



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA



RAFAEL RODRIGUES FARIAS

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH *Copella arnoldi*
(REGAN 1912) EM UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE
OCIDENTAL**

Belém,
2017

RAFAEL RODRIGUES FARIAS

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH *Copella arnoldi*
(REGAN 1912) EM UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE
OCIDENTAL**

Dissertação apresentado ao programa de Pós-graduação em Zoologia do convênio Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação

Linha de pesquisa: Ecologia animal

Orientador: Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
Co-orientadora: Dr^a. Rossineide Martins da Rocha

Belém,
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

F224b Farias, Rafael Rodrigues.
Biologia reprodutiva do peixe tetra splash *Copella arnoldi*
(Regan 1912) em uma bacia do atlântico noroeste ocidental / Rafael
Rodrigues Farias. — 2017.
39 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag
Coorientador(a): Prof. Dr. Rossineide Martins da Rocha
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em
Zoologia, Belém, 2017.

1. Peixe. 2. Precipitação. 3. Reprodução. I. Título.

CDD 571.8

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAFAEL RODRIGUES FARIAS

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH *Copella arnoldi* (REGAN 1912) EM UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE OCIDENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia, sendo a comissão julgadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr^a. ROSSINEIDE MARTINS DA ROCHA

Universidade Federal do Pará (Presidente)

Prof. Dr^a. CLARICE BERNHARDT FIALHO

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr^a. JULIA GIORIA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. GLEOMAR FABIANO MASCHIO

Universidade Federal do Pará

Prof. Dr^a. MARIA CRISTINA DOS SANTOS COSTA

Universidade Federal do Pará

Prof. Dr^a. FERNANDA NOGUEIRA VALENTIN

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Aprovado em: 14/12/2017

Local da defesa: Auditório Paulo Mendes (ICB/UFPA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo na minha vida.

Ao Programa de Pós graduação em Zoologia (PPGZOO) do convênio Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, pela chance de continuar na carreira científica e acadêmica.

À CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag, pela orientação nesse trabalho, pelos conselhos e paciência durante a realização do mesmo.

A minha co-orientadora Prof^a. Dr^a Rossineide Rocha pela dedicação em retirar as dúvidas do trabalho.

As professoras Rossineide Rocha e Maria Auxiliadora do laboratório de histologia pela parceria no trabalho.

Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Ecologia e Conservação, do Instituto de Ciências Biológicas (UFPA) pelo auxílio prestado.

Ao Prof. Dr. James T. Lee por ceder o seu material para as coletas.

Aos meus primos Caio, Lucas, Chafi, Gabriel e Flavia, pelo auxílio com as coletas.

Aos meus pais, Rui Jose Feio Farias e Ana das Graças Lobo Rodrigues, e aos meus familiares por todo apoio e por sempre estarem comigo.

A minha namorada Vanessa Moura e aos nossos “Pets” por proporcionar momentos felizes e divertidos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS.....	10
BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH Copella arnoldi (Regan 1912) EM UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE OCIDENTAL	12
RESUMO.....	14
INTRODUÇÃO	15
MATÉRIAL E METODOS	16
Área de estudo	16
Coletas de material biológico e variáveis ambientais.....	17
Procedimentos laboratoriais.....	17
Análise de dados	18
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO	27
AGRADECIMENTOS.....	30
REFERÊNCIAS.....	30
ANEXOS	36

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF FISH TETRA SPLASH *Copella arnoldi* (Regan 1912) IN A BASIN OF NORTHWEST ATLANTIC WEST

ABSTRACT

Fish that spawn in the terrestrial environment tend to have a higher energy expenditure against the risk of dehydration of eggs and the degree of survival of juveniles, eventually adjusting their reproduction to the hydrological conditions of the environment. Therefore, the present work had the objective of analyzing the influence of precipitation on reproductive aspects of *tetra splash Copella arnoldi* on the Taiassuí river, in a basin of Northwest Atlantic West, Pará State, Brazil. A total of 171 specimens were collected in bimonthly campaigns from August 2016 to June 2017, in laboratory standard length and total weight were evaluated, then the specimens were eviscerated for later weighing and analysis of the gonads. The gonads underwent histological routine to determine the stage of gonadal development. The mature gonads were placed in Gilson's solution and dissociated to obtain the data of fecundity and type of spawning. On average, each mature female of *C. arnoldi* possessed 85 oocytes; the lowest and highest oocyte diameter frequency was in the 700-300 µm class, respectively; the modal type distribution indicates a total spawning. The L50 was estimated at 18.09 mm for females and 18.52 mm for males. The weight-length relationship indicated that females and males tend to grow in equal proportions of weight and length. The condition factor did not change in relation to the rainfall cycle, although slightly higher values were observed during the dry season. The sex ratio remained the expected (1: 1) throughout the study period, however during April and August there is a predominance of females in the population. The spawning period of *C. arnoldi* appears to be associated with the rainy season, since two reproductive peaks can be observed in December (early rainy season) and April (month of higher precipitation). Thus, we show that *C. arnoldi* synchronizes spawning with the rainy season probably due to a lower risk of egg dehydration and greater survival of juveniles.

