

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DOS VERTEBRADOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA ATIVIDADE REPRODUTIVA DE
Leporinus piau FOWLER, 1941 (PISCES:ANOSTOMIDAE) EM
AMBIENTES LÊNTICO E LÓTICO DA BACIA DO RIO SÃO
FRANCISCO, MINAS GERAIS.**

**Aluno: Aline Virtude do Nascimento
Orientador: Nilo Bazzoli
Co-Orientador: José Enemir dos Santos**

Belo Horizonte

2018

Aline Virtude do Nascimento

**ANÁLISE COMPARATIVA DA ATIVIDADE REPRODUTIVA DE
Leporinus piau FOWLER, 1941 (PISCES: ANOSTOMIDAE) EM
AMBIENTES LÊNTICO E LÓTICO DA BACIA DO RIO SÃO
FRANCISCO, MINAS GERAIS.**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Biologia de Vertebrados da
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção de título de
mestre em biologia de vertebrados.**

Belo Horizonte

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

N244a Nascimento, Aline Virtude do
Análise comparativa da atividade reprodutiva de *Leporinus piau* Fowler, 1941 (PISCES:ANOSTOMIDAE) em ambientes lântico e lótico da Bacia do Rio São Francisco, Minas Gerais / Aline Virtude do Nascimento. Belo Horizonte, 2018.
30 f. : il.

Orientador: Nilo Bazzoli
Coorientador: José Enemir dos Santos
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados

1. Peixe - Pesquisa - São Francisco, Rio, Bacia. 2. Gônadas - Maturação. 3. Peixe - Reprodução. 4. Características sexuais. 5. Manejo de Espécimes. I. Bazzoli, Nilo. II. Santos, José Enemir dos. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados. IV. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 597

“Análise comparativa da atividade reprodutiva de *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Pisces: Anostomidae) em ambientes lântico e lótico da bacia do rio São Francisco, Minas Gerais”

Aline Virtude do Nascimento

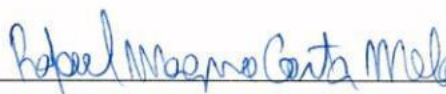
Defesa de Dissertação em 14/12/2018

Resultado: *aprovada*

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Lúscas Marcon (UEMG)



Prof. Dr. Rafael Magno Costa Melo (UFMG)



Prof. Dr. José Enemir dos Santos (Co-orientador PUC Minas)



Prof. Dr. Nilo Bazzoli (Orientador PUC Minas)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, desenvolvida sob orientação do professor Dr. Nilo Bazzoli, co-orientação do professor José Enemir dos Santos e com o apoio das seguintes instituições:

- Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC-MG pela concessão de bolsa institucional;
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG);
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade, aos meus pais e irmã por acreditarem em mim e pela oportunidade da formação, pelo suporte e carinho incondicional, pela atenção, por me apoiarem nas minhas decisões, pela paciência e incentivo, confiança e ensinamentos. Ao meu noivo que mesmo a distância sempre me apoiou e me incentivou com palavras de ânimo.

A minha amiga Janine pelo seu carinho, atenção, cuidado e preocupação, seu companheirismo e ensinamentos, sempre presente e disposta a ajudar. Uma verdadeira amiga com quem posso contar sempre.

Ao Professor Nilo, que sempre esteve presente e disposto a ajudar, dando suporte e sendo sempre atencioso e excelente no que faz, por acreditar no meu potencial, pela oportunidade da realização da iniciação científica, pela confiança, e principalmente pelos ensinamentos! É uma honra trabalhar com você!

Ao Rogério e Clédma pela convivência e disponibilidade em ajudar sempre que precisei, e por compartilhar de seus conhecimentos.

Ao Dr. Lucas Marcon, pela paciência, disponibilidade, empenho, ensinamentos, ajuda e atenção.

Ao Professor Enemir que sempre impulsiona seus alunos a conquistarem coisas melhores e a sua amizade.

Aos membros da banca por aceitarem o convite.

E a todos que contribuíram para a minha formação. Muito obrigado!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis biológicas de fêmeas de <i>L. piau</i> , capturadas em dois trechos da bacia do rio São Francisco.....	18
Tabela 2: Variáveis biológicas de machos de <i>L. piau</i> , capturados em dois trechos da bacia do rio São Francisco.....	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Histologia de ovários.....	20
Figura 2: Histologia de testículos.....	21
Figura 3: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de <i>Leporinus piau</i> no trecho 1.....	22
Figura 4: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de <i>Leporinus piau</i> no trecho 2.....	23

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	05
ABSTRACT.....	06
INTRODUÇÃO GERAL.....	08
1.Características biológicas do <i>Leporinus piau</i>	08
2. Parâmetros reprodutivos.....	09
OBJETIVOS.....	11
Objetivo Geral.....	11
Objetivos Específicos.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução geral).....	11
ARTIGO A SER SUBMETIDO.....	14
RESUMO.....	14
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS.....	16
DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

RESUMO

O presente trabalho comparou a atividade reprodutiva de *Leporinus piau* em ambientes lântico e lótico da bacia do rio São Francisco, Minas Gerais. Capturaram-se 573 exemplares de *L. piau* em dois trechos da bacia do rio São Francisco, Trecho 1 = represa de Três Marias (RTM) (18°23'27"S, 45°13'12"W), Trecho 2 = a jusante da RTM, na confluência do rio São Francisco (RSF) com o rio Abaeté (18°00'49"S, 45°10'51"W) bimestralmente, durante o período de maio de 2015 a abril de 2016. Foram coletados 364 exemplares no trecho 1, 142 machos e 222 fêmeas e 209 no trecho 2, 104 machos e 105 fêmeas. Obtiveram-se de cada exemplar, os seguintes dados biométricos: comprimento total (CT), peso corporal (PC) e peso das gônadas (PG), índice gonadossomático (IGS), fator de condição de Fulton (K), estádios de maturação gonadal, diâmetro dos folículos vitelogênicos, tamanho da primeira maturação gonadal e fecundidades absoluta (FA) e relativa (FR). No trecho 1, houve predominância de fêmeas e no trecho 2, fêmeas e machos apresentaram valores de CT e PC estatisticamente menores em relação aos exemplares capturados no trecho 1. O CT e o PC das fêmeas foram estatisticamente maiores que aos valores de machos dos dois trechos amostrados. Estabeleceram-se os seguintes estádios de maturação gonadal (EMG) para machos e fêmeas: 1 = repouso, 2 = maturação/maduro e 3 = espermiado para machos e desovado para fêmeas. Foram registrados machos e fêmeas em todos os estádios de maturação gonadal nos dois trechos. No trecho 1, o menor macho capturado no EMG 2 foi de 17,3 cm e no trecho 2 foi de 19,8 cm de CT. Para fêmeas, o menor exemplar capturado no EMG 2 no trecho 1 foi de 18,9 cm e no trecho 2 foi de 22,6 cm de CT, valores estimados para o tamanho de primeira maturação gonadal. Para fêmeas no estágio em maturação/maduro o IGS médio foi de $12,5 \pm 4,4$ no trecho 1, e $10,7 \pm 2,8$ no trecho 2 com diferenças estatísticas. Para machos no estágio em maturação/maduro, o IGS médio foi de $3,1 \pm 1,5$ no trecho 1, e $3,0 \pm 1,9$ no trecho 2 não apresentando diferença significativa. Machos espermiados e fêmeas desovadas ocorreram nos dois trechos em praticamente todos os bimestres. Os valores médios dos diâmetros dos folículos vitelogênicos foram maiores no trecho 2 com diferenças estatísticas em relação àqueles das fêmeas capturadas no trecho 1. A fecundidade absoluta (FA) e a fecundidade relativa com CT e PG não apresentaram valores significativos estatisticamente ($p < 0,05$) entre os trechos. Os resultados do presente

estudo mostraram que: na bacia do rio São Francisco, *L. piau* reproduz-se nos dois trechos analisados, fêmeas e machos têm menor CT e PC no trecho 2; ocorre dimorfismo sexual na espécie com as fêmeas maiores que os machos; os machos atingem o tamanho de primeira maturação gonadal com menor tamanho do que as fêmeas; o pico de desova nos dois trechos ocorreu no período de novembro a fevereiro coincidindo com época de altos valores de temperatura, fotoperíodo e precipitação pluviométrica na região, e nos dois trechos a espécie apresentou algumas características típicas de peixes de desova total e outras de peixes de desova parcelada ou múltipla.

Palavras chave: índice gonadosomático, maturação gonadal, fecundidade e dimorfismo sexual.

ABSTRACT

The present work compared the reproductive activity of *Leporinus piau* in lentic and lotic environments of the São Francisco river Basin, Minas Gerais. A total of 573 specimens of *L. piau* in two sections of the São Francisco river Basin were collected bimonthly, Section 1 = Tres Marias dam (TMD) (18°23'27 "S, 45°13'12" W), Section 2 = downstream of the TMD, at the confluence of the São Francisco River (SFR) with the Abaeté River (18°00'49 "S, 45°10'51" W), during the period from May 2015 to April 2016. A total of 364 specimens were collected in section 1, 142 males and 222 females and 209 females in section 2, 104 males and 105 females. The following biometric data were obtained: total length (TL), body weight (BW) and weight of gonads (WG), gonadosomatic index (GSI), stages of gonadal maturation (SGM), diameter of vitellogenic follicles, size of the first gonadal maturation and absolute (AF) and relative (RF) fecundities. In section 1, there was a predominance of females and in the section 2, females and males presented statistically lower values of TL and BW in relation to the fishes collected in the section 1. The TL and BW of the females were statistically larger than the values of males of the two sampled sections. The following SGM were established for males and females: 1 = resting, 2 = maturation / mature and 3 = spent for males and spawned for females. Males and females were recorded in all SGM in both sections. In section 1, the lowest male collected in SGM 2 was 17.3 cm and in the section 2 it was 19.8 cm in TL. For females, the smallest fishes collected in SGM 2 in section 1 was 18.9 cm and in section 2 it was 22.6 cm in TL, values estimated for size of first gonadal maturation. For females at maturity / mature stage the mean GSI was 12.5 ± 4.4 in section 1, and 10.7 ± 2.8 in section 2 with statistical differences. For males

at maturity / mature stage, the mean GSI was 3.1 ± 1.5 in section 1, and 3.0 ± 1.9 in stage 2, showing no significant difference. Sperm-males and spawned males occurred in both section in almost every two-month period. The mean values of the diameters of vitellogenic follicles were higher in section 2 with statistical differences in relation to those of the females caught in section 1. Absolute fecundity and relative fecundity with TL and BW did not present statistically significant values ($P < 0, 05$) between the sections. The results of the present study showed that: in the São Francisco river Basin, *L. piau* reproduces in the two analyzed sections, females and males have lower TL and BW in section 2; sexual dimorphism occurs in the species with females larger than males; males reach the size of first gonadal maturation with smaller size than females; the spawning peak occurred in the period from November to February, coinciding with high temperatures, photoperiod and rainfall in the region. In both areas the species presented some typical characteristics of total spawning fish and others of spawned or multiple spawning fish .

Key words: Lentic, lotic, gonadosomatic index, gonadal maturation, fecundity and sexual dimorphism.

INTRODUÇÃO GERAL

1- Características biológicas de *Leporinus piau*

Leporinus piau (Fowler, 1941) pertence à ordem Characiformes e família Anostomidae, a qual está amplamente distribuída em todas as bacias hidrográficas brasileiras. Essa família compreende um grupo de peixes popularmente conhecidos como piaus e o *L. piau* é conhecido na região de Três Marias como piau-gordura, ocorrendo em todas as regiões da bacia do rio São Francisco (Britski et.al. 1988; Nascimento et.al. 2011).

Os piaus compreendem cerca de 10 gêneros, na bacia do rio São Francisco 8 espécies foram catalogadas em 3 gêneros, *Leporellus* do qual a única espécie é *Leporellus vittatus* (Valenciennes, 1849), gênero *Leporinus* dos quais são *Leporinus melanopleura* (Günther, 1864), *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1849), *Leporinus piau* (Fowler, 1941), *Leporinus reinhardti* (Lütken, 1874) e *Leporinus taeniatus* (Lütken, 1874) e o gênero *Schizodon* do qual apenas uma espécie é presente *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Britski et.al. 1988; Santos & Barbieri, 1993)



O piau-gordura possui interesse para a pesca esportiva e comercial, é um peixe de porte médio e grande importância na cadeia trófica, constituindo recurso alimentar para

peixes piscívoros. Por apresentar hábito alimentar onívoro e, em condições de cativeiro, a espécie aceita bem ração peletizada e extrusada, apresentando boas condições para ser utilizada na piscicultura (Gomes & Verani, 2003).

2- Parâmetros reprodutivos

Estabelecer os parâmetros reprodutivos de uma espécie é importante para determinar a época de reprodução e o tipo de desova, também verificar as estratégias que a mesma pode utilizar no ambiente em que vive (Vazzoler, 1996). As estratégias visam reduzir os custos energéticos com a manutenção do indivíduo, aumentam a eficiência na obtenção de energia e assim maximizam a eficiência reprodutiva (Agostinho & Júlio Júnior, 1999). Os teleósteos apresentam desova sob controle de vários fatores endógenos e exógenos que sinalizam a ocorrência de condições ambientais favoráveis para a sua efetivação, ou maximizam a sobrevivência larval, quando há maior disponibilidade de alimento minimizando os riscos de predação sobre a prole (Lowe-McConnell, 1999).

De modo geral, em ambientes tropicais, a desova total é observada em espécies de grande porte e que realizam migrações. Por outro lado, a desova parcelada representa mecanismo através do qual determinadas espécies aumentam o número de ovócitos produzidos ao longo do ciclo reprodutivo. Peixes de desova múltipla ou parcelada possuem longo período reprodutivo, enquanto aqueles de desova total ou única apresentam um curto período reprodutivo (Bazzoli, 2003). O conhecimento sobre o período de desova e o tamanho mínimo de captura, são importantes ferramentas para a normatização da pesca, por meio da suspensão da pesca durante o período de desova e proibição da captura de indivíduos imaturos em locais onde ocorrem sobrepesca e depleção dos estoques pesqueiros (Noble & Jones, 1993).

O dimorfismo sexual ocorre em várias espécies de peixes e uma das categorias mais comuns de dimorfismo sexual é a variação do tamanho corporal entre machos e fêmeas, onde fêmeas podem ser maiores que os machos ou vice versa (McMillan, 1999).

Os folículos ovarianos são classificados em vários estádios de desenvolvimento, que se baseiam em mudanças que ocorrem no citoplasma, no núcleo e nas camadas envoltórias (Bazzoli & Rizzo, 1990). O desenvolvimento folicular pode ser dividido em três estádios: crescimento primário, crescimento secundário e maturação final ovocitária (Tyler & Sumpter, 1996; Thomé et al. 2012). No crescimento primário incluem a fase perinucleolar e a formação dos alvéolos corticais. A vitelogênese ocorre durante o crescimento secundário, caracterizado pela síntese de vitelogenina no fígado, a qual é transportada por via sanguínea e, por micropinocitose seletiva é incorporada aos ovócitos para formar os folículos vitelogênicos

(Patiño & Sullivan, 2002). Os folículos vitelogênicos, na maioria dos peixes teleósteos, apresentam glóbulos de vitelo esféricos e acidófilos, alvéolos corticais no ooplasma periférico, núcleo central ou excêntrico, zona pelúcida evidente e células foliculares de alturas variadas dependendo da espécie (Bazzoli & Rizzo, 1990).

A fecundidade é um parâmetro importante utilizado para determinar o potencial reprodutivo de uma espécie (Normando et. al., 2009). Consiste no número de ovócitos maduros existentes nos ovários antes do início do período reprodutivo, o que permite quantificar o potencial reprodutivo de uma espécie seja em nível individual ou em nível de população (Melo et. al., 2011). A fecundidade depende do tamanho do peixe, diâmetro do ovócito vitelogênico e tipo de desova. Ovócitos pequenos, normalmente indicam fecundidade alta, para compensar a baixa taxa de sobrevivência das larvas que eclodem dos mesmos. Fêmeas com ovócitos maiores, podem indicar baixa fecundidade e produção de larvas com maiores chances de sobrevivência (Melo et. al., 2011). Valores de fecundidade apresentam grande importância para o manejo e conservação das espécies de peixes (Normando et. al., 2009). Há dois tipos de fecundidade: fecundidade total e relativa. A fecundidade total se dá pelo número de ovócitos liberados por uma fêmea de uma dada espécie durante o período reprodutivo. A fecundidade relativa se dá pela razão entre o número de ovócitos e o comprimento total, peso corporal ou peso gonadal (Arantes et. al., 2013).

O índice gonadosomático é um indicador da atividade reprodutiva dos peixes, podendo ser utilizado na determinação dos estádios de maturação gonadal pois a maturação das células germinativas ocorre simultaneamente com o aumento do peso das gônadas (Bazzoli, 2003). Os valores crescentes de IGS estão associados à maturação e os decrescentes à eliminação ou reabsorção de gametas (Agostinho et. al., 1990).

O fator de condição de Fulton (K) é um importante indicador do estado fisiológico dos peixes podendo também ser utilizado para avaliar o bem-estar durante a maturação gonadal dos indivíduos (Froese, 2006).

A atresia folicular é um fenômeno degenerativo que culmina na reabsorção dos ovócitos antes ou depois da desova podendo levar à regressão ovariana (Santos et al., 2008; Thomé et al., 2009). A atresia pode afetar os ovócitos em qualquer fase de desenvolvimento gonadal, mas é mais freqüente na fase pós-ovulatória, onde os ovócitos vitelogênicos residuais são reabsorvidos (Lockshin & Zakeri, 2004; Santos et al., 2008). A atresia folicular pode ser induzida por fatores endógenos e exógenos, incluindo estresse, jejum, confinamento, luz, hipóxia, temperaturas extremas e níveis hormonais inadequados,

que reduzem a capacidade reprodutiva dos peixes ou tornam inviável a desova (Arantes et al., 2010).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Analisar comparativamente a atividade reprodutiva do *Leporinus piau* em dois trechos da bacia do rio São Francisco: trecho 1 ambiente lântico, represa de Três Marias e trecho 2 ambiente lótico, rio São Francisco na confluência com o rio Abaeté.

Objetivos específicos

- Comparar comprimento total e peso corporal de machos e fêmeas nos dois trechos;
- Determinar os estádios de maturação gonadal, período reprodutivo e tipo de desova;
- Calcular as fecundidades absoluta e relativa nos dois trechos de amostragem;
- Estimar o diâmetro ovocitário, índice gônado-somático (IGS), fator de condição de Fulton (K), de fêmeas em maturação nos dois trechos de amostragem;
- Correlacionar fecundidades com as variáveis: comprimento total e peso gonadal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A.A., Barbieri, G.J.R., Verani & Hahn, N.S. 1990. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Paracatu, PR. *Ciência & Cultura*, 42: 711-714.

Agostinho, A.A. & Júlio Jr, H.F. 1999. Peixe da bacia do alto rio Paraná, p. 374-400. In Lowe-McConnell. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Edusp, p. 534.

Arantes, F.P., Santos, H.B., Rizzo, E., Sato, Y. & Bazzoli, N. 2010. Profiles of sex steroids, fecundity, and spawning of the curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, Southeastern Brazil. *Animal Reproduction Science*, 118: 330-336.

Arantes, F.P., Sato, Y., Sampaio, E.V., Rizzo, E., Bazzoli, N. 2013. Spawning induction and fecundity of commercial native fish species from the São Francisco River basin, Brazil, under hatchery conditions. *Agricultural Sciences*, 4: 382-388.

Bazzoli, N. & Rizzo, E. 1990. A comparative cytological and cytochemical study of the oogenesis in ten Brazilian teleosts fish species. *European Archives of Biology*, 101: 399-410.

- Bazzoli, N. 2003. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: Godinho, H.P & Godinho A.L. (Eds.). Águas, peixes e pesca no rio São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, Edipuc Minas, p. 291-306
- Britski, H.A., Sato, Y & Rosa, A.B.S. 1988. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para peixes da bacia do São Francisco. 3. Ed. Brasília, Câmara dos Deputados, p. 143.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241–253.
- Gomes, J.H.C., Verani, J.R. 2003. Alimentação de espécies de peixes do reservatório de Três Marias. In: Godinho, H.P., Godinho, A.L. (Org.). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PucMinas, p. 195-227.
- Lockshin, A.D & Zakeri, Z. 2004. When cells die. II. A comprehensive evaluation of apoptosis and programmed cell death. Wiley-Liss, New York, p. 504.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, Brasil, Edusp, p. 535.
- McMillan, P.J. 1999. New grenadier fishes of the genus *Coryphaenoides* (Pisces; Macrouridae), one from off New Zealand and one widespread in the southern Indo West pacific and Atlantic Oceans. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 33: 481-489.
- Melo, R.M.C., Ferreira, C.M., Luz, R.K., Sato, Y., Rizzo, E., Bazzoli, N. 2011. Comparative oocyte morphology and fecundity of five characid species from São Francisco River basin, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 1332-1336
- Nascimento, W.S., Araújo, A.S., Gurgel, L.L., Yamamoto, M.E., Chellappa, N.T., Rosa, R.S., Chellappa, S. 2011. Endemic fish communities and environmental variables of the Piranhas-Assu hydrographic basin in the Brazilian Caatinga Ecoregion. *Animal Biology Journal*, 2: 97-112.
- Noble, R.L. & Jones, T.W. 1993. Managing fisheries with regulation. In: Kolher, C.C. & Hubert W.A. (Eds). *Inland fishieris manangement in North America*. Bethesda: Maryland, American Fisheris Society, p. 594.
- Normando, F.T., Arantes, F.P., Luz, R.K., Thomé, R.G., Rizzo, E., Sato, Y. & Bazzoli, N. 2009. Reproduction and fecundity of tucunaré, *Cichla kelberi* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in Três Marias Reservoir, Southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 299–305.
- Patiño, R. & Sullivan, C.V. 2002. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 26: 57-70.
- Santos, G.B., Barbieri, G. 1993. Idade e crescimento de *Leporinus piau* Fowler, 1941 (Characiformes, Anostomidae) pelo método do anel etário. *Revista Brasileira de Biologia*. 53: 649-658.

Santos, H.B., Thomé, R.G., Arantes, F.P., Sato, Y., Bazzoli, N. & Rizzo, E. 2008. Ovarian follicular atresia is mediated by heterophagy, autophagy, and apoptosis in *Prochilodus argenteus* and *Leporinus taeniatus* (Teleostei: Characiformes). *Theriogenology*, 70: 1449-1460.

Thomé, R.G., Santos, H.B., Arantes, F.P., Domingos, F.F.T., Bazzoli, N. & Rizzo, E. 2009. Dual roles for autophagy during follicular atresia in fish ovary. *Autophagy*, 5: 117-120.

Thomé, R.G., Domingos, F.F.T., Santos, H.B., Martinelli, P. M., Sato, Y., Rizzo, E. & Bazzoli, N. 2012. Apoptosis, cell proliferation and vitellogenesis during the folliculogenesis and follicular growth in teleost fish. *Tissue and Cell*, 44: 54-62.

Tyler, C.R. & Sumpter, J.P. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6: 287-318.

Vazzoler, A.E.A. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem, São Paulo, Sbi, p. 169.

Artigo a ser submetido:

Análise comparativa da atividade reprodutiva de *Leporinus piau* fowler, 1941 (Pisces: Anostomidae) em ambientes lântico e lótico da bacia do rio São Francisco, Minas Gerais.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estabelecer as possíveis diferenças nos principais parâmetros reprodutivos do piau-gordura, *Leporinus piau*, em dois trechos, ambientes lântico e lótico, da bacia do rio São Francisco. Foram capturados bimestralmente 573 exemplares no período de maio de 2015 a abril de 2016 em dois trechos da bacia do rio São Francisco: trecho 1, ambiente lântico = represa de Três Marias (RTM), trecho 2, ambiente lótico = a jusante da RTM, na confluência do rio São Francisco (RSF) com o rio Abaeté. Os resultados do presente estudo mostraram que: na bacia do rio São Francisco, *L. piau* reproduz-se nos dois trechos analisados, fêmeas e machos têm menor comprimento total e peso corporal no trecho 2; ocorre dimorfismo sexual na espécie com as fêmeas maiores que os machos; os machos atingem o tamanho de primeira maturação gonadal com menor tamanho do que as fêmeas; o pico de desova nos dois trechos ocorreu no período de novembro a fevereiro coincidindo com época de altos valores de temperatura, fotoperíodo e precipitação pluviométrica na região. Nos dois trechos a espécie apresentou algumas características típicas de peixes de desova total e outras de peixes de desova parcelada ou múltipla.

Palavras chave: índice gonadossomático, maturação gonadal, fecundidade e dimorfismo sexual.

INTRODUÇÃO

O rio São Francisco é uma importante fonte de pescado do Brasil, mas os peixes vem diminuindo drasticamente nas últimas décadas, devido a construções de barragens hidrelétricas, redução das áreas de mata ciliar, poluição industrial e doméstica, sobre pesca e destruição das lagoas marginais (Sato & Sampaio, 2005).

O reservatório de Três Marias, localizado no rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil construído em 1960, possui 2.700 metros de extensão e altura máxima de 75 metros. Ele foi construído com o objetivo de geração de energia elétrica, controle de cheias e irrigação (Britski et al., 1988). A mudança do ambiente lótico, ou seja, de águas correntes para ambiente lêntico, ou seja, de águas paradas ou de pouca correnteza, altera a dinâmica da água, a qualidade do habitat, o processo de produção primária e a estrutura e composição da ictiofauna (Agostinho et al., 2007). O reservatório de Três Marias apresenta estratificação térmica no verão, ou seja, a temperatura da água é mais fria na parte mais profunda, e é essa água proveniente do hipolimínio que é liberada pela usina hidrelétrica (Sato et al., 2005).

Na bacia do rio São Francisco ocorrem três gêneros de peixes da família Anostomidae: *Leporellus*, *Leporinus* e *Schizodon* e o piau-gordura *Leporinus piau* é um peixe de porte médio e de interesse na pesca comercial e esportiva na região de Três Marias (Garavello & Britski, 2003).

Para avaliar como a espécie obtém recursos do habitat, parâmetros biométricos como peso e comprimento e os índices gonadosomático (IGS) e fator de condição (K) são importantes para determinar a condição fisiológica dos peixes por meio da acumulação de gordura, bem-estar geral, desenvolvimento gonadal e adaptação ao ambiente (Nikolski, 1963; Ratton, 2003; Froese, 2006).

A reprodução é uma das características mais importantes da biologia de peixes e seu sucesso depende do potencial reprodutivo. A fecundidade é um parâmetro que pode fornecer informações sobre a conservação das espécies e a manutenção de populações naturais viáveis (Normando et al., 2009; Melo et al., 2011). Além disso, para melhor compreensão das estratégias reprodutivas das espécies, são indicadas análises dos parâmetros histológicos e histométricos tais como diâmetro do folículo vitelogênico, espessura da zona radiata ou pelúcida e altura das células foliculares Suzuki et al., 2000, Kolm & Ahnesjö, 2005; Marcon et al., 2015). Após a desova, os folículos não ovulados entram em um processo degenerativo denominado atresia folicular que culmina com a reabsorção dos folículos levando à regressão ovariana (Santos et al., 2008; Thomé et al., 2005; Arantes et al., 2010).

Considerando-se que não existem estudos comparando a atividade reprodutiva de *L. piau* em ambientes lênticos e lóticos, o objetivo do presente trabalho é analisar e comparar a atividade reprodutiva da espécie em dois trechos distintos da bacia do rio São Francisco: represa de Três Marias, ambiente lêntico e rio São Francisco, ambiente lótico.

MATERIAL E MÉTODOS

Capturaram-se 573 exemplares de *L. piau* em dois trechos da bacia do rio São Francisco, Trecho 1 = represa de Três Marias (RTM) (18°23'27"S, 45°13'12"W), Trecho 2 = a jusante da RTM, na confluência do rio São Francisco (RSF) com o rio Abaeté (18°00'49"S, 45°10'51"W) bimestralmente, durante o período de maio de 2015 a abril de 2016.

Os peixes foram capturados utilizando-se redes de emalhar com tamanhos de malhas variados. Foram coletados 364 exemplares no trecho 1 sendo 142 machos e 222 fêmeas e 209 no trecho 2 sendo 104 machos e 105 fêmeas. Os peixes quando vivos foram eutanasiados por secção transversal da medula cervical seguindo os princípios éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA PUC Minas protocolo nº 021/2015). Após dissecação, obtiveram-se de cada exemplar, os seguintes dados biométricos: comprimento total (CT), peso corporal (PC) e peso das gônadas (PG), os quais foram utilizados para calcular o índice gonadosomático ($IGS = PG/PC \times 100$) e fator de condição de Fulton ($K = PC \times 100/CT^3$).

Para determinar histologicamente os estádios de maturação gonadal, fragmentos de ovários e testículos foram fixados em líquido de Bouin durante 24 horas, embebidos em parafina, seccionados com 5 µm de espessura e corados com hematoxilina-eosina (HE). Para determinar em lâminas histológicas o diâmetro dos folículos vitelogênicos (DF) foram mensurados 50 folículos vitelogênicos de fêmeas adultas de cada trecho, utilizando-se o software Olympus Cell, em microscópio Olympus-BX50 acoplado a câmera Olympus SC30.

Para estabelecer o tamanho de primeira maturação gonadal foi considerado o menor peixe de cada sexo e de cada trecho no estádio em maturação/maduro.

Para determinar a fecundidade, sub-amostras de ovários maduros foram mantidas em solução de Gilson modificada até a completa dissociação dos ovócitos. Os ovócitos vitelogênicos dissociados foram separados e contados sob microscópio estereoscópico e extrapolou-se o número obtido na sub-amostra para o peso total dos ovários através de regra de três simples. A fecundidade absoluta (FA) foi calculada utilizando a equação: $FA = OVA \times PG$, onde OVA é o número de ovócitos por grama de ovário. A fecundidade relativa (RF) foi calculada utilizando as equações: $FR = FA/CT$ e FA/PG .

Após o teste de distribuição normal, os dados de CT, PC, IGS, K, DF, FA, FR/CT e FR/PG nos dois trechos foram avaliados pelo teste T de Student através do Software Statistica 7.0, teste T ($p < 0,05$).

RESULTADOS

No trecho 1, houve predominância de fêmeas e no trecho 2 o número de machos e fêmeas foram praticamente iguais (Tabelas 1 e 2). No trecho 2, fêmeas e machos de *L. piau* apresentaram valores de comprimento total (CT) e peso corporal (PC) estatisticamente menores em relação aos exemplares capturados no trecho 1. O comprimento total e o peso corporal das fêmeas foram maiores quando comparados aos valores encontrados para os machos dos dois trechos amostrados (Tabelas 1 e 2).

No presente estudo, estabeleceram-se os seguintes estádios de maturação gonadal (EMG) para machos e fêmeas: 1 = repouso, 2 = maturação/maduro e 3 = espermiado para machos e desovado para fêmeas. Foram registrados machos e fêmeas em todos os estádios de maturação gonadal nos dois trechos de coleta (Figuras 1 e 2).

No trecho 1, o menor macho capturado reproduzindo no EMG 2 foi de 17,3 cm e no trecho 2 foi de 19,8 cm de CT. Para fêmeas, o menor exemplar capturado no EMG 2 no trecho 1 foi de 18,9 cm e no trecho 2 foi de 22,6 cm de CT, valores estimados para o tamanho de primeira maturação gonadal.

Para fêmeas no estágio em maturação/maduro o IGS médio foi de $12,5 \pm 4,4$ no trecho 1, e $10,7 \pm 2,8$ no trecho 2, com diferenças significativas. Para machos no estágio em maturação/maduro, o IGS médio foi de $3,1 \pm 1,5$ no trecho 1, e $3,0 \pm 1,9$ no trecho 2, não apresentando diferença significativa (Tabelas 1 e 2).

Machos espermiados e fêmeas desovadas ocorreram nos dois trechos em praticamente todos os bimestres (Figuras 3 e 4). No trecho 1, foram coletados peixes em atividade reprodutiva, isto é nos estádios 2 e 3, em todos os bimestres no trecho 2, a jusante da barragem, somente não foram capturadas fêmeas em atividade reprodutiva no bimestre julho/agosto. As lâminas histológicas de ovários de fêmeas desovadas dos dois trechos mostraram folículos pós-ovulatórios ao lado de folículos em todas as fases de desenvolvimento (Figura 1,D).

Os valores médios dos diâmetros dos folículos vitelogênicos foram maiores no trecho 2 com diferenças estatísticas em relação àqueles das fêmeas capturadas no trecho 1 (Tabela 1).

A fecundidade absoluta (FA) e a fecundidade relativa com CT e PG não apresentaram valores significativos ($p < 0,05$) entre os trechos (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis biológicas de fêmeas de *L. piau*, capturadas em dois trechos da bacia do rio São Francisco (RSF) no período de maio de 2015 a abril de 2016: trecho 1: represa de Três Marias, trecho 2: RSF a jusante da represa de Três Marias na confluência do rio São Francisco com o rio Abaeté. N=número de peixes capturados; CT=comprimento total; PC=peso corporal; IGS=índice de gonadossomático no estágio em maturação/maduro; K=fator de condição de Fulton; DF=diâmetro do folículo vitelogênico; FA=fecundidade absoluta; FR/CT=fecundidade relativa por comprimento total; FR/PG=fecundidade relativa por peso gonadal.

	Trecho 1 (N= 222)		Trecho 2 (N= 105)	
	Média ± DP	Amplitude	Média ±DP	Amplitude
CT	23,1 ± 3,1 ^A	14,5 – 30,4	21,6 ± 3,3 ^B	14,8 – 29,5
PC	225,5 ± 95,6 ^A	35,6 – 495,0	179,0 ± 89,3 ^B	22,5 – 429,0
IGS	12,5 ± 4,4 ^A	3,0 – 14,2	10,7 ± 2,8 ^B	2,0 – 14,1
K	1,6 ± 0,3 ^A	0,9 – 2,4	1,6 ± 0,3 ^A	0,2 – 2,3
DF	676,8 ± 73,2 ^A	486,5 – 829,2	748,2 ± 62,7 ^B	604,2 – 865,0
FA	41.894 ± 26,215 ^A	21.360 – 78.056	43.235 ± 37.116 ^A	14.710 – 85.200
FR/CT	1.567 ± 855 ^A	895 – 2.691	1.617 ± 1,228 ^A	621 – 2.989
FR/PG	1.436 ± 755 ^A	571 – 2.328	1.961 ± 354 ^A	1.704 – 2.365

Dados expressos como média ± desvio-padrão (DP); letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre os trechos de amostragem ($p < 0,05$).

Tabela 2: Variáveis biológicas de machos de *L.piau*, capturados em dois trechos da bacia do rio São Francisco (RSF) no período de maio de 2015 a abril de 2016: trecho 1: represa de Três Marias, trecho 2: RSF a jusante da represa de Três Marias na confluência do rio São Francisco com o rio Abaeté. N=número de peixes capturados; CT=comprimento total; PC=peso corporal; IGS=índice de gonadossomático no estágio em maturação/maduro; K=fator de condição de Fulton.

	Trecho 1 (N= 142)		Trecho 2 (N= 104)	
	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude
CT	22,0 ± 3,0 ^A	14,3 – 28,4	18,9 ± 3,2 ^B	11,5 – 24,5
PC	178,6 ± 126,1 ^A	39,0 – 2080,0	119,4 ± 64,3 ^B	20,5 – 265,0
IGS	3,1 ± 1,5 ^A	1,18 – 7,93	3,0 ± 1,8 ^A	1,1 – 6,1
K	1,67 ± 0,9 ^A	0,5 – 17,0	1,56 ± 0,2 ^A	1,1 – 2,1

Dados expressos como média ± desvio-padrão (DP); letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre os trechos de amostragem ($p < 0,05$).

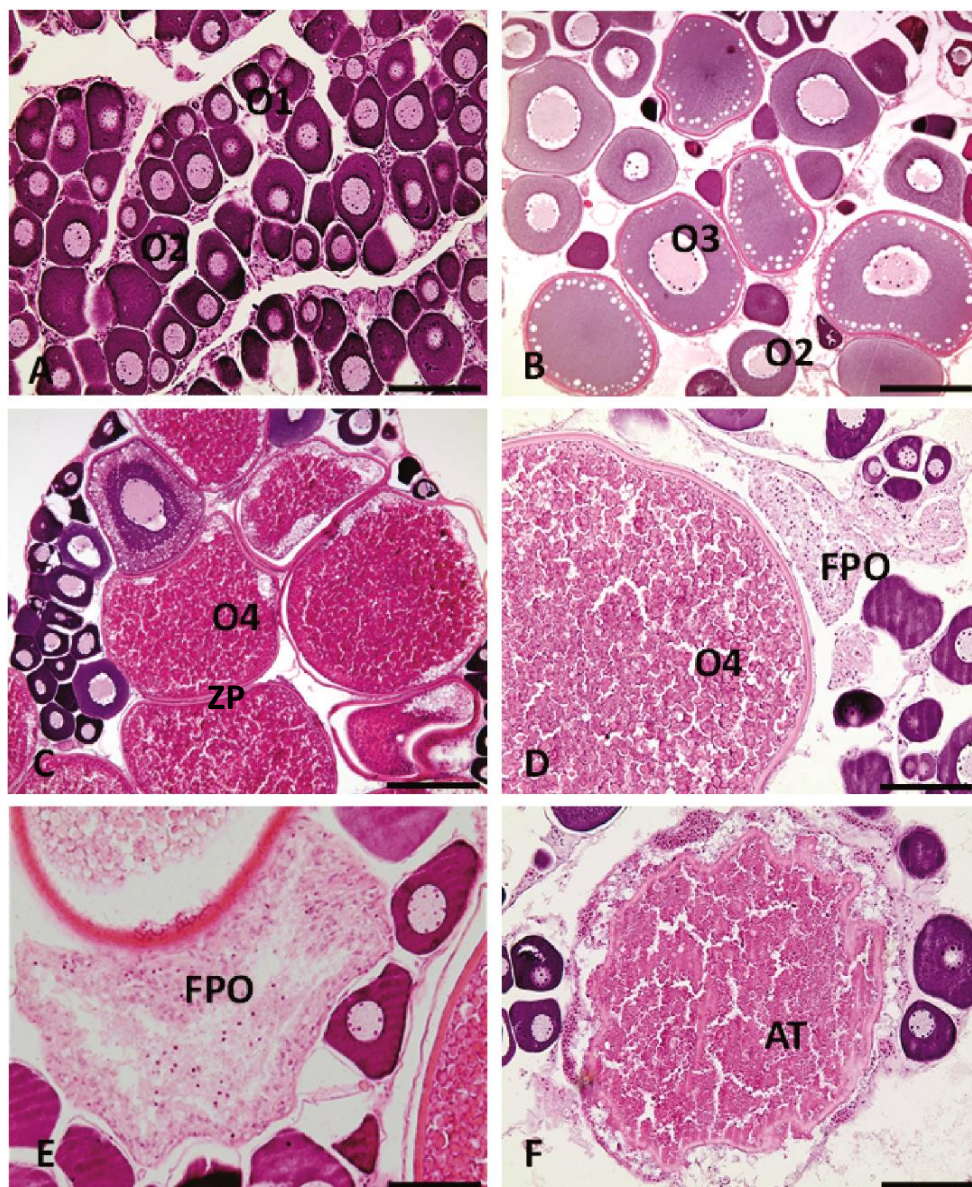


Figura 1: Secções transversais de ovários do *L. piau* corados por HE. **A)** Ovário em repouso (F1) com ovócitos perinucleolar inicial **O1** contendo citoplasma basófilo e núcleo com vários nucléolos e ovócito perinucleolares avançados **O2** contendo citoplasma e núcleo finamente granulares basofílicos com nucléolos próximos ao envoltório nuclear; **B)** Início da maturação com o surgimento de folículos prévitelogênicos com característicos alvéolos corticais **O3**; **C)** Ovário em maturação avançada/maduro (F2) com ovócito vitelogênicos **O4** com citoplasma preenchido por glóbulos de vitelo, alvéolos corticais no ooplasma periférico e zona pelúcida (**ZP**) delgada e células foliculares pavimentosas; **D)** Ovário desovado (F3) com folículo pós-ovulatórios (**FPO**) ao lado de folículos em todas as fases de desenvolvimento; **E)** detalhe de folículo pós-ovulatórios; **F)** Detalhe de folículo atrésico (**AT**). Barras: A e B (200µm); C (300µm); D e F (150µm); E (50µm).

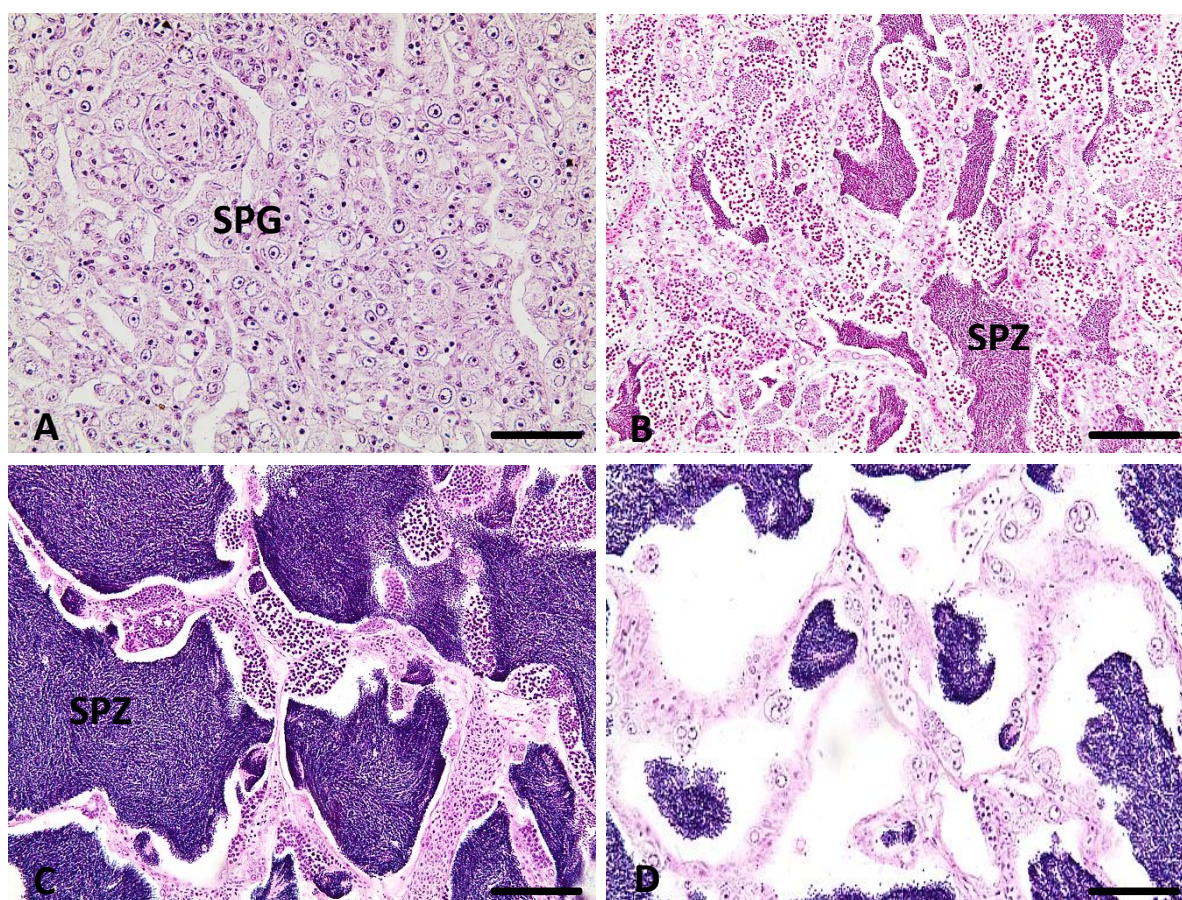
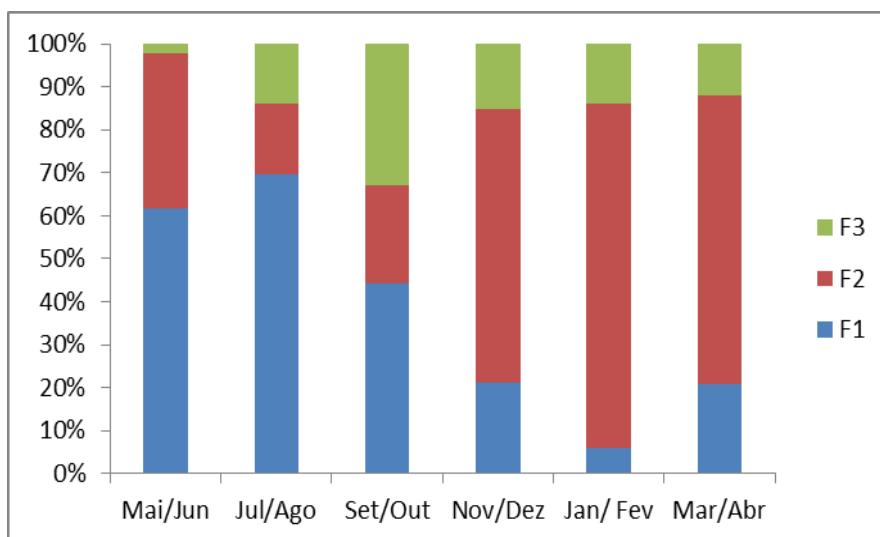


Figura 2: Secções histológicas de testículos de *L. piau* em diferentes estádios de maturação gonadal corados por HE. A) em repouso, contendo somente espermatogônias (**SPG**) e lume dos túbulos seminíferos fechados; B) início da maturação com pequena quantidade de espermatozoides (**SPZ**) no lume dos túbulos seminíferos; C) maturação/maduro, com túbulos seminíferos repletos de espermatozoides (**SPZ**); D) espermiado, com lume dos túbulos seminíferos abertos e uma quantidade apreciável de espermatozoides. Barras: A e D (40 μ m); B e C (200 μ m).

Fêmeas do trecho 1 / N=222



Machos trecho 1 / N=142

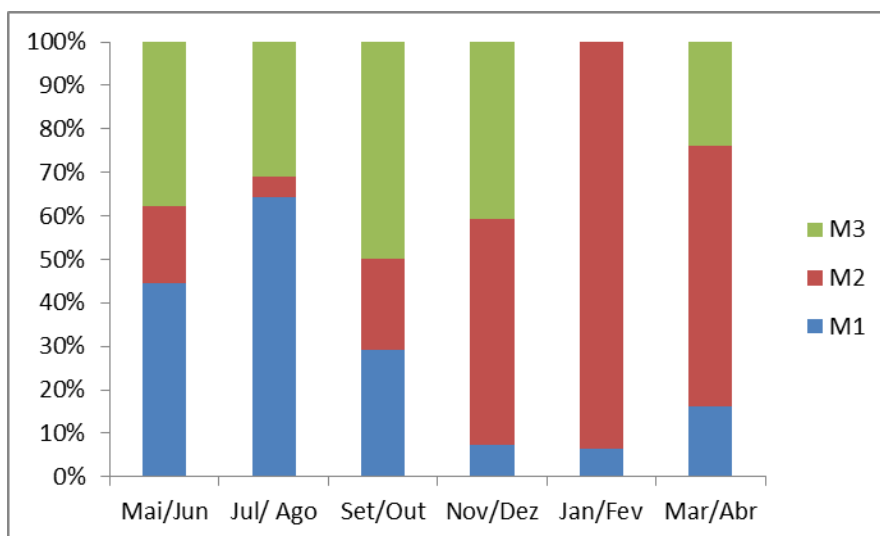
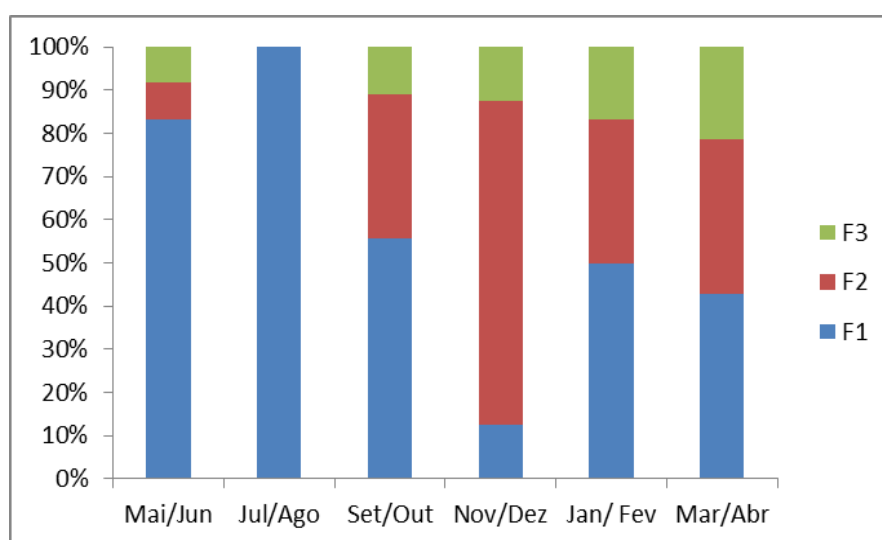


Figura 3: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de fêmeas e machos de *Leporinus piau* no trecho 1 represa de Três Marias, no período de maio de 2015 a abril de 2016.

Fêmeas do trecho 2/ N=105



Machos do trecho 2/ N=104

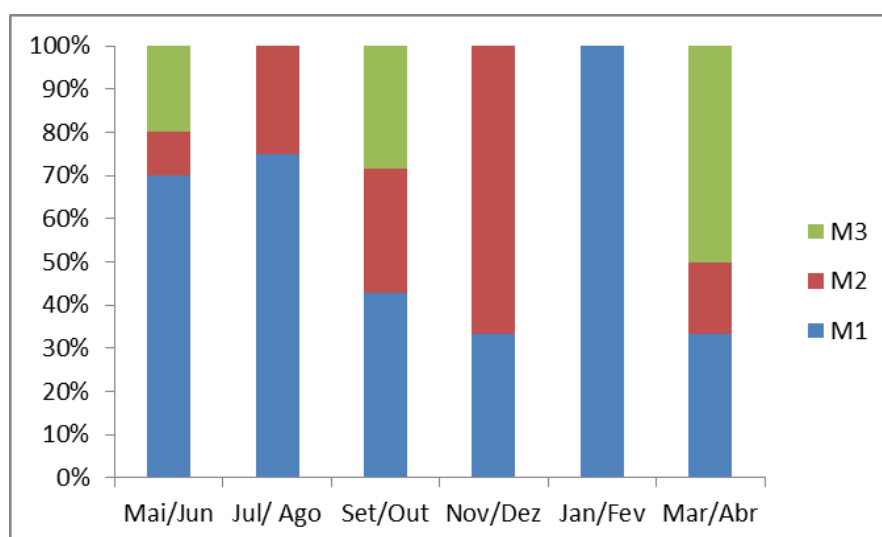


Figura 4: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de fêmeas e machos de *Leporinus piau* no trecho 2 rio São Francisco na confluência com rio Abaeté, no período de maio de 2015 a abril de 2016..

DISCUSSÃO

O presente estudo comparou a atividade reprodutiva de *L. piau* em dois trechos distintos da bacia do rio São Francisco: represa de Três Marias, ambiente lêntico e rio São Francisco, ambiente lótico. Na literatura consultada somente foram relatados estudos realizados com essa espécie em ambientes lênticos (Tavares & Godinho, 1994; Silva-Filho et al., 2012).

No trecho 1, ambiente lêntico, fêmeas e machos apresentaram valores estatisticamente maiores de CT e PC, indicando melhores condições para o crescimento da espécie o que segundo Froese (2006), depende da condição de saúde do peixe, estação do ano e fatores ambientais. As fêmeas de *L. piau*, nos dois trechos analisados, apresentaram CT e PC estatisticamente maiores que aqueles registrados para machos, indicando dimorfismo sexual para espécie o que é uma característica típica dos peixes da ordem Characiformes (Lowe-McConnell, 1999). Esse dimorfismo sexual é vantajoso, uma vez que a fecundidade aumenta exponencialmente com o comprimento (Nikolski, 1963).

As características histológicas de ovários e testículos de *L. piau* são semelhantes aquelas de outros peixes da família Anostomidae (Rizzo et al., 1996; Ricardo et al., 1997; Brito et al., 1999; Weber et al., 2013, Brandão et al., 2017). No presente estudo estabeleceram três estádios de maturação gonadal para fêmeas e machos de acordo com os critérios de classificação utilizados para outros Anostomidae (Weber et al., 2013; Brandão et al., 2017).

O tamanho de primeira maturação gonadal foi estabelecido baseando-se no comprimento total do menor exemplar fêmea e macho no estágio maturação/maduro, procedimento similar ao utilizado por Boncompagni-Júnior et al. (2013). Registrou-se maior tamanho de primeira maturação gonadal de fêmeas e machos no trecho 2 e esta variação pode estar relacionada com a disponibilidade de alimento e as diferenças nas condições ambientais (Pawson et al., 2000). No presente estudo, observou-se que machos atingem a primeira maturação gonadal com menor tamanho do que as fêmeas, como também observado em outros piaus da bacia do rio São Francisco (Rizzo et al., 1996; Brandão et al., 2017).

No presente estudo não foram registradas diferenças estatísticas nos valores de fecundidade entre os trechos. Entretanto, em condições de cativeiro a FA é maior em relação àquela do peixes capturados na natureza, provavelmente devido à boa condição alimentar fornecida aos peixes nos tanques de cultivo (Coward & Bromage, 1999).

O fator de condição de Fulton (K) fornece informações importantes sobre o desenvolvimento fisiológico dos peixes, pressupondo que maiores valores de K indicam

que os indivíduos estão em melhor condição de saúde (Froese, 2006). No presente estudo não houve diferenças estatísticas no valor de K para machos e fêmeas nos dois trechos.

Um bom indicador da atividade reprodutiva em peixes é o IGS, o qual pode ser utilizado para determinar os estádios de maturação gonadal (Hojo et al., 2004). No presente estudo os valores de IGS de fêmeas e machos foram utilizados como recurso auxiliar na determinação dos estádios de maturação gonadal.

Estímulos ambientais como aumento de temperatura, fotoperíodo e precipitação pluviométrica são essenciais no desencadeamento da gametogênese e são responsáveis pela determinação do período de maturação gonadal e de desova de peixes (LoweMcConell, 1999). Vários trabalhos mostraram que na região de Três Marias, onde nosso estudo foi realizado, valores mais altos de temperatura, fotoperíodo e precipitação pluviométrica ocorrem de novembro a fevereiro (Freitas et al., 2013; Weber et al., 2013; Normando et al., 2014), período no qual foi observado o pico reprodutivo de *L. piau*, corroborando com as observações dos autores anteriormente citados para outras espécies.

Espécies de desova total apresentam alta fecundidade quando comparado com os peixes de desova parcelada ou múltipla (Suzuki et. al., 2000). Além disso, apresentam desenvolvimento sincrônico de ovócitos, período curto de desova, altos valores de IGS, e alta frequência de fêmeas desovadas com ovários apresentando nas secções histológicas folículos perinucleolares, folículos pós-ovulatórios e alguns folículos vitelogênicos em atresia, como observado nos Anostomidae *Leporinus reinhardt*, *Leporinus obtusidens*, *Leporinus taeniatus* (Arantes et. al., 2017, Weber et al., 2013). Por outro lado, peixes de desova parcelada ou múltipla apresentam baixa fecundidade quando comparado com os peixes de desova total e têm desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, período prolongado de desova, baixos valores de IGS e alta frequência de fêmeas desovadas apresentando nas secções histológicas folículos pós-ovulatórios ao lado de folículos vitelogênicos, pré-vitelogênicos, perinucleolares e atrésicos, como observado no Anostomidae *Schizodon knerii* (Brandão et al., 2017). No presente estudo, nos dois trechos analisados constaram-se características típicas de peixes Anostomidae de desova total, tais como IGS maior e alta fecundidade quando comparados com Anostomidade de desova parcelada, e também características típicas de peixes de desova parcelada ou múltipla, como período prolongado de desova, alta frequência de fêmeas desovadas apresentando nas secções histológicas folículos pós-ovulatórios, ao lado de folículos vitelogênicos, pré-vitelogênicos, perinucleolares e atrésicos.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo mostraram que, na bacia do rio São Francisco, *L. piau* reproduz-se tanto em ambientes lóticos quanto lênticos; fêmeas e machos têm menor CT e PC em ambientes lóticos; ocorre dimorfismo sexual na espécie com as fêmeas maiores que os machos; os machos atingem o tamanho de primeira maturação gonadal com menor tamanho do que as fêmeas; o pico de desova ocorreu no período de novembro a fevereiro coincidindo com época de altos valores de temperatura, fotoperíodo e precipitação pluviométrica na região; e nos dois trechos a espécie apresentou algumas características típicas de peixes de desova total e outras de peixes de desova parcelada ou múltipla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem, p. 455-501.
- Arantes, F.P., Santos, H.B., Rizzo, E., Sato, Y., Bazzoli, N. 2010. Profiles of sex steroids, fecundity, and spawning of, the curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, Southeastern Brazil. *Animal Reproductive Science*, 118: 330-336.
- Arantes, F.P., Silva, F.A., Santos, J.E., Rizzo, E., Sato, Y., Bazzoli, N. 2017. Comparative morphology of gonads from six species of fish belonging to the family Anostomidae (Characiformes: Anostomidae). *Revista de Biologia Tropical*, 65: 713-723.
- Boncompagni-Júnior, O., Normando, F.T., Brito M.F.G. & Bazzoli, N. 2013. Reproductive biology of *Prochilodus argenteus* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) in São Francisco River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 29: 132-138.
- Brandão, E.D.L., Virtude, N.A., Marcon, L., Enemir, S.J., Biana S.K., Rizzo, E., Bazzoli, N. 2017. Comparative analyses of reproductive activity in *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Characiformes: Anostomidae) in three sections of the São Francisco River basin. *Journal of Applied Ichthyology*, 33: 1-7.
- Brito, M.F.G., Santos, G.B., Bazzoli, N. 1999. Reprodução de *Leporinus friderici* (Pisces: Anostomidae) no reservatório de Itumbiara, GO. *Bios*, Belo Horizonte, 7: 33-40.
- Britski, H.A., Sato, Y., Rosa, A.B.S. 1988. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias. Brasília, Codevasf, p. 115.
- Coward, K & Bromage, N.R. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*, 171: 251-267.
- Freitas, L.J.A., Prado, P.S., Arantes, F.P., Santiago, K.B., Sato, Y., Bazzoli, N. & Rizzo, E. 2013. Reproductive biology of the characid dourado *Salminus franciscanus* from the São Francisco River, Brasil. *Animal Reproduction Science*, 139: 145-154.

Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-253.

Garavello, J.C. & Britski, H.A. 2003. Family Anostomidae. In: Reis, R.E., Kullander, S. & Ferraris, Jr. C.F. (Eds.). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*, Porto Alegre, Edipucrs, p.71-84.

Hojo, R.E.S., Santos, G.B., Bazzoli, N. 2004. Reproductive biology of *Moenkhausia intermedia* (Eigenmann) (Pisces: Characiformes) in Itumbiara Reservoir, Goiás, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 21: 519-524.

Kolm, N. & Anhesjö, I. 2005. Do egg size and parental care coevolve in fishes? *Journal of Fish Biology*, 66: 1499-1515

Lowe-McConnell, R.H. 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo, Brasil, Edusp, p. 535.

Marcon, L., Mounteer, A.H., Bazzoli, N. & Benjamin, L.A. 2015. Effects of insecticide Thiodan on the morphology and quantification of ovarian follicles in lambaris *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) in different treatments. *Aquaculture Research*, 47: 2407-2418.

Melo, R.M.C., Ferreira, C.M., Luz, R.K., Sato, Y., Rizzo, E. & Bazzoli, N. 2011. Comparative oocyte morphology and fecundity of five characid species from São Francisco River basin, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 1332-1336.

Nikolsky, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. London, Academic Press, p. 351.

Normando, F.T., Arantes, F.P., Luz, R.K., Thomé, R.G., Rizzo, E., Sato, Y., Bazzoli, N. 2009. Reproduction and fecundity of tucunaré, *Cichla kelberi* (Perciformes: Cichlidae), an exotic species in Três Marias Reservoir, Southeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 299-305.

Pawson, M.G., Pickett G.D. & Witthames, P.R. 2000. The influence of temperature onset of first maturity in sea bass. *Journal of Fish Biology*, 56: 319-327.

Ratton, T.F., Bazzoli, N., Santos, G.B. 2003. Reproductive biology of *Apareiodon affinis* (Pisces: Parodontidae) in the Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, Alemanha, 19: 387-390.

Ricardo, M.C.P., Santos, G.B., Rizzo, E., Bazzoli, N. 1997. Aspectos reprodutivos de *Leporinus amblyrhynchus* Garavello & Britski, 1987 e *Leporinus striatus* Kner, 1859 (Pisces: Anostomidae) no reservatório de Furnas, MG. *Bios*, Belo Horizonte, 5: 29-35.

Rizzo, E., Sato, Y., Ferreira, R.M.A., Chiarini-Garcia, H., Bazzoli, N. 1996. Reproduction of *Leporinus reinhardti* Lütken, 1874 (Pisces: Anostomidae) from Três Marias Reservoir, São Francisco River, MG, Brazil. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 3: 189-192.

Santos, H.B., Thomé, R.G., Arantes, F.P., Sato, Y., Bazzoli, N. & Rizzo, E. 2008. Ovarian follicular atresia is mediated by heterophagy, autophagy, and apoptosis in *Prochilodus*

argenteus and *Leporinus taeniatus* (Teleostei: Characiformes). *Theriogenology*, 70:1449-1460.

Sato, Y., Sampaio, E.V. 2005. A ictiofauna na região do alto São Francisco, com ênfase no reservatório de Três Marias, Minas Gerais. In: Nogueira, M.G., Henry, R., Jorcin, A. (Eds.), *Ecologia de Reservatórios*. Rima, São Carlos, p. 251–274, p. 325.

Sato, Y., Bazzoli N., Rizzo, E., Boschi, M.B., Miranda, M.O.T. 2005: Influence of the Abaeté River on the reproductive success of the neotropical migratory teleost *Prochilodus argenteus* in the São Francisco River, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. *River Research and Applications*, 21: 939-950

Silva-Filho, J.J., Nascimento, W.S., Araújo, A.S., Barros, N.H.C., Chellappa, S. 2012. Reprodução do peixe piau preto *Leporinus piau* (Fowler, 1941) e as variáveis ambientais do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte. *Biota Amazônia*, 2: 10-21

Suzuki, H.I., Agostinho, A.A., Winemiller, K.O. 2000. Relationship between oocyte morphology and reproductive strategy in loriciid catfishes of the Paraná River, Brazil. *Journal of Fish Biology*, 57: 791-807.

Tavares, E.F. & Godinho, H.P. 1994. Ciclo reprodutivo do piau- gordura (*Leporinus piau* Fowler, 1941) da represa de Três Marias, rio São Francisco. *Revista Ceres*, Viçosa, 41: 28-35.

Thomé, R.G., Bazzoli, N., Rizzo, E., Santos, G.B., Ratton, T.F. 2005. Reproductive biology of *Leporinus taeniatus* Lütken (Pisces, Anostomidae) in Juramento Reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 3: 565-570.

Weber, A.A., Nunes, D.M.F., Gomes, R.Z., Rizzo, E., Santiago, K.B. & Bazzoli, N. 2013. Downstream impacts of a dam and influence of a tributary on the reproductive success of *Leporinus reinhardtii* in São Francisco River. *Aquatic Biology*, 19: 195-200.