PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-graduação em Biologia de Vertebrados

ANÁLISE COMPARATIVA DA ATIVIDADE REPRODUTIVA DA MANJUBA *Curimatella lepidura* (EIGENMANN & EIGENMANN, 1889) (PISCES: CURIMATIDAE) EM TRÊS TRECHOS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS

Mestrando: Daniel Lopes Gontijo

Orientador: José Enemir dos Santos

Coorientador: Nilo Bazzoli

BELO HORIZONTE

Março, 2018

Daniel Lopes Gontijo

ANÁLISE COMPARATIVA DA ATIVIDADE REPRODUTIVA DA MANJUBA *Curimatella lepidura* (EIGENMANN & EIGENMANN, 1889) (PISCES: CURIMATIDAE) EM TRÊS TRECHOS 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.

BELO HORIZONTE

Março, 2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Gontijo, Daniel Lopes
G641a Análise comparativa da atividade reprodutiva da Manjuba C*urimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Pisces: Curimatidae) em três trechos da Bacia do Rio São Francisco, Minas Gerais / Daniel Lopes Gontijo. Belo Horizonte, 2018.
36 f.: il.

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

1. Manjuba (Peixe) - Pesquisa - Peixe, Rio do, Bacia (MG). 2. Peixe - Reprodução. 3. Peixe - Maturação. 4. Gônadas - $x Maturação. 5. Histologia. I. Santos, José Enemir dos. II. Bazzoli, Nilo. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Vertebrados. IV. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 597

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito - CRB 6/2999

"Análise comparativa da atividade reprodutiva da manjuba *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Pisces: Curimatidae) em três trechos da bacia do rio São Francisco, Minas Gerais"

Daniel Lopes Gontijo

Defesa de Dissertação em 23/03/2018

Resultado:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Lucas Marcon (UEMG)

Prof. Dr. André Alberto Weber (UFMG)

Prof. Dr. José Enemir dos Santos (Orientador PUC Minas)

Essa dissertação foi desenvolvida no Laboratório de Ictiologia do Programa de Pós-graduação em Biologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), sob orientação do Prof. José Enemir dos Santos e coorientação do prof. Nilo Bazzoli e com apoio das seguintes instituições:

- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Fundação de Amparo à Pesquisa em Minas Gerais (FAPEMIG);
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF).

“A seleção natural é o maior guindaste de todos os tempos. Ela elevou a vida da simplicidade primeva a altitudes estonteantes de complexidade, beleza e aparente desígnio que hoje nos deslumbram.”

Richard Dawkins

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais, Fábio e Rita, ao meu irmão, Guilherme, por todos os ensinamentos, suporte, educação e amor incondicional;

- Aos velhos amigos do Coreu e irmãos da vida: Pp, Marcelo, Zulato, Pedron, AG, Lê, Alfredo, Fifa, Johnny e Tinho, muito obrigado pela amizade;

- À Bela, pelo amor, carinho, companheirismo e paciência em todos esses anos;

- À minha avó, Sancha e todos os meus familiares que contribuíram de alguma maneira em minha jornada até aqui;

- Aos meus parceiros de trabalho e grandes amigos: Rúbia e Flocos;

- Aos amigos da PUC: Rafa, Bia, Mayara, Zig, Vitão, Ju, Lhama, Kiefer, Dan, Dudu, Zizu, Nath;

- Aos que me ajudam a crescer profissionalmente: Rato, Palito, Bode, Zeferino, Adriano, Renê, Yuri;

- As amizades do mestrado: Sarah, Lu, Ítalo, Philippe, Thaís, Guilherme, Aline Reis, Lívio e Aline;

- Aos professores do mestrado por todos os ensinamentos;

- Ao Rogério pela confecção das lâminas e amizade;

- À Cledma por todo o suporte durante esses anos;

- Ao Lucas Marcon, por todo apoio durante o mestrado;

- Aos mentores, José Enemir e Nilo por todas orientações.

Resumindo, obrigado aos envolvidos!!!!

RESUMO

Esse estudo analisou comparativamente, pela primeira vez, a reprodução de *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889), em três trechos distintos da bacia do rio São Francisco. A *C. lepidura* popularmente conhecida como manjuba, pertence à família Curimatidae, na qual incluem peixes de pequeno porte encontrados preferencialmente em ambientes lênticos. Essa espécie é endêmica da bacia do rio São Francisco (RSF) e possui importância ecológica nas comunidades de peixes neotropicais, devido ao seu hábito detritívoro-iliófago, atuando como elemento importante de base de cadeia alimentar. Com o objetivo de comparar a reprodução dessa espécie, foram coletados peixes em três trechos do RSF: trecho 1 = reservatório de Três Marias, trecho 2 = RSF imediatamente à jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Três Marias e trecho 3 = confluência do RSF com o rio Abaeté. As coletas foram realizadas bimestralmente, no período de janeiro a dezembro de 2012. Coletaram-se um total de 624 exemplares, sendo 319 fêmeas e 305 machos. O tamanho de primeira maturação gonadal foi determinado pelo comprimento total dos menores exemplares com ovários e testículos maduros. O índice gonadossomático (IGS), fator de condição de Fulton (K), estádios de maturação gonadal, diâmetro dos folículos vitelogênicos e tamanho da primeira maturação gonadal foram determinados para cada exemplar coletado. Nos três trechos analisados, as fêmeas apresentaram valores de comprimento total e peso corporal estatisticamente maiores que os machos, indicando dimorfismo sexual. O tamanho de primeira maturação sexual para fêmeas e machos foi respectivamente de: 10,0 e 9,5 cm de comprimento total no trecho 1, 8,6 e 8,0 cm no trecho 2 e 8,5 e 8cm no trecho 3. O fator de condição de Fulton foi estatisticamente maior no trecho 1 indicando que nesse trecho a espécie apresenta melhores condições de saúde. Peixes com maturação gonadal e maduros foram coletados em quase todos os bimestres com maior freqüência nos bimestres de novembro/dezembro e janeiro/fevereiro, coincidindo com o período de elevadas temperaturas, maiores valores de fotoperíodo e pluviometria nessa região. O valor médio do diâmetro dos folículos vitelogênicos foi estatisticamente menor trecho 3. Os resultados obtidos mostraram que *C. lepidura* está mais bem adaptada para viver em ambientes lênticos como no trecho 1, reservatório da UHE Três Marias.

Palavras-chave: Actinopterygii, atividade reprodutiva, bacia do Rio São Francisco

ABSTRACT

This study compared, for the first time, the reproduction of *Curimatella lepidura* in three distinct localitys of the São Francisco river basin. The *C. lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889), popularly known as manjuba, belongs to the family Curimatidae, which includes small fish found preferentially in lentic environments. This species is endemic to the São Francisco river basin (RSF) and has ecological importance in neotropical fish communities due to its detritus-iliophage habit, acting as an important element of the food chain. In order to compare the reproduction of this species, fish were collected in three localitys of RSF: locality 1 = Três Marias reservoir, locality 2 = RSF immediately downstream of the Tres Marias Hydroelectric Plant dam and locality 3 = RSF confluence with the river Abaeté. The collections were carried out bimonthly, from January to December 2012. A total of 624 specimens were collected, 319 females and 305 males. Males and females were captured in reproductive activity in all sampled sections. The size of first gonadal maturation was determined by the total length of the smallest specimens with mature ovaries and testes. The gonadosomatic index (IGS), Fulton condition factor (K), stages of gonadal maturation, diameter of the vitelogenic follicles and size of the first gonadal maturation were determined for each specimen collected. In the three sections analyzed, females presented values of total length and body weight statistically higher than males, indicating sexual dimorphism. The size of the first sexual maturation for females and males was respectively: 10.0 and 9.5 of total length in locality 1, 8.6 and 8.0 cm in locality 2 and 8.5 and 8 cm in locality 3. The factor of Fulton condition was statistically higher in section 1 indicating that in this section the species presents better health conditions. Mature and gonadal maturing fish were collected in almost all bimonths in the November/December and January/February bimonths, coinciding with the period of high temperatures, higher values of photoperiod and rainfall in this region. The mean value of the diameter of the vitellogenic follicles was statistically lower at the third section. The results showed that *C. lepidura* is better adapted to live in lentic environments as in locality 1, reservoir of Três Marias HPP.