Key words: Fish, Rain, Reproduction, Condition factor, Terrestrial spawning.

BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH *Copella arnoldi* (REGAN 1912) EM UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE OCIDENTAL

RESUMO

Peixes que desovam em ambiente terrestre tendem a ter um maior gasto energético contra o risco de desidratação dos ovos e com o grau de sobrevivência de juvenis, acabando por ajustar a sua reprodução com as condições hidrológicas do ambiente. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da precipitação na biologia reprodutiva do peixe *tetra splash Copella arnoldi* no rio Taiassuí, uma bacia do Atlântico Noroeste Ocidental, Estado do Pará, Brasil. Um total de 171 espécimes foram coletados em campanhas bimensais de agosto de 2016 a junho de 2017, em laboratório foi avaliado comprimento padrão e o peso total, em seguida os espécimes foram eviscerados para posterior pesagem e análise das gônadas. Análises histológicas foram realizadas para determinação do estágio de desenvolvimento gonadal. As gônadas maduras foram colocadas em solução de Gilson e dissociadas para obtenção dos dados de fecundidade e tipo de desova. Em média, cada fêmea madura de *C. arnoldi* possui 85 oócitos; a menor e maior frequência de diâmetro dos oócitos ficou na classe dos 700 a 300 μm , respectivamente; a distribuição do tipo modal indica uma desova total. O L_{50} foi estimado em 18,09 mm para fêmeas e 18,52 mm para os machos. A relação peso-comprimento indicou que fêmeas e machos tendem a crescer em proporções iguais de peso e comprimento. O fator de condição não variou em relação ao ciclo pluviométrico, apesar de valores levemente mais altos serem observados durante o período de estiagem. A razão sexual se manteve ao esperado (1:1) para todo o período de estudo, entretanto durante abril e agosto há uma predominância de fêmeas na população. A período de desova de *C. arnoldi* aparenta estar associado a estação de maior precipitação, visto que dois picos reprodutivos podem ser observados em dezembro (início do período chuvoso) e abril (mês de maior precipitação). Assim, evidenciamos que *C. arnoldi* sincroniza a desova com a estação chuvosa provavelmente devido a um menor risco de desidratação dos ovos e maior sobrevivência de juvenis.

Palavras-chave: Peixe, chuva, reprodução, fator de condição, desova terrestre.

INTRODUÇÃO GERAL

Os peixes tropicais têm algumas características reprodutivas (e.g. período de desova e alocação de biomassa), determinados, principalmente em resposta a fatores que estruturam os ecossistemas aquáticos, como a precipitação e o pulso de inundação (Arthington 2002; Andrade and Braga 2005; Godinho et al. 2010). Sabe-se que a elevada heterogeneidade dos ecossistemas aquáticos tropicais é uma das causas para o aparecimento de uma enorme variedade de características reprodutivas (Junk and Furch, 1993; Tedesco et al. 2008).

O evento reprodutivo dos peixes tende a coincidir com períodos de condições favoráveis à reprodução, seja pela maior disponibilidade de recurso ou o menor risco de predação no ambiente (Winemiller 1989; Bailly et al. 2008). Por esse motivo nas regiões tropicais a desova tende a estar sincronizada com estação chuvosa ou com o período de cheia dos rios, visto que ação da chuva e das inundações permitem acesso dos peixes a vegetação ripária em busca de alimento e novos microhabitats (Bailly et al. 2008; Godinho et al. 2010; Correa and Winemiller 2014). Dessa forma, é possível associar os aspectos reprodutivos com as características do habitat, como o padrão pluviométrico, o fluxo de água e o grau de estabilidade e previsibilidade de recursos e mortalidade de juvenis no ambiente (Winemiller 1993, Godinho et al. 2010).

Nos ambientes com variações sazonais da precipitação os peixes tendem a produzir uma grande quantidade de ovos e desova-los em um curto período de tempo, pois variações previsíveis na disponibilidade de microhabitats e alimentos favorecem aspectos reprodutivos sazonais (Winemiller 1993; Bailly et al. 2008). No entanto nos ambientes mais estáveis, como áreas constantemente alagadas, a desova não é restringida a um único período hidrológico, devido a presença de condições ambientais favoráveis durante todo o ano, os peixes dessas regiões tendem a produzir uma menor quantidade de ovos e uma pouca diferença no fator de condição durante o ciclo anual, devido a entrada constante de recursos alimentares (Winemiller 1993; Hashiguti et al. 2017).

Neste contexto de áreas de intensa precipitação e ambientes lótico, está o rio Taiassuí, afluente do rio Guamá, na bacia do Atlântico Noroeste Ocidental. A região é caracterizada por uma alta vazão e pela presença do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), marcada por um regime pluviométrico irregular e intenso, mesmo durante os períodos de estiagem do ano (Moraes et al. 2005). Por esse motivo a precipitação tende a ser o principal regulador do pulso de inundação dos sistemas aquáticos dessa região, havendo também uma certa influência do ciclo de marés no nível água (MMA 2006).

Copella arnoldi (Regan 1912) é uma das espécies da Família Lebiasinidae encontradas no rio Taiassuí, e distribuída desde o baixo amazonas até a região das Guianas, onde habita áreas de remanso na margem de rios e riachos, (Sabino and Zuanon 1997; Marinho and Menezes 2017). A

espécie é amplamente conhecida por apresentar uma estratégia reprodutiva onde macho e fêmea saltam de forma sincronizada em folhas fora da água, onde depositam e fertilizam seus ovos (Krekorian and Dunham 1972). Além disso os machos tendem a permanecer próximos a área de desova, esborrifando água nos ovos, com a nadadeira caudal, para mantê-los hidratados (Nelson and Krekorian 1976).

A influência da precipitação na biologia reprodutiva de *C. arnoldi* pode estar relacionada a fatores como a sobrevivência de juvenis e no risco de desidratação dos ovos, visto que espécies de peixes que apresentam táticas de desovar em ambientes terrestres investem muita energia para minimizar a mortalidade de juvenis e o risco de desidratação dos ovos (Martin and Carter 2013). Assim sendo, a presente dissertação visa estudar a biologia reprodutiva de *C. arnoldi*, procuramos avaliar a influência do regime hidrológico na biologia reprodutiva da espécie, avaliando com base em técnicas histológicas o desenvolvimento gonadal, além de determinar o período reprodutivo, tipo de desova, relação peso-comprimento, fecundidade, fator de condição e comprimento médio da primeira maturação sexual.

REFERÊNCIAS

- Andrade, P. M, Braga, F. M. S. (2005) Reproductive Seasonality of Fishes from a Lotic Stretch of the Grande River, High Paraná River Basin, Brazil. *Brazilian journal of biology* 65, 387–394.
- Arthington, A. H. (2002) Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity 1. *Environmental Management* 30, 492–507.
- Bailly, D, Agostinho, A. A, Suzuki, H. I. (2008) Influence of the Flood Regime on the Reproduction of Fish Species with Different Reproductive Strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal Brazil. *River research and applications* 24, 1218–1229.
- Correa, S. B, Winemiller, K. O. (2014) Niche Partitioning among Frugivorous Fishes in Response to Fluctuating Resources in the Amazonian Floodplain Forest. *Ecology* 95, 210–224.
- Godinho, A. L, Lamas, I. R, Godinho, H. P. (2010) Reproductive Ecology of Brazilian Freshwater Fishes. *Environmental Biology of Fishes* 87, 143–162.
- Hashiguti, D. F, Rocha, R. M, Montag, L. F. A. (2017) Reproductive Seasonality of the Detritivorous Fish *Cyphocharax Abramoides* (Kner, 1958) (Characiformes:Curimatidae) in Flooded Rivers of the Eastern Amazon. *Environmental Biology of Fishes* 100, 1033–1046.
- Junk, W. J, Furch, K. (1993) A General Review of Tropical South American Floodplains. *Wetlands Ecology and Management* 2, 231–238.

- Krekorian, C. O, Dunham, D. . (1972) Parental Egg Care in the Spraying Characid (*Copeina Arnoldi* Regan): Role of the Spawning Surface. *Animal behavior* 20,356–360.
- Marinho, M. M, Menezes, N. A. (2017) Taxonomic Review of *Copella* (Characiformes : Lebiasinidae) with an Identification Key for the Species. *PLOS one* 12,1–53.
- Martin, K. L, Carter, A. L. (2013) Brave New Propagules: Terrestrial Embryos in Anamniotic Eggs. *Integrative and Comparative Biology* 53, 233–247.
- MMA. (2006) Caderno Da Região Hidrográfica Do Tocantins - Araguaia. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis 1,132 p.
- Moraes, B. C. De, Maria, J., Carlos, A, Costa, M. H. (2005) Variação Espacial E Temporal Da Precipitação No Estado Do Pará. *Acta Amazonica* 35, 207–214.
- Nelson, S. G, Krekorian, C. O. N. (1976) The Dynamics of Parental Care of *Copeina Arnoldi* (Pisces, Characidae). *Behavioral Biology* 17, 507–518.
- Sabino, J. & Zuanon, J. (1997) A Stream Fish Assemblage in Central Amazonia : Distribution , Activity Patterns and Feeding Behavior. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* Vol.8, 201–210.
- Tedesco, P. A, Hugueny, B, Oberdorff, T, Durr, H. H, Mérigoux, S, Mérona, B. (2008) River Hydrological Seasonality Influences Life History Strategies of Tropical Riverine Fishes. *Oecologia* 156,691–702.
- Winemiller, K. O. (1989) Patterns of Variation in Life History among South American Fishes in Seasonal Environments. *Oecologia* 81,225–241.
- Winemiller, K. O. (1993) Seasonality of Reproduction by Livebearing Fishes in Tropical Rainforest Streams. *Oecologia* 95, 266–276.

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA
SPLASH *Copella arnoldi* (Regan 1912) EM UMA
BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE
OCIDENTAL**

O capítulo foi elaborado conforme as normas de publicação da revista *Journal of Fish Biology* (ISSN:1095-8649), as quais se encontram em anexo.

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE TETRA SPLASH *Copella arnoldi* (Regan 1912) EM
UMA BACIA DO ATLÂNTICO NOROESTE OCIDENTAL**

¹Rafael Rodrigues Farias; ³Camilla de Nazaré da Silva Cavalcante Tavares; ²Rossineide Martins
Rocha; ¹Luciano Fogaça de Assis Montag

¹Laboratório de Ecologia e Conservação. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CP 479, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil.

²Laboratório de Ultraestrutura Celular; Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do
Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, CP 479, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil.

³Universidade da Amazônia – UNAMA, Av. Alcindo Cacela, 278, Umarizal, CEP 66065-219,
Belém, PA, Brasil.

RESUMO

Peixes que desovam em ambiente terrestre tendem a ter um maior gasto energético contra o risco de desidratação dos ovos e com o grau de sobrevivência de juvenis, acabando por ajustar a sua reprodução com as condições hidrológicas do ambiente. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência da precipitação na biologia reprodutiva do peixe *tetra splash* *Copella arnoldi* no rio Taiassuí, uma bacia do Atlântico Noroeste Ocidental, Estado do Pará, Brasil. Um total de 171 espécimes foram coletados em campanhas bimensais de agosto de 2016 a junho de 2017, em laboratório foi avaliado comprimento padrão e o peso total, em seguida os espécimes foram eviscerados para posterior pesagem e análise das gônadas. As gônadas passaram por rotina histológica para determinação do estágio de desenvolvimento gonadal. As gônadas maduras foram colocadas em solução de Gilson e dissociadas para obtenção dos dados de fecundidade e tipo de desova. Em média, cada fêmea madura de *C. arnoldi* possui 85 oócitos; a menor e maior frequência de diâmetro dos oócitos ficou na classe dos 700 a 300 μm , respectivamente; a distribuição do tipo modal indica uma desova total. O L_{50} foi estimado em 18,09 mm para fêmeas e 18,52 mm para os machos. A relação peso-comprimento indicou que fêmeas e machos tendem a crescer em proporções iguais de peso e comprimento. O fator de condição não variou em relação ao ciclo pluviométrico, apesar de valores levemente mais altos serem observados durante o período de estiagem. A razão sexual se manteve ao esperado (1:1) todo o período de estudo, entretanto durante abril e agosto há uma predominância de fêmeas na população. A período de desova de *C. arnoldi* aparenta estar associado a estação de maior precipitação, visto que dois picos reprodutivos podem ser observados em dezembro (início do período chuvoso) e abril (mês de maior precipitação). Assim, evidenciamos que *C. arnoldi* sincroniza a desova com a estação chuvosa provavelmente devido a um menor risco de desidratação dos ovos e maior sobrevivência de juvenis.

.

Palavras chaves: Peixe, chuva, reprodução, fator de condição, desova terrestre.

INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos reguladores dos ecossistemas aquáticos tropicais, influenciando fatores abióticos, como o padrão fluviométrico e a disponibilidade de novos microhabitats (Francisco et al., 2006; Wantzen et al., 2008), e fatores bióticos, como a biologia reprodutiva e a dinâmica populacional dos peixes, como o período de desova, crescimento e a proporção sexual (Andrade & Braga, 2005; Tedesco et al., 2008; Godinho et al., 2010). Entretanto, ainda é um desafio estudar os eventos reprodutivos, devido as diferentes respostas dos peixes às condições heterogêneas dos ambientes tropicais (Junk, 1989; Espírito-Santo et al., 2013).

Um evento reprodutivo é determinado através da associação de características morfológicas, fisiológicas com as condições do ambiente, visto que características como tipo de ovos, recursos e a taxa de mortalidade de juvenis determinam a condição e o período ideal para a reprodução (Espírito-Santo et al., 2013). Muitos peixes sincronizam a reprodução com o padrão hidrológico, alocando suas reservas energéticas e desovando em momentos de maior disponibilidade de microhabitats, alimento e menor risco de predação para a prole (Andrade & Braga, 2005; Alvarenga et al., 2006; Bailly et al., 2008; Ballesteros et al., 2009).

Copella arnoldi (Regan 1912) da Família Lebiasinidae, é uma espécie distribuída desde o baixo amazonas até a região das Guianas, onde habita áreas de remanso nas margens de rios e de riachos (Marinho & Menezes, 2017). Amplamente conhecida devido ao macho e a fêmea saltarem de forma sincronizada em folhas fora da água, onde depositam e fertilizam seus ovos. Após o evento da desova, os machos esborrifam água nos ovos, com a nadadeira caudal, para mantê-los hidratados, e desse processo surgiu o nome *Tetra Splash* (Nelson & Krekorian, 1976).

Existem poucos relatos de peixes de água doce neotropicais que saem da água durante o processo reprodutivo, as únicas espécies conhecidas com desova terrestre são *Brycon petrosus* (Meek & Hildebrand, 1913), *Kryptolebias marmoratus* (Poey, 1880) e a espécie deste estudo, *Copella arnoldi* (Ord & Cooke, 2016). Peixes com táticas em desovar no ambiente terrestre procuram evitar a desidratação dos ovos através de características, como o tamanho dos ovos,

comportamento e pela desova em ambiente sombreados ou em períodos úmidos (Krekorian, 1976; Kramer, 1978; Martin & Carter, 2013). Nesse caso, informações da biologia reprodutiva visam esclarecer como a reprodução de uma espécie se ajusta aos períodos de precipitação, elucidando os mecanismos, associados a desova terrestre, que permitem o sucesso reprodutivo.

Presumindo que a precipitação tem um importante papel na biologia reprodutiva das espécies de peixes tropicais. Temos a hipótese que as atividades reprodutivas de *C. arnoldi* esteja associado ao período de maior precipitação, devido a maior disponibilidade de microhabitats e maior umidade, condições mais propícias a uma desova terrestre e a sobrevivência da prole. Confirmando esta hipótese, o presente trabalho procura avaliar o efeito da precipitação na biologia reprodutiva de *C. arnoldi*. Para isso foram realizadas análises histológicas descrevendo o desenvolvimento gonadal, o comprimento médio da primeira maturação sexual, a relação peso comprimento, a fecundidade e o tipo de desova de *Copella arnoldi* em um rio da Bacia do Atlântico Noroeste Ocidental.

MATÉRIAL E METODOS

Área de estudo

O rio Taiassuí está localizada numa área de baixa latitude na região do nordeste paraense, região caracterizada como um bioma tipicamente amazônico, com cobertura vegetal classificada como floresta ombrófila densa (MMA, 2006). O rio Taiassuí é um afluente do rio Guamá, na bacia do Atlântico Noroeste Ocidental (MMA, 2006), onde sofre influência do ciclo de marés, e por isso é possível observar uma mudança temporária na direção do fluxo do rio. É um rio de água clara, apresentando pouco sedimento em suspensão, grande quantidade de matéria orgânica no fundo, com aproximadamente um metro de profundidade e cinco metros largura (Raiol et al., 2012).

De acordo com a classificação climatológica de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), a região apresenta clima tropical úmido, com temperaturas variando de 26°C a 32°C ao longo do ano. A região é marcada pela presença do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZITIC)

provocando regimes pluviométricos definidos, porém irregulares e intensos, por conta disso a região não apresenta uma deficiência hídrica marcante nos períodos de estiagem, com uma precipitação média anual superior aos 2.500 mm (Moraes et al., 2005). Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), a região apresenta um longo período chuvoso de dezembro a maio, um período de transição até meados de julho, e um período menos chuvoso entre agosto e novembro. Em relação a fluviosidade o período de cheia ocorre entre março e maio, e o período de seca é restringido a outubro e novembro.

Coletas de material biológico e variáveis ambientais

As coletas de peixes foram realizadas em 4 pontos ao longo do rio Taiassuí (1°23'47,08"S, 48°14'59,33"W), com aproximadamente 100 metros de distância entre os pontos de coleta, distribuídas em um total de seis campanhas bimensais entre os meses de agosto de 2016 a junho de 2017. As coletas dos peixes foram realizadas com rede de arrastos e redes de mão. Em campo os peixes coletados foram anestesiados com xilocaína e conservados imediatamente em formol a 10%. Após 24 horas as amostras foram transferidas para álcool 70%, e posteriormente analisadas no Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) no Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará. Os dados de precipitação foram obtidos através do sistema *Hidroweb* da Agência Nacional de Águas (estação 148003), sendo utilizada uma média de precipitação entre os anos de 2012 a 2017.

Procedimentos laboratoriais

No laboratório os peixes coletados passaram por biometria. O comprimento padrão (cm) foi aferido utilizando paquímetro analógico (precisão de 0,1 cm), já o peso total (g) foi averiguado com uma balança de precisão (precisão de 0,0001g), após este procedimento os peixes foram dissecados, para remoção e pesagem das gônadas em uma balança de precisão (0,00001g).

As gônadas foram submetidas ao procedimento histológico, que constitui de desidratação em concentrações crescentes de etanol (70% a 100%), diafanização em xilol, imersão e inclusão em parafina. Depois foram realizados corte de 5µm de espessura em um micrótomo, e posteriormente os cortes histológicos foram corados em Hematoxilina-Eosina (HE). Em seguida as lâminas foram analisadas e fotografadas em microscópio óptico Nikon eclipse Ci (Nikon Cam DS-Ri1). Os estádios de maturação gonadal foram classificados microscopicamente de acordo com o proposta modificada de Núñez & Duponchelle (2009).

Ovários maduros foram colocados em solução de *Gilson* para dissociação dos oócitos, logo depois transferidos para álcool a 70%. Os oócitos foram fotografados em estéreo microscópio Carl Zeiss (AxioCam ICc5), e as imagens foram analisadas no software livre *Fiji/ImageJ*. Sendo contado e medido o diâmetro dos oócitos, para a obtenção dos dados de fecundidade e tipo de desova.

Análise de dados

Foi estimado o comprimento médio de primeira maturação sexual (L_{50}). O fator L_{50} é uma medida na qual 50% dos indivíduos observados encontram-se em idade reprodutiva (Fontoura et al., 2009). A frequência de juvenis e adultos foram agrupados em classes de comprimento de 10 mm e os valores obtidos foram ajustados ao pacote *Solver* do *Microsoft Office Excel*® 2016, baseado numa curva logística: $P = (1 + e [r (L - L_{50})])^{-1}$, onde P é proporção de indivíduos maduros, r é o declive da curva, L o Comprimento total, L_{50} o comprimento médio de primeira maturação sexual (Prudente et al., 2015).

A relação peso-comprimento de cada sexo foi obtida através da equação alométrica $Pt = a \times Cp^b$, onde Pt é o peso total do peixe, a é o coeficiente linear de regressão, Cp é o comprimento padrão do peixe e b é o coeficiente alométrico que indica a relação peso-comprimento (Huxley, 1924; Froese, 2006). Os resíduos proporcionais de machos e fêmeas ((peso observado – peso esperado/peso observado)) foram analisados através de um teste t, com o intuito de verificar se existe diferença no tipo de crescimento (alométrico ou isométrico) de cada sexo (Prudente et al.,

2015). Os resíduos proporcionais foram plotados em função do comprimento padrão e analisados através de uma regressão linear para verificar a possível tendência de crescimento monofásico ou polifásico (Bervian et al., 2006; Oliveira et al., 2011).

Através de um ajuste na equação da relação peso-comprimento foi possível obter o fator de condição, o qual aponta a condição corporal do indivíduo em determinado período de tempo. O fator de condição (K) é calculado baseado pela fórmula $K=(Pt/CP^b)x100$. Para avaliar se o fator de condição da espécie variou entre os períodos pluviométrico, foi realizada uma análise de variância ANOVA one way, seguido de um teste de Tukey (Froese, 2006).

A proporção sexual da espécie em relação a todo o período de estudo e em relação a cada campanha de coleta foi avaliada através de uma tabela de contingência de seis linhas (campanhas) por duas colunas (sexo), sendo obtido valores observados e esperados de cada grupo, e a comparação entre esses valores foi feita através do teste do Qui-quadrado (χ^2) (McHugh, 2012).

Para a determinação do período de maior atividade reprodutiva de machos e fêmeas, foi utilizado o índice gonadossomático (IGS), obtida através da equação: $IGS=P_g/P_t x 100$, onde P_g é o peso das gônadas e P_t é o peso total da amostra (Nikolsky, 1963). A variação na atividade reprodutiva em relação ao ciclo pluviométrico foi analisado através de um teste não paramétrico de Kruskal Wallis, seguido de um teste de comparação múltipla por ranqueamento (Vargha & Delaney, 1998). A determinação do período reprodutivo também foi inferida pela frequência dos estádios de desenvolvimento gonadal ao longo do período de estudo.

Os dados foram plotados e analisados com a utilização do programa *Statistica 7.0*. Os pressupostos de homogeneidade e homocedasticidade foram testados. Os testes estatísticos utilizados tiveram como nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$) (Vargha & Delaney, 1998).

RESULTADOS

Um total de 171 indivíduos de *C. arnoldi* foram capturados durante o todo o período estudo, sendo encontrados 91 fêmeas e 80 machos. As fêmeas apresentaram um comprimento

médio de $2 \pm 0,30\text{cm}$ (média \pm desvio padrão) e um peso médio de $0,097 \pm 0,059\text{g}$, machos apresentaram um comprimento médio de $2,14 \pm 0,36\text{cm}$ e um peso de $0,117 \pm 0,061\text{g}$. Um total de 90 gônadas foram submetidas ao processamento histológico, sendo 50 fêmeas e 40 de machos.

Na Tabela 1 é apresentado a descrição histológica dos estádios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *C. arnoldi*.

Tabela 1 - Descrição histológica dos estádios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *C. arnoldi* na Bacia do rio Taiassuí, modificado de Núñez & Duponchelle (2009).

Estádios Gonadais	Fêmea	Macho
Imaturo	Lamelas ovígeras com Oócitos tipo (I) célula basófila, núcleo grande, com nucléolo central (Figura 1a)	Espermatogônias inseridas em tecido conjuntivo (Figura 1b)
Maturação	Oócitos tipo (I) Oócitos tipo (II): Citoplasma, núcleo central, nucléolos na periferia da membrana nuclear (Figura 1c)	Cistos com diferentes linhagens espermatogênicas: espermatogônias, espermatócitos, espermatídes e poucos espermatozoides no lúmen (l) (Figura 1d,1j)
Maturo	Presença de todos os tipos oocitários, com predominância de Oócitos dos tipos (III) e (IV): Citoplasma com alvéolos corticais (ac) e glóbulos lipídicos, oócitos com espessa zona radiata (zr). Núcleo central (III), Núcleo migra para o polo da célula (IV) (Figura 1e)	Lúmen (l) aberto com grande quantidade de espermatozoides (z) (Figura 1f)
Desovado/Espermiado	Presença do folículo pós-ovulatório (POF) e células em atresia (AO) (Figura 1g)	Lúmen (l) vazio com células espermatogênicas residuais (z) (Figura 1h)
Repouso	Tecido desorganizado com predominância de oócitos tipo (I) (Figura 1i)	

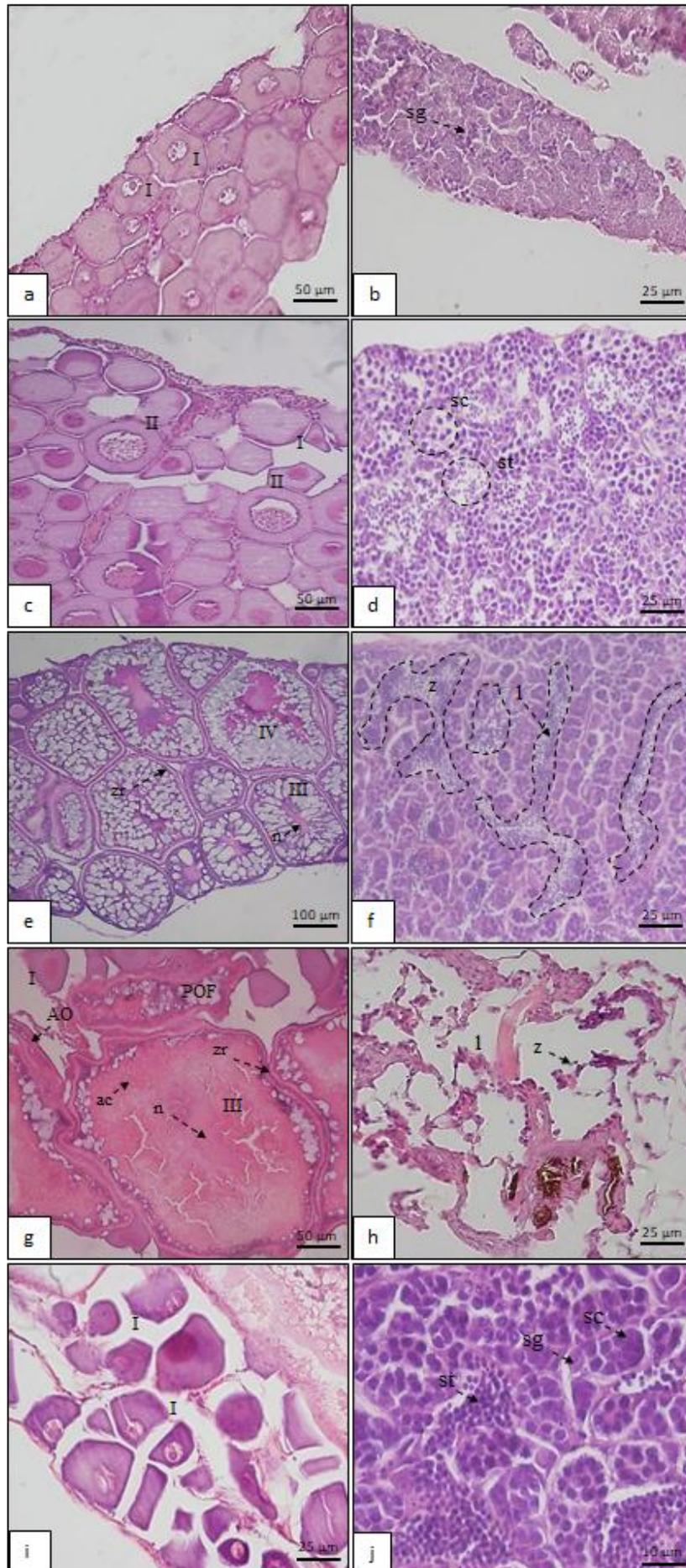


Figura 1: Estádios de desenvolvimento ovariano (esquerda) e testicular (direita) do *Copella arnoldi*: (a) ovário imaturo com predominância de oócitos tipo I, (b) Testículo imaturo com presença de espermatogônias (Sg), (c) ovário em maturação com presença de oócitos tipo I e II, (d) Testículo em maturação com formação de cistos de espermatócitos (Sc) e espermatídes (St), (e) ovário maturo com oócitos tipo III e IV, núcleo (n), zona radiata (zr), (f) Testículo maturo com presença de um lúmen (l) aberto preenchido com espermatozoides (z), (g) ovário desovado, com presença do folículo pós-ovulatório (POF) e células em atresia (AO), (d) testículo espermiado, lúmen (l) com de células espermatogênicas residuais (z), (i) ovário em repouso marcado pela presença desorganizada de oócitos tipo I. (j) aumento de 100x de um testículo em maturação, com ênfase nas células espermatogênicas.

Na análise de ovários maduros de *C. arnoldi* foram encontrados em média 85 ± 10 oócitos, com diâmetros variando de 200 a 800 μm , sendo a menor e a maior frequência de oócitos observada entre as classes de 700 a 800 μm e 339 a 399 μm , respectivamente. Também foi observado uma elevada frequência de oócitos com diâmetros intermediários, com dados apresentando uma distribuição do tipo modal (Figura 2).

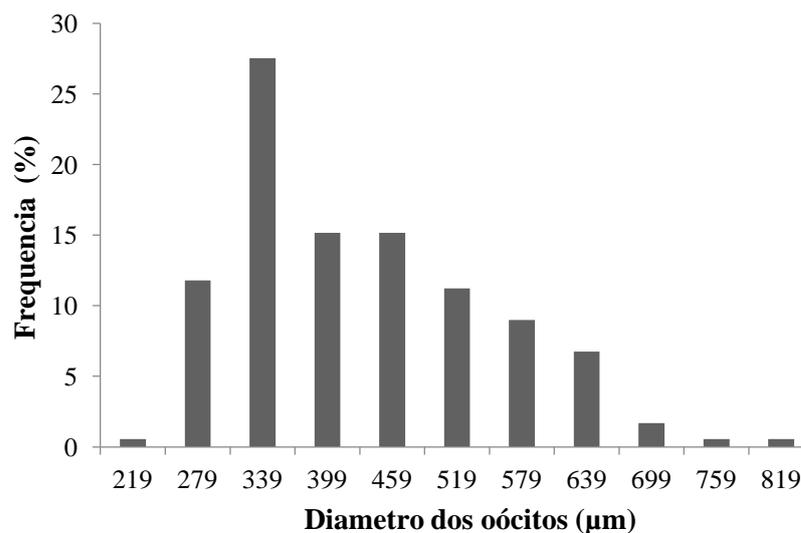


Figura 2: Frequência de diâmetro de oócitos em ovários maduros de *Copella arