007.01420. x.

Gonçalves, T.L., Bazzoli, N., & Brito, M.F.G. (2006). Gametogenesis and reproduction of the matrinxã *Brycon orthotaenia* Gunther, 1864 (Pisces: Characidae) in the São Francisco river, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66: 513-522.

Huxley, J.S. (1924). Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature* 14, 896-897.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA. (2008). *Diagnóstico Ambiental da AHE - Belo Monte - Médio e Baixo Xingu - Ictiofauna e Pesca*. Universidade Federal do Pará / Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, 434p.

Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20, 201-219.

- Lizama, M.A.P., & Ambrósio, A.M. (2002). Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná river, floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **62**, 113-124.
- Lowe-McConnell, R.H. (1987). *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press.
- Lowe-McConnell, R.H. (1999). *Estudos Ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. EDUSP, São Paulo.
- Mazzoni, R., & Caramaschi, E.P. (1995). Size structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of *Hypostomus* Lacépède (Osteichthyes, Loricariidae). *Journal of Fish Biology* **47**: 841-849.
- Mazzoni, R. & Petito, J.T. (1999). Reproductive biology of a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) of the Ubatiba fluvial system, Maricá – RJ. Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **42**: 455–461.
- Mazzoni, R., Caramaschi, E.P., & Fenerich-Verani, N. (2002). Reproductive Biology of a Characidiinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Maricá – RJ. *Brazilian Journal of Biology* **62**: 487-494
- Neuberger, A.L., Marques, E.E., Agostinho, C.S., & Oliveira, R.J. (2007). Reproductive biology of *Rhaphiodon vulpinus* (Ostariophysi: Cynodontidae) in the Tocantins River Basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology* **5**: 479-484. doi: 10.1590/S167962252007000400007.
- Nikolsky, G.V. (1963). *The ecology of fishes*. Nova York, Academic.
- Nikolsky, G.V. (1969). *Theory of fish population dynamics*. Edinburgh, Oliver & Boyd.
- Nunes, D.M.F., Magalhães, A.L.D., Weber, A.A., Gomes, R.Z., Normando, F.T., Santiago, K.B., Rizzo, E., & Bazzoli, N. (2015). Influence of a large dam and importance of an undammed tributary on the reproductive ecology of the threatened fish matrinxã *Brycon orthotaenia* Günther, 1864 (Characiformes: Bryconidae) in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* **13**, 317-324. doi: 10.1590/1982-0224-20140084.
- Núñez, J., & Duponchelle, F. (2009). Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish Physiology and Biochemistry* **35**, 157-180. doi: 10.1007/s10695-008-9241-2.
- Pereira, J.G.M., Lima, M.G., Bellaver, S.M., Schuingues, C.O., & Costa, G.M. (2012). Análise morfológica do estômago de *Boulengerella cuvieri* (TELEOSTEI: CTENOLUCIIDAE). *Revista de Ciências Agro-Ambientais* **10**: 93-98.
- PROGRAMA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESCA AMADORA – PNDA. (2008). Brasília-DF. Guia de recordes. Brasília-DF: Editora Grafica Ltda, 2008.
- Prophet, E.B., Milis, B., Arrington, J.B., & Sobin, L.H. (1995). *Métodos Histotécnicos*. Instituto de Patologia de Las Fuerzas Armadas de Los Estados Unidos de America, Washington (DC).
- Prudente, B.S., Ferreira, M.A.P., Rocha, R.M., & Montag, L.F.A. (2015). Reproductive biology of the piranha *Serrasalmus gouldingi* (Fink and Machado-Allison 1992) (Characiformes: Serrasalmodae) in “drowned” rivers of the Eastern Amazon. *Environmental Biology of Fish* **98**: 11-22. doi: 10.1007/s10641-014-0232-0.

- Ribeiro, V.M.A., Santos, G.B., & Bazzoli, N. (2007). Reproductive biology of *Steindachnerina insculpta* (Fernandez-Yépez) (Teleostei, Curimatidae) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* **24**:71-76.
- Rizzo, E., Sato, Y., Ferreira, R.M.A., Chiarini-Garcia, H., & Bazzoli, N. (1996). Reproduction of *Leporinus reinhardti* Lutken, 1875 (Pisces: Anastomidae) from Três Marias Reservoir, São Francisco River, MG, Brazil. *Ciencia e Cultura* **48**:189-192.
- Santos, R.N., Amadio, S., & Ferreira, E.J.G. (2010). Patterns of energy allocation to reproduction in three Amazonian fish species. *Neotropical Ichthyology* **8**:155-161.
- Schlösser, I.J. (1987). A conceptual framework for fish communities in small warmwater streams. In W.J. Assemblage and evolutionary ecology of North American stream fishes, University of Oklahoma Press, Norman (Matthews & Heins, D.C., eds).
- Souza, U.P., Ferreira, F.C., Braga, F.M., & Winemiller, K.O. (2015). Feeding, body condition and reproductive investment of *Astyanax intermedius* (Characiformes, Characidae) in relation to rainfall and temperature in a Brazilian Atlantic Forest stream. *Ecology of Freshwater* **24**: 123-132.
- Suzuki, H.I., & Agostinho, A.A. (1997). Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. In: Agostinho, A. A. & Gomes, L. C. *Reservatório de Segredo, bases ecológicas para o manejo* Maringá. Eduem. p.163-182.
- Thomé, R.G., Bazzoli, N., Rizzo, E., Santos, G.B., & Ratton, T.F. (2005). Reproductive biology of *Leporinus taeniatus* Lutken (Pisces, Anastomidae) in Juramento Reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* **22**, 565-470.
- Vari, R.P. (1995). The Neotropical Fish Family Ctenoluciidae (Teleostei: Ostariophysii: Characiformes): Supra and Intra-familial Phylogenetic Relationships with a Revisionary Study. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 1-91.
- Vazzoler, A.E.A.M. (1996). *Biologia da reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e prática*. EDUEM: Maringá.
- Wildner, D.D., Grier, H., & Quagio-Grassiotto, I. (2013). Female germ cell renewal during the annual reproductive cycle in Ostariophysian fish. *Theriogenology* **79**, 709-724.
- Winemiller, K.O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* **81**:225-241.
- Winemiller, K.O., Montaña, C.G., Koelke, D.L., Cotner, J.B., Montoya, J.V., Sanchez, L., Castillo, M.M., & Layman, C.A. (2014). Pulsing hydrology determines top-down control of basal resources in a tropical river – floodplain ecosystem. *Ecological Monographs* **84**, 621-635.
- Wootton, R.J. (1984). Strategies and Tactics in fish reproduction. p.1-12. In *Fish reproduction: Strategies and Tactics*. San Diego, Academic press (Potts, G.W., & Wootton, R.J., eds.).
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- Zaret, T.M. (1980). Life-history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predator South American cichlids. *Biotropica* **12**, 144-157.