Keywords: Actinopterygii, reproductive activity, São Francisco River basin

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1: Exemplar de *Curimatella lepidura* 14

Figura 2: Mapa de localização dos trechos em estudo no rio São Francisco. 19

Figura 3: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de *Curimatella lepidura* por sexo em cada um dos trechos amostrados 24

Figura 4: Secções histológicas dos ovários de *C. lepidura* em diferentes estádios de maturação gonadal.. 26

Figura 5: Secções histológicas de testículos de *C. lepidura* em diferentes estádios de maturação gonadal.. 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Amplitude e média do comprimento total (CT) em centímetros e peso corporal (PC) em gramas, índice gonadossomático (IGS), Fator de Condição de Fulton (K), diâmetro folicular em µm (DF) relação peso corporal(g)/comprimento total(cm) (P/CT) e tamanho de primeira maturação em cm (TPM) de fêmeas de *C. lepidura*..... 22

Tabela 2: Amplitude e média do comprimento total (CT) em centímetros, peso corporal (PC) em gramas, índice gonadossomático (IGS), Fator de Condição de Fulton (K), relação peso corporal/comprimento total em centímetros (P/CT) e tamanho de primeira maturação (TPM) de machos de *C. lepidura*..... 22

Tabela 3: Temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH, em três trechos da bacia do rio São Francisco (RSF). 25

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO GERAL 12
Ictiofauna e seu estado de conservação 12
Impacto de barragens sobre a ictiofauna neotropical 12
Área de estudo 13
Espécie em estudo 13
2. OBJETIVOS 14
Objetivo geral 14
Objetivos específicos 14
ARTIGO A SER SUBMETIDO 15
INTRODUÇÃO 17
3. MATERIAL E MÉTODOS 18
Amostragem 18
Histologia, maturação gonadal e índices biológicos 19
Tamanho de primeira maturação gonadal 20
Diâmetro dos folículos vitelogênicos 20
Proporção sexual 20
Variáveis físico-químicas da água 20
Análise estatística 20
4. RESULTADOS 21
5. DISCUSSÃO 28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30

1. INTRODUÇÃO GERAL

Ictiofauna e seu estado de conservação

A ictiofauna da região Neotropical, a qual o Brasil pertence, é a mais diversificada do mundo, com aproximadamente 8.000 espécies (Reis, 2003; Langeani et al., 2009). O Brasil, por abranger o maior dos sistemas fluviais dessa região, incorpora uma significativa parcela dessa biodiversidade (Buckup et al., 2007).

De modo geral, os ecossistemas aquáticos atualmente estão bastante impactados, incluindo a América do Sul (região Neotropical), e esta condição influi diretamente na ictiofauna destes ecossistemas. Dentre os principais impactos relatados para os ecossistemas aquáticos fluviais estão o barramento dos rios, a perda de vegetação, poluição, introdução de espécies não nativas e especialmente sobre a ictiofauna também ocorre a sobrepesca (Barletta et al., 2010; Welcomme et al., 2006; Abell et al., 2008).

Impacto de barragens sobre a ictiofauna neotropical

O século XX foi marcado por transformações econômicas e sociais drásticas, os quais culminaram com um aumento da população humana, um acelerado desenvolvimento econômico e, consequentemente, uma maior demanda de energia. Tal suprimento energético tem sido proveniente de diversas fontes naturais, como do aproveitamento hidráulico de rios pela construção de usinas hidrelétricas (Costanza *et al.*, 2007; Dugan *et al.*, 2010).

A produção e o consumo de energia elétrica são alavancadores do desenvolvimento interno de um país. A geração de eletricidade no Brasil cresceu a uma taxa média anual de 4,2% entre 1980 e 2002, desde então, vem crescendo de maneira progressiva. A energia hidráulica para geração deste insumo sempre foi a dominante, tendo em vista a vasta riqueza do país em recursos hídricos, sendo estes de grande potencial para instalação de usinas hidrelétricas (Goldemberg, 2007).

Discussões sobre os impactos de barramentos em ecossistemas aquáticos têm sido constantes principalmente sobre as comunidades de peixes. Além de alterar o regime hidrológico natural dos rios, barramentos interferem diretamente no ciclo biológico da ictiofauna (Vazzoler, 1996). Dentre essas alterações, destacam-se as modificações da composição da ictiofauna, aumento na vulnerabilidade a predação, facilidade na introdução de espécies não nativas exóticas, mudanças comportamentais e

bloqueio das rotas migratórias naturais (Baxter, 1977; Agostinho *et al.*, 1993; Araya *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2008; Dugan *et al.*, 2010).

Área de estudo

O rio São Francisco nasce no Parque Nacional da Serra da Canastra, no sudoeste do estado de Minas Gerais e percorre 3.160 km até desaguar no Oceano Atlântico, entre os estados de Alagoas e Sergipe (Théry, 1980). Com 645 mil km^2, sua bacia hidrográfica é uma das maiores e mais importantes do Brasil, com uma área de drenagem cobrindo 7,6% de todo o território nacional e abrangendo os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Distrito Federal (Welcomme, 1985; Godinho & Godinho, 2003). Sua ictiofauna é composta por cerca de 244 espécies (Barbosa & Soares, 2009; Alves & Pompeu, 2010). A usina hidrelétrica de Três Marias, implantada no alto rio São Francisco (RSF) em 1961 para produção de energia elétrica e controle de cheias, possui um reservatório com cerca de 100 km de extensão e 105.000 ha de área inundada (Sato & Godinho, 2003).

Espécie em estudo

Curimatella lepidura (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Figura 1) é uma espécie endêmica da bacia do rio São Francisco (Vari, 2003) e tem como nome popular branquinha/manjuba. Esta espécie é comumente encontrada em ambientes lênticos da bacia, como lagoas marginais e reservatórios, sendo que os são normalmente confundidos com alevinos e juvenis de curimatãs, espécie de médio porte e alto valor comercial na bacia (Sato et al., 1987). A manjuba é comumente utilizada como petisco na região do alto São Francisco. A espécie tem preferência por ambientes lênticos, onde é capaz de concluir seu ciclo reprodutivo (Godinho, 1984; Sato et al., 1987; Andrade 1990), sendo caracterizada como não migradora, de período reprodutivo longo (Sato et al., 2003).

Figura 1: Exemplar de *Curimatella lepidura* – Barra de escala: 5 cm.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Comparar a atividade reprodutiva de *C. lepidura* em três trechos da bacia do rio São Francisco: trecho 1 = represa de Três Marias, trecho 2 = rio São Francisco logo a jusante da barragem de Três Marias e trecho 3 = confluência do rio São Francisco com o rio Abaeté.

Objetivos específicos

- Comparar o comprimento total e peso corporal de fêmeas e machos nos três trechos em estudo;
- Estabelecer os estádios e as frequências de maturação gonadal, época de reprodução e tipo de desova;
- Calcular o índice gonadossomático (IGS) e o fator de condição de Fulton (K) por sexo para cada trecho;
- Determinar o tamanho de primeira maturação gonadal por sexo e por trecho;
- Determinar diâmetro dos folículos vitelogênicos;
- Comparar a proporção sexual entre os trechos coletados;
- Comparar comprimento total, peso corporal, índice gonadossomático, fator de condição de Fulton (K), tamanho de primeira maturação gonadal e diâmetro dos folículos vitelogênicos nos três trechos em estudo.

ARTIGO A SER SUBMETIDO

Análise comparativa da atividade reprodutiva da manjuba *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Characiformes: Curimatidae) em três trechos da bacia do Rio São Francisco, Minas Gerais

RESUMO

Esse estudo analisou comparativamente, pela primeira vez, a reprodução de *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) em três trechos distintos da bacia do rio São Francisco. *Curimatella lepidura*, popularmente conhecida como manjuba, pertence à família Curimatidae, na qual incluem peixes de pequeno porte encontrados preferencialmente em ambientes lênticos. Essa espécie é endêmica da bacia do rio São Francisco (RSF) e possui importância ecológica nas comunidades de peixes neotropicais, devido ao seu hábito detritívoro-iliófago, atuando como elemento importante de base de cadeia alimentar. Com o objetivo de comparar a reprodução dessa espécie, foram coletados peixes em três trechos do RSF: trecho 1 = reservatório de Três Marias, trecho 2 = RSF imediatamente à jusante da barragem da Usina Hidreletrica de Três Marias e trecho 3 = confluência do RSF com o rio Abaeté. As coletas foram realizadas bimestralmente, no período de janeiro a dezembro de 2012. Coletaram-se um total de 624 exemplares, sendo 319 fêmeas e 305 machos. Foram capturados machos e fêmeas em atividade reprodutiva em todos os trechos amostrados. O tamanho de primeira maturação gonadal foi determinado pelo comprimento total dos menores exemplares com ovários e testículos maduros. O índice gonadossomático (IGS), fator de condição de Fulton (K), estádios de maturação gonadal, diâmetro dos folículos vitelogênicos e tamanho da primeira maturação gonadal foram determinados para cada exemplar coletado. Nos três trechos analisados, as fêmeas apresentaram valores de comprimento total e peso corporal estatisticamente maiores que os machos, indicando dimorfismo sexual. O tamanho de primeira maturação sexual para fêmeas e machos foi respectivamente de: 10,0 e 9,5 cm de comprimento total no trecho 18,6 e 8,0 cm no trecho 2 e 8,5 e 8cm no trecho 3. O fator de condição de Fulton foi estatisticamente maior no trecho 1 indicando que nesse trecho a espécie apresenta melhores condições de saúde. Peixes com maturação gonadal e maduros foram coletados em quase todos os bimestres com maior frequência nos bimestres de novembro/dezembro e janeiro/fevereiro, coincidindo com o período de elevadas temperaturas, maiores valores de fotoperíodo e pluviometria nessa região. O valor médio do diâmetro dos folículos vitelogênicos foi estatisticamente menor trecho 3. Os resultados obtidos mostraram que *C. lepidura* está mais bem adaptada para viver em ambientes lênticos como no trecho 1, reservatório da UHE Três Marias.

ABSTRACT

This study compared, for the first time, the reproduction of *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889), in three distinct localitys of the São Francisco river basin. *Curimatella lepidura* popularly known as manjuba, belongs to the family Curimatidae, which includes small fish found preferentially in lentic environments. This species is endemic to the São Francisco river basin (RSF) and has ecological importance in neotropical fish communities due to its detritus-iliophage habit, acting as an important element of the food chain. In order to compare the reproduction of this species, fish were collected in three localitys of RSF: locality 1 = Três Marias reservoir, locality 2 = RSF immediately downstream of the Tres Marias Hydroelectric Plant dam and locality 3 = RSF confluence with the river Abaeté. The collections were carried out bimonthly, from January to December 2012. A total of 624 specimens were collected, 319 females and 305 males. Males and females were captured in reproductive activity in all sampled sections. The size of first gonadal maturation was determined by the total length of the smallest specimens with mature ovaries and testes. The gonadosomatic index (IGS), Fulton condition factor (K), stages of gonadal maturation, diameter of the vitelogenic follicles and size of the first gonadal maturation were determined for each specimen collected. In the three sections analyzed, females presented values of total length and body weight statistically higher than males, indicating sexual dimorphism. The size of the first sexual maturation for females and males was respectively: 10.0 and 9.5 cm of total length in locality 1, 8.6 and 8.0 cm in locality 2 and 8.5 and 8 cm in locality 3. The factor of Fulton condition was statistically higher in section 1 indicating that in this section the species presents better health conditions. Mature and gonadal maturing fish were collected in almost all bimonths in the November/December and January/February bimonths, coinciding with the period of high temperatures, higher values of photoperiod and rainfall in this region. The mean value of the diameter of the vitellogenic follicles was statistically lower at the third section. The results showed that *C. lepidura* is better adapted to live in lentic environments as in locality 1, reservoir of Três Marias HPP.

INTRODUÇÃO

O barramento de rios é um processo intenso que altera o controle da vazão a jusante de barragens. A vazão da água é a força principal atuante em ecossistemas de água doce, sendo responsável pela dinâmica produtiva (matéria e energia), ciclagem de nutrientes e distribuição e evolução da biota aquática (Poff et al., 1997). A temperatura da água também é um fator importante para o funcionamento de ecossistemas aquáticos, especialmente a jusante de barragens (Lessard & Hayes, 2003; Thomé et al., 2012). Barramentos modificam diretamente regimes termais do rio através da liberação de água com temperatura diferente daquela que ocorria naturalmente no rio. Grandes barramentos causam modificações a jusante alterando regimes de vazão e liberando água com temperaturas baixas (Olden & Naiman, 2010). Alterações hidrológicas e termais afetam a reprodução de peixes, inclusive as espécies que dependem de locais lóticos para desovar (Parkinson et al. 1999).

Curimatella lepidura (Eigenmann & Eigenmann 1889) (Figura 1) é uma espécie endêmica da bacia do rio São Francisco (Vari, 2003) e tem como nome popular branquinha/manjuba. Ela é comumente encontrada em ambientes lênticos da bacia, como lagoas marginais e reservatórios. Adultos desta espécie são normalmente confundidos com alevinos de curimatãs, espécie de médio porte e alto valor comercial na bacia (Sato, 1987), sendo comumente utilizada como petisco na região do alto São Francisco. A atividade reprodutiva é uma ferramenta importante para compreensão do comportamento reprodutivo de uma espécie em seu habitat.

Considerando-se que os estudos sobre a reprodução já realizados com *C. lepidura* utilizaram somente peixes capturados em ambientes lênticos na bacia do Rio São Francisco, o objetivo do presente trabalho foi analisar de maneira comparativa a reprodução desta espécie em três trechos da bacia do rio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

Os exemplares de *C. lepidura* foram previamente capturados no período de janeiro a dezembro de 2012 em três trechos do rio São Francisco (RSF), Minas Gerais, Brasil: trecho 1 = represa de Três Marias (RTM) (18º23'27"S, 45º13'12"W), trecho 2 = segmento do RSF imediatamente a jusante da RTM (18º07'59"S, 45º14'01"W), e trecho 3 = segmento do RSF na confluência com o rio Abaeté (18º00'49"S, 45º10'51"W) (Figura 2). Os peixes foram capturados com redes de emalhar com tamanhos de malhas variados de 3, 4, 5, 6 e 7 cm entre nós opostos. Em cada ponto amostral foi armado um conjunto de redes ao final da tarde, retirado na manhã do dia seguinte, que permaneceu na coluna d'água por aproximadamente 12 horas. Os espécimes coletados foram imediatamente transportados para o Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias - CODEVASF. Os peixes, quando vivos, foram sacrificados através de secção transversal na medula cervical seguindo os princípios éticos de manipulação animal estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA). Foram coletados 624 exemplares sendo 319 fêmeas e 305 machos, divididos da seguinte maneira: trecho 1= 138 fêmeas e 97 machos; no trecho 2= 110 fêmeas e 111 machos e no trecho 3= 71 fêmeas e 97 machos. Por meio desta amostragem, foi realizado o teste do Qui-Quadrado (x^2) para detectar diferenças nas proporções entre os sexos com significância de $p < 0,05$. Foram registrados, de cada exemplar, os seguintes dados biométricos: comprimento total (CT), peso corporal (PC) e, o peso gonadal (PG). Ainda em campo foram coletados fragmentos de gônadas, fixados em líquido de Bouin por 8-12 horas, para processamento histológico.

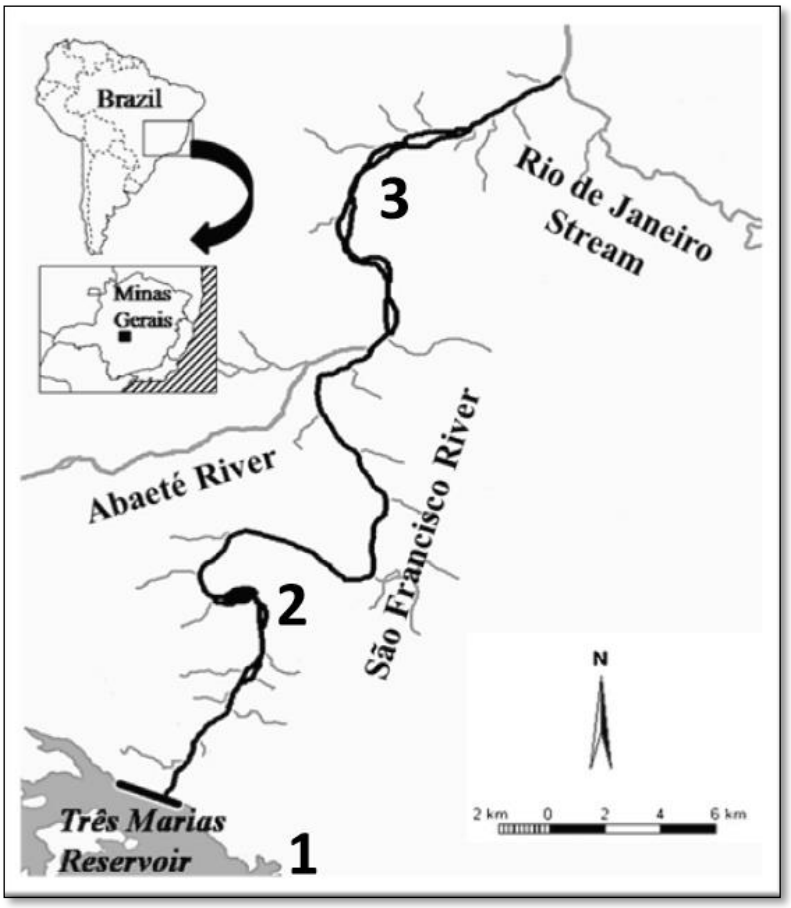

Figura 2: Mapa de localização dos trechos em estudo no rio São Francisco: trecho 1 reservatório da UHE Três Marias (RTM), trecho 2 imediatamente após barragem de Três Marias e trecho 3 após a confluência com rio Abaeté.

Histologia, maturação gonadal e índices biológicos

Para as análises histológicas, os fragmentos de ovários e de testículos de cada peixe, previamente fixados em liquido de Bouin, foram embebidas em parafina, cortados com 5 µm de espessura e corados com hematoxilina-eosina (HE). Os estádios de maturação gonadal foram estabelecidos baseando-se nas características macro e microscópicas de ovários e testículos. A partir dos dados biométricos obtidos com balanças de precisão (peso corporal, peso da gônada) e ictiômetro (CT e CP) foram calculados os índices gonadossomático (IGS = PG X 100/PC) e o fator de Fulton (K) (K=BW×100/TL^3), para fêmeas e machos, separadamente, nos três trechos em estudo. O tipo de desova foi determinado baseando-se na distribuição das frequências dos estádios

de maturação gonadal e nas características histológicas de ovários desovados (Honorato-Sampaio et., 2015).

Tamanho de primeira maturação gonadal

O tamanho de primeira maturação gonadal foi determinado pelo menor comprimento total de fêmeas e machos com gônadas no de maturação gonadal avançado, em cada trecho em estudo.

Diâmetro dos folículos vitelogênicos

Para determinar o diâmetro dos folículos vitelogênicos foram mensurados 50 ovócitos vitelogênicos de cada trecho, utilizando-se o software Olympus Cell, com o microscópio Olympus-BX50 acoplado a câmera Olympus SC30.

Proporção sexual

A proporção sexual de *C. lepidura* nos três trechos da bacia do rio São Francisco foi determinada pela frequência absoluta total de fêmeas e machos. Aplicou-se o teste do Qui-quadrado (x^2) para detectar possíveis diferenças nas proporções entre os sexos com significância de $p<0.05$.

Variáveis físico-químicas da água

Parâmetros físico-químicos da água analisados nos três trechos foram: temperatura da água, concentração do oxigênio dissolvido e pH, utilizando sonda Horiba modelo W-10.

Análise estatística

As variáveis das três seções foram submetidas a testes de normalidade (Shapiro-Wilk). Posteriormente, a análise de variância foi realizada para testar diferenças significativas nos valores médios de CT, PC, IGS e K. Os testes paramétricos de Duncan foram realizados para comparar os valores médios. Quando os pressupostos de normalidade não foram cumpridos mesmo após transformações apropriadas, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram feitas no *software* Statistica 8.0. Todos os testes tiveram nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Nos trechos 2 e 3, fêmeas e machos de *C. lepidura* apresentaram valores de comprimento total e peso corporal estatisticamente menores em relação aos exemplares capturados no trecho 1. O comprimento total e o peso corporal das fêmeas foram maiores se comparados aos valores encontrados para os machos, em todos os trechos amostrados (Tabelas 1 e 2).

Para o tamanho de primeira maturação gonadal foi considerado o menor peixe de cada sexo e em cada trecho, pertencente ao EMG 2, ou seja, em maturação/maduro. Foi possível observar que para machos, no trecho 1, o menor exemplar coletado no EMG 2 foi de 9,5 cm de comprimento total, no trecho 2, esse valor foi de 8 cm e no terceiro trecho, o comprimento total foi de 8 cm. Para fêmeas, no trecho 1, foi observado a primeira maturação com 10,0 cm de comprimento total, no trecho 2, 8,6 cm e no trecho 3, o valor observado foi de 8,5 cm.

No presente estudo, foram estabelecidos três estádios de maturação gonadal (EMG) para machos e fêmeas: 1 = repouso, 2 = em maturação/maduro e 3 = desovado para fêmeas e espermiado para machos (Brandão et al., 2017). Foram registrados machos e fêmeas em todos os estádios de maturação gonadal nos três trechos de coleta (Figura 3).

Para fêmeas os valores de IGS aumentaram gradativamente nos estádios 1 e 2, reduzindo no estádio 3, e os maiores valores de IGS foram registrados nos trechos 1 e 2. Para machos, nos trechos 1 e 3, foi possível observar o mesmo padrão de crescimento gradativo nos dois primeiros estádios e redução no terceiro estádio. No trecho 2, houve crescente aumento, com pico de IGS no estádio 3 (Figuras 4 e 5).

O pico de atividade reprodutiva nos três trechos ocorreu nos bimestres de novembro/dezembro e janeiro/fevereiro. (Figura 3). No trecho 1, foram coletados peixes em atividade reprodutiva em quase todos os bimestres, com exceção de maio/junho e setembro/outubro. No trecho 2, a jusante da barragem, só não foram registrados indivíduos em atividade reprodutiva no bimestre de julho/agosto. No terceiro trecho, nos bimestres de maio/junho e setembro/outubro, foram coletados apenas indivíduos em repouso. Foram coletados peixes em atividade reprodutiva durante quase todos os

bimestres, além disso, foi possível observar folículos em todas as fases de desenvolvimento nas lâminas histológicas. (Figuras 3, 6 e 7).

Os parâmetros físico-químicos da água no período de pico reprodutivo, ou seja, nos bimestres de novembro/dezembro e janeiro/fevereiro, mostraram valores estatisticamente maiores no trecho 1 para temperatura e oxigênio dissolvido (Tabela 3).

No trecho 1, houve leve predominância de fêmeas. No trecho 2, não houveram diferenças significativas na proporção sexual de machos e fêmeas. No trecho 3, houve predominância de machos. No total, não foi possível observar dominância sexual, uma vez que foram coletados 319 fêmeas e 305 machos, apresentando proporção próxima de 1:1.

Tabela 1: Amplitude e média (desvio padrão) do comprimento total (CT) em centímetros e peso corporal (PC) em gramas, índice gonadossomático (IGS), Fator de Condição de Fulton (K) e diâmetro folicular em µm (DF) de fêmeas de *C. lepidura*, capturadas em três trechos da bacia do rio São Francisco (RSF).

	Trecho 1 (n = 138)		**Trecho 2 (n = 110)**		**Trecho 3 (n = 71)**	
	Amplitude	**Média ± DP**	**Amplitude**	**Média ± DP**	**Amplitude**	**Média ± DP**
CT	10,0 – 17,0	14,8 ± 2,1[a]	8,6 – 16,7	12,6 ± 2,1[b]	8,5 – 14,8	11,7 ± 2,1[c]
PC	19,2 – 88,0	57,5 ± 18,5[a]	11,0 – 69,0	34,9 ± 18,6[b]	10,0 – 55,0	28,1 ± 18,5[b]
IGS	0,50 – 8,35	3,12 ± 2,38 [a]	0,50 – 5,84	1,43 ± 1,15[b]	0,50 – 3,81	0,95 ± 0,78[b]
K	1,13 – 2,41	1,73 ± 0,23 [a]	1,04 – 3,42	1,69 ± 0,23[b]	1,16 – 2,50	1,66 ± 0,23[b]
DF	348,52 – 560,61	458,64 ± 50,04[a]	300,51 – 592,40	449,56 ± 61,89[a]	232,81 – 438,63	323,92 ± 47,76[b]

Trecho 1 = represa de três Marias (RTM); trecho 2 = segmento do RSF imediatamente a jusante da RTM; trecho 3 = segmento do RSF na confluência com o rio Abaeté.

Tabela 2: Amplitude e média (desvio padrão) do comprimento total (CT) em centímetros, peso corporal (PC) em gramas, índice gonadossomático (IGS) e Fator de Condição de Fulton (K) de machos de *C. lepidura*, capturados em três trechos da bacia do rio São Francisco (RSF).

	Trecho 1 (n = 97)		**Trecho 2 (n = 111)**		**Trecho 3 (n = 97)**	
	Amplitude	**Média ± DP**	**Amplitude**	**Média ± DP**	**Amplitude**	**Média ± DP**
CT	9,5 - 17,5	13,78 ± 2,12[a]	8,0 - 15,0	11,39 ± 2,12[b]	8,0 – 14,5	10,67 ± 2,12[c]
PC	20,1 - 93,0	46,04 ± 19,75[a]	11,0 - 47,7	24,55 ± 18,57[b]	9,5 - 53,0	20,68 ± 18,55[c]
IGS	0,02 – 2,38	0,95 ± 0,80[a]	0,11 – 2,12	0,63 ± 0,58[a]	0,14 – 1,89	0,73 ± 0,52[c]
K	1,03 – 2,40	1,72 ± 0,26[a]	0,73 – 2,06	1,60 ± 0,23[b]	1,28 – 2,03	1,61 ± 0,16[b]

Trecho 1 = represa de três Marias (RTM); trecho 2 = segmento do RSF imediatamente a jusante da RTM; trecho 3 = segmento do RSF na confluência com o rio Abaeté.

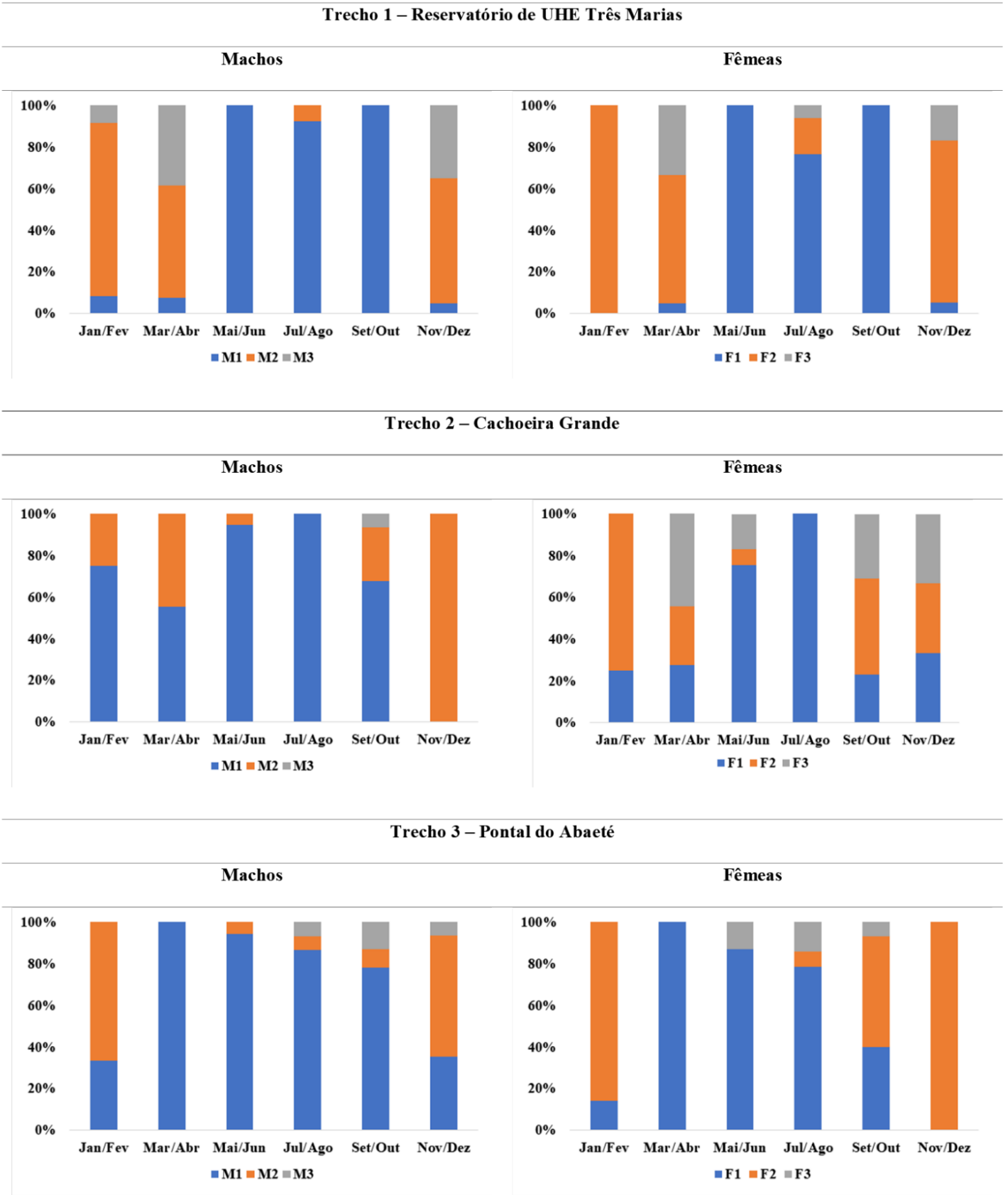

Figura 3: Distribuição bimestral dos estádios de maturação gonadal de *Curimatella lepidura* por sexo em cada um dos trechos amostrados.

Tabela 3: Temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH, em três trechos da bacia do rio São Francisco (RSF): trecho 1: represa de Três Marias, trecho 2: RSF imediatamente a jusante da represa de Três Marias e trecho 3: confluência do RSF com o rio Abaeté no período de janeiro a dezembro de 2012.

	Trecho 1 **Média ± DP**	**Trecho 2** **Média ± DP**	**Trecho 3** **Média ± DP**
Temperatura (ºC)	28,83 ± 0,01[a]	23.21 ± 0.57[b]	24.31 ± 0.71[c]
Oxigênio (mg/L)	9,65 ± 0,01[a]	5.55 ± 1.67[b]	7.97 ± 0.55[c]
pH	6,58 ± 0,06[a]	5.83 ± 0.46[a]	6.35 ± 0.51[a]

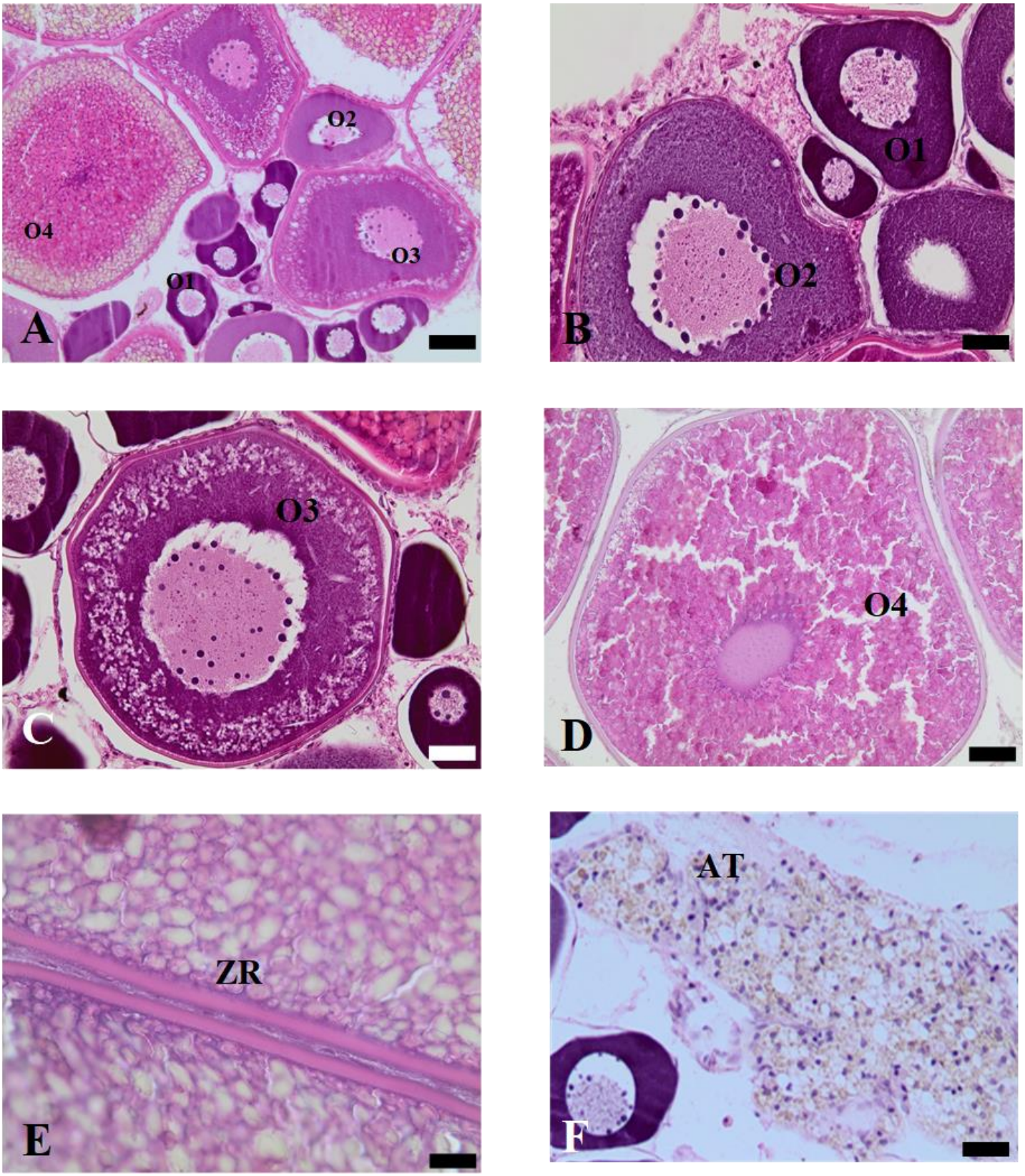

Figura 4 Secções histológicas dos ovários de *C. lepidura* em diferentes estádios de maturação gonadal corados pela HE. **A:** maduro, com ovócitos perinucleolares iniciais (O1) e avançados (O2), ovócitos pré-vitelogênicos (O3) e ovócito vitelogênicos (O4).; **B:** estádio de maturação em repouso (F1) contendo O1 e O2, ; **C:** Inicio da maturação gonadal caracterizada pela presença de O3 com característicos com alvéolos corticais **D:** Estádio em maturação/maduro contendo ovócitos vitelogênicos (O4) , **E:** detalhe de zona radiata delgada e células foliculares pavimentosas em ovócitos vitelogênicos; **F:** detalhe de atresial final em ovário desovado.

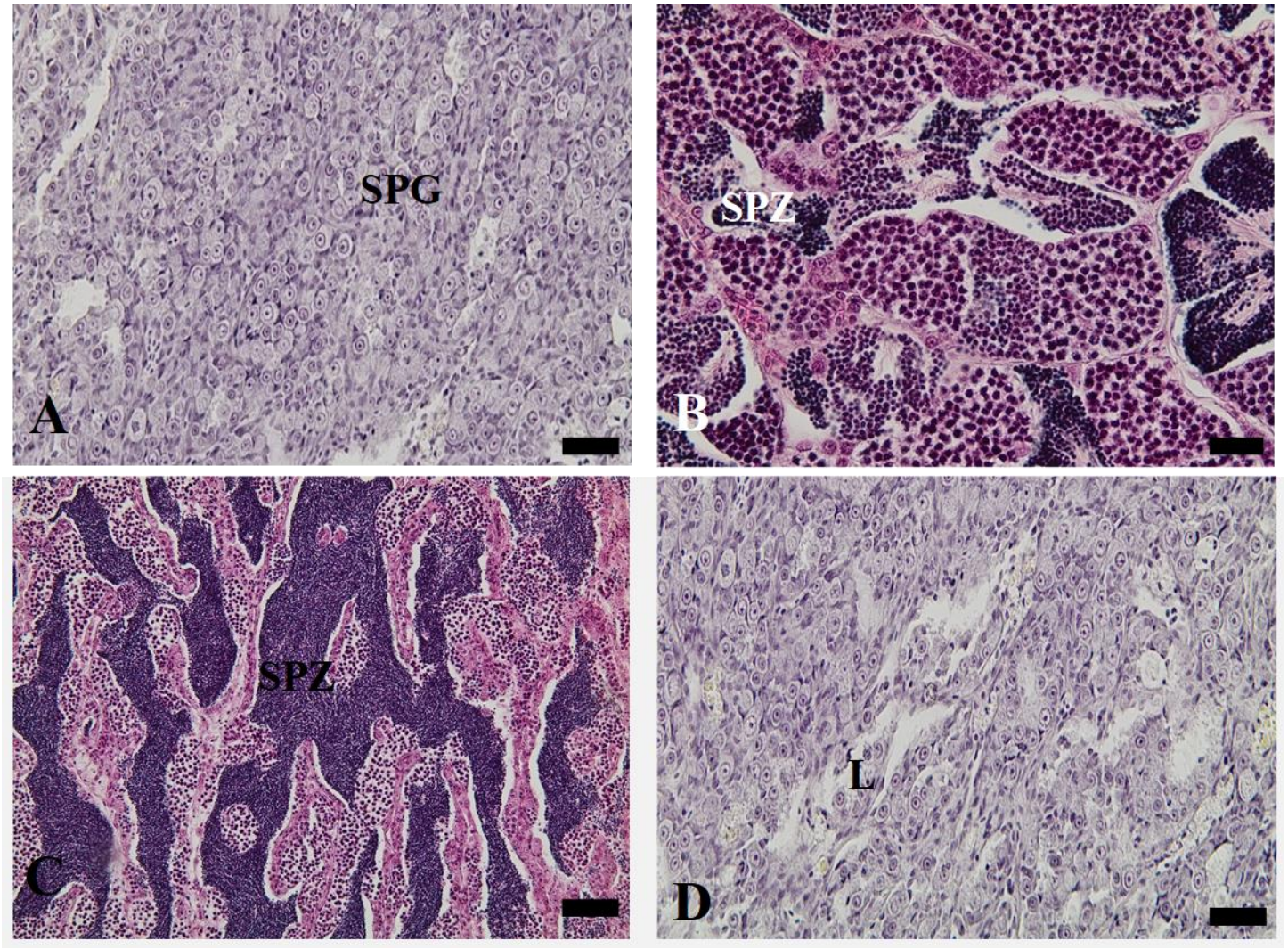

Figura 5 Secções histológicas de testículos de *C. lepidura* em diferentes estádios de maturação gonadal corados pela HE. **A:** repouso, contendo somente espermatogônias (SPG) e lume dos túbulos seminíferos fechados, **B:** pequena quantidade de espermatozoides (SPZ) no lume dos túbulos seminíferos indicando o início da maturação gonadal; **C:** túbulos seminíferos repletos de espermatozoides (SPZ) no estádio maturação/maduro **D:** espermiado contendo somente espermatogônias e túbulos seminíferos abertos.

DISCUSSÃO

Este estudo analisou comparativamente a reprodução de *C. lepidura* em três trechos da bacia do rio São Francisco. Estudos relacionados a reprodução desta espécie foram realizados somente em ambientes lênticos, abordando biologia reprodutiva e dieta no reservatório de Juramento (Alvarenga et al., 2006), fecundidade no reservatório de Três Marias (Andrade et al., 2001; Andrade et al., 2010a) e maturação testicular no reservatório de Três Marias (Andrade et al., 2010b). Entretanto, o presente estudo é o primeiro a comparar a reprodução desta espécie em e ambiente lêntico e ambientes lóticos.

Nos três trechos analisados, observou-se que as fêmeas apresentaram maior comprimento total e peso corporal que os machos. Este dimorfismo sexual parece ser característica comum para a família Curimatidae (Alves & Godinho, 1992) como também relatado para outras famílias de Characiformes (Thomé et al., 2005; Brandão et al., 2017).

Através de análises macro e microscópicas e variações do IGS, foram identificados três principais estádios de maturação gonadal para fêmeas e machos, similares às classificações utilizadas para outras espécies por Normando et al. (2014) na bacia do rio São Francisco e Abdo et al. (2018) na bacia do rio Jequitinhonha. A ocorrência de peixes em atividade reprodutiva durante a maior parte do ano, além da presença de folículos em todas as fases de desenvolvimento, associados às variações de IGS, confirmam que a desova da *C. lepidura* é do tipo parcelado ou em lotes.

O tamanho de primeira maturação gonadal foi estabelecido baseando-se no comprimento total do menor exemplar fêmea e macho no estádio maturação/maduro respectivamente, similar aos procedimentos utilizados por Boncompagni-Júnior et al. (2013).

A análise histométrica de ovários em maturação/maduros mostrou quatro classes de diâmetro de folículos vitelogênicos indicando desenvolvimento assincrônico da foliculogênese com populações distintas de folículos vitelogênicos que serão desovados em lotes, como observado em outros teleósteos de desova parcelada e com fecundidade em lotes (Melo et al., 2011; Armstrong & Witthames, 2012). A foliculogênese assincrônica é característica de espécies com longo período reprodutivo, desova múltipla ou parcelada (Núñez & Duponchelle, 2009; Lubzens et al., 2010), como *C. lepidura* do presente estudo.

Os resultados do presente estudo, mostraram que na bacia do rio São Francisco, *C. lepidura* reproduz nos três trechos analisados embora com menor desempenho nos trechos 2 e 3, trechos de ambiente lótico. Diferentemente de espécies migradoras de médio e grande porte, que apresentaram reprodução prejudicada no trecho 2 e melhor sucesso reprodutivo no trecho 3, (Sato et al. 2005; Arantes et al. 2010; Domingos et al. 2012; Thomé et al. 2012, Weber et al., 2013; Nunes et al. 2015, Brandão et al., 2017)

Curimatella lepidura é espécie sedentária que habita preferencialmente lagoas marginais, ou seja, ambiente lênticos, o que pode explicar a ocorrência de maiores valores de CT, PC, IGS e K nos peixes coletados no trecho 1. Algumas espécies sedentárias apresentam sucesso reprodutivo com a alteração de ambientes lóticos para lênticos, como é o caso de *Serrasalmus spilopleura* em Salto Grande, Alto Rio Paraná (Ferreira et al., 1998) e *Serrasalmus brandtii* na represa de Três Marias (Teles & Godinho, 1997). Estas espécies possuem pré-adaptações à vida em ambientes de água parada e em muitos casos, apresentam elevada plasticidade comportamental aliada a baixa seletividade de habitat e recursos, completando seu ciclo reprodutivo em reservatórios (Agostinho et al 2007). Tais fatores podem explicar o fato dos peixes capturados ambientes lóticos, nos trechos 2 e 3 do presente estudo, apresentarem menor desempenho reprodutivo (Esteves 1985; (Hubbs, 1972; Clarkson & Childs, 2000; Bunn & Arthington, 2002; Donaldson et al. 2008; Mantel et al., 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, T. F., MARCON, L. & BAZZOLI, N. Downstream effects of a large reservoir on the reproductive activity of *Prochilodus hartii* (Pisces: Prochilodontidae). **Animal Reproduction Science**. v. 190, p. 102-107, 2018.

ABELL, R., THIEME, M. L., REVENGA, C., BRYER, M., KOTTELAT, M., BOGUTSKAYA, N., COAD, B., MANDRAK, N., BALDERAS, S. C., BUSSING, W., STIASSNY, M. L. J., SKELTON, P., ALLEN, G. R., UNMACK, P., NASEKA, A., REBECCA, N.G., SINDORF, N., ROBERTSON, J., ARMIJO, E., HIGGINS, J. V., HEIBEL, T. J., WIKRAMANAYAKE, E., OLSON, D., LÓPEZ, H. L., REIS, R. E., LUNDBERG, J. G., SABAJ PÉREZ, M. H. & PETRY, P. Freshwater Ecoregions of the World : A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.

AGOSTINHO, A. A., MENDES, V. P., SUZUKI, H. T. & CANZI, C. Avaliação da atividade reprodutiva da comunidade de peixes dos primeiros quilômetros a jusante do reservatório de Itaipu. **Revista Unimar**, v. 15, p. 175-189, 1993.

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. & PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Eduem, 501p, 2007.

AGOSTINHO, A. A., PELICICE, F. M.& GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical and management related to diversity and fisheries**. Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1119-1132, 2008.

ALVARENGA, E. R., BAZZOLI, N., SANTOS, G. B. & RIZZO, E. Reproductive biology and feeding of *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Pisces, Curimatidae) in Juramento reservoir, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 2, p. 314-322, 2006.

ALVES, C. B. M. & GODINHO, H. P. Ciclo reprodutivo e relação peso-comprimento de fêmeas de *Steindachnerina elegans* (Steindachner, 1874) (Ostariophysi, Curimatidae) na represa de Três Marias, MG, p. 20-27. *In:* H.P. GODINHO & P.M. BARBOSA (Eds). **Aquicultura em Minas Gerais.** Belo Horizonte, Associação Mineira de Aqüicultura, 122p.

ALVES, C. B. M. & POMPEU, P. S. Peixes do rio das Velhas: passado e presente. 2.ed., Belo Horizonte: SEGRAC, 194p, 2010.

ANDRADE, D. R. Biologia reprodutiva da manjuba *Curimatella lepidura* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Pisces, Curimatidae) da represa de Três Marias, rio São Francisco, MG. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Minas Gerais, 1990.

ANDRADE, D. R., VIDAL JUNIOR, M. V., GODINHO, H. P., TONINI, W. C. T. & BURKERT, D.; Fecundidade da manjuba *Curimatella lepidura* (Curimatidae) na represa de Três Marias, rio São Francisco, MG. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 1401-1408, 2010a.

ANDRADE, D. R., TONINI, Willian C T., BURKERT, D., GODINHO, H. P. & VIDALJR, M. V. Maturação testicular na manjuba C. lepidura (Pisces, Curimatidae) da represa de Três Marias, rio São Francisco. Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, p. 9-16, 2010b.

ANDRADE, R F., BAZZOLI, N., RIZZO, E. & SATO, Y. Continuous gametogenesis in the neotropical freshwater teleost, *Bryconops affinis* (Pisces:Characidae). **Tissue & Cell**, v. 33, n. 5., p. 524-532, 2001.

ARANTES, F. P., SANTOS, H. B., RIZZO, E., SATO, Y. & BAZZOLI, N. 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**, v.24, p. 330-336, 2010.

ARAYA, P. R., AGOSTINHO, A. A. & BECHARA, J. A. The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yacyreta Reservoir (Argentina). **Fisheries Researh,** v. 74, p. 198-209, 2005.

ARMSTRONG, M. J. & WITTHAMES, P. R. Developments in understanding of fecundity of fish stocks in relation to egg production methods for estimating spawning stock biomass. **Fisheries Research**, v. 117-118, p. 35-47, 2012.

BARLETTA, M., JAUREGUIZAR, J., BAIGUN, C., FONTOURA, N. F., AGOSTINHO, A. A., ALMEIDA-VAL, V. M. F., VAL, A. L., TORRES, R. A., JIMENES-SEGURA, L. F., GIARRIZZO, T., FABRÉ, N. N., BATISTA, V. S., LASSO, C., TAPHORN, D. C., COSTA, M. F., CHAVES, P. T., VIEIRA, J. P. & CORRÊA, M. F. M. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology**, v. 76, n. 9, p. 2118-2176, 2010.

BARBOSA, J. M. & SOARES, E. C. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 156-172, 2009.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 255-283, 1977.

BAZZOLI, N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: GODINHO, A. L. & GODINHO, H. P. (Org.). **Águas, peixes e pescas no São Francisco das Minas Gerais**, Belo Horizonte: PUC Minas, p. 291-306, 2003

BONCOMPAGNI-JÚNIOR, O., NORMANDO, F. T., BRITO M. F. G & BAZZOLI, N. Reproductive biology of *Prochilodus argenteus* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) in São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, p. 132-138, 2013.

BRANDÃO, L. E. D., NASCIMENTO, A. V., MARCON, L., SANTOS, J. E., SANTIAGO, K. B., RIZZO, E. & BAZZOLI, N. Comparative analyses of reproductive activity in *Schizodon knerii* (Steindachnet, 1875) (Characiformes: Anostomidae) in three sections of the São Francisco River basin. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 33, n. 6, p. 1118-1124, 2017.

BUCKUP, P. A., MENEZES, N. A. & GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 195 p., 2007.

BUNN, S. E. & ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, v. 30, n. 4, p. 492-507, 2002.

CLARKSON, R. W. & CHILDS, M. R. Temperature Effects of Hypolimnial-Release Dams on Early Life Stages of Colorado River Basin Big-River Fishes. **Copeia**, p. 402-412, 2000.

COSTANZA, R., GRAUMLICH, L., STEFFEN, W., CRUMLEY, C., DEARING, J., HIBBARD, K., LEEMANS, R., REDMAN, C. & SCHIMEL, D. Sustainability or collapse: What can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? **Ambio,** v. 36, p. 522–527, 2007.

DOMINGOS, F. F. T., THOME, R. G., ARANTES, F. P., CASTRO, A. C. S., SATO, Y., BAZZOLI, N. & R RIZZO, E. Assessment of spermatogenesis and plasma sex steroids in a seasonal breeding teleost : a comparative study in an area of influence of a tributary, downstream from a hydroelectric power dam, Brazil. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, p. 1709-1719, 2012.

DONALDSON, M. R., COOKE, S. J., PATTERSON, D. A. & MACDONALD, J. S. Cold shock and fish. **Journal of Fish Biology**, v. 73, p. 1491–1530, 2008.

DUGAN, P. J., BARLOW, C., AGOSTINHO, A. A., BARAN, E., CADA, G. F., CHEN, D., COWX, I. G., FERGUSON, J. W., JUTAGATE, T., MALLEN-COOPER, M., MARMULLA, G.; NESTLER, J.; PETRERE, M. WELCOMME, R. L. &
FERREIRA, L. I., HOFLING, J. C., RIBEIRO NETO, F. B., SOARES, A. S. & TOMAZINI, A. Distribuição, reprodução e alimentação de *Serrasalmus spilopleura* no reservatório de Salto Grande, Americana, SP, Brasil. **Revista BIOIKOS**, Campinas, v 12, n. 1, p. 19-28, 1998.

GODINHO, H. P. Reprodução dos peixes da represa de Três Marias. **Informe Agropecuária**, v. 10, p. 29-34, 1984.

GODINHO, A. L. & GODINHO, H. P. Breve visão do São Francisco. In: **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, p.15-24, 2003.

GOLDEMBERG, J. & LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**. v. 21, n. 59, 2007.

HONORATO-SAMPAIO, K., PRADO, P. S., SATO, Y., BAZZOLI, N. & RIZZO, E. Comparative morphology of the oocyte surface and early development in four Characiformes from the São Francisco River, Brazil. **Journal of Morphology**, v. 276, p. 1258-1278, 2015.

HUBBS, C. Some Thermal Consequences of Environmental Manipulations of Water. **Biologica**, v. 4, p. 185-188, 1972.

LANGEANI, F., BUCKUP, P. A., MALABARBA, L. R., PY-DANIEL, L. H. R., LUCENA, C. A. S., ROSA, R. S., ZUANON, J. A. S., LUCENA, Z. M. S., BRITTO, M. R., OYAKAWA, O. T. & GOMES-FILHO, G. Peixes de Água Doce. In: ROCHA, R. M. & BOEGER, W. A. P. (Orgs.). **Estado da arte e perspectivas para a zoologia no Brasil**. Curitiba: Ed. UFPR, p. 211-230. 2009.

LOWE-MCCONNELL, R. H. Respostas dos Peixes às Condições em Águas Tropicais. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities. Cambridge University Press: London**. p. 534, 1987.

LUBZENS, E., YOUNG, G., BOBE, J. & CERDÀ, J. Oogenesis in teleosts: how eggs are formed. **General and comparative endocrinology**, v. 3, p. 367-89, 2010.

MANTEL, S. K. & HUGHES, D. A. Ecological impacts of small dams on South African rivers Part 2 : Biotic response – abundance and composition of macroinvertebrate communities. **Water Research Commission**, v. 36, p. 361-370, 2010.

MELO, R. M. C., FERREIRA, C. M., LUZ, R. K., SATO, Y., RIZZO, E. & BAZZOLI, N. Comparative oocyte morphology and fecundity of five characid species from São Francisco River basin, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 27, p. 1332–1336, 2011.

NORMANDO, F. T., SANTIAGO, K. B., GOMES, M. V. T., RIZZO E. & BAZZOLI, N., Impact of the Três Marias dam on the reproduction of the forage fish *Astyanax bimaculatus* and *A. fasciatus* from the São Francisco River, downstream from the dam, southeastern Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 97, p. 309-319, 2014.

NUNES, D. M. F., MAGALHÃES, A. L. B., WEBER, A. A., GOMES, R. Z., NORMANDO, F. T., SANTIAGO, K. B., RIZZO, E. & BAZZOLI, N. 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**, v. 13, n. 2, p. 317-324, 2015.

NÚÑEZ, J. & DUPONCHELLE, F. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, p. 167-80, 2009.

OLDEN, J.D., NAIMAN, R.J. Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. **Freshwater Biology**. v. 55, p. 86-107, 2010.

PARKINSON, D., PHILIPPORT, J.C. & BARAS, E. A preliminary investigation of spawning migration of grayling in a small stream a determined by radio-tracking. **Journal of Fish Biology**. v. 55, p. 172–182, 1999.

POFF, N.L., ALLAN, J.D., BAIN, M.B., KARR, J.R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B.D., SPARKS, R.E. & STROMBERG J.C. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**. v. 47, p. 769–784, 1997.

REIS, R. E., KULLANDER, S. O. & FERRARIS, C. J. **Check list of freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, 742p, 2003.

SATO, Y., CARDOSO, E. L. & AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do rio São Francisco a montante da represa de Três Marias (Minas Gerais).** Brasília: CODEVASF, 42p, 1987.

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

SATO, Y., BAZZOLI, N., RIZZO, E., BOSCHI, M. B. & MIRANDA, M. O. 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**, v. 8, p. 939-950, 2005.

SATO, Y. & GODINHO, H. P. Migratory Fishes of the São Francisco River. In: CAROLSFELD, J., HARVEY, B., ROOSS, C. & BAER, A. (Ed.) **Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation**, p. 195-232, 2003.

TELES, M. E. O. & GODINHO, H. P. Ciclo reprodutivo da pirambeba *Serrasalmus brandtii* (Teleostei, Characidae) na represa de Três Marias, rio São Francisco. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 2, p. 177-185, 1997.

THÉRY, H. O vale do São Francisco, uma região subdesenvolvida e sua valorização**. Ciência e Cultura**, v. 32, n. 8, p. 1010–1027, 1980.

THOMÉ, R.G., BAZZOLI, N., RIZZO, E., SANTOS, G.B. & RATTON, T.F. Reproductive biology of Leporinus taeniatus Lütken (Pisces, Anostomidae) in Juramento Reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v. 22, n. 3, p. 565-570, 2005

THOMÉ, R. G., SANTOS, H. B., ARANTES, F. P., DOMINGOS, F. F. T., BAZZOLI, N. & RIZZO, E. Dual roles for autophagy during follicular atresia in fish ovary. **Autophagy,** v. 5, n. 1, p. 117-119, 2009.

THOMÉ, R. G., DOMINGOS, F. F. T., SANTOS, H. B., MARTINELLI, P. M., SATO, Y., RIZZO, E. & BAZZOLI, N. Apoptosis, cell proliferation and vitellogenesis during the folliculogenesis and follicular growth in teleost fish. **Tissue Cell**, v. 44, p. 54-62, 2012.

VARI, R. P. Family Curimatidae (Toothless characiforms), **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**. Porto Alegre: Edipucrs, p. 51-64, 2003.

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

WEBER, A. A., NUNES, D. M. F., GOMES, R. Z., RIZZO, E., SANTIAGO, K. B., & BAZZOLI, N. Downstream impacts of a dam and influence of a tributary on the reproductive success of *Leporinus reinhardti* in São Francisco River. **Aquatic Biology**, v. 19, p. 195-200, 2013.

WELCOMME, R. L. River fisheries. **FAO Fisheries Technical Paper**, v. 262, p. 1-330, 1985.

WELCOMME, R. L., WINEMILLER, K. O. & COWX, I. G. Fish environmental guilds as a tool for assessment of ecological condition of rivers. **River Research and Applications**, v. 22, n. 3, p. 377-396, 2006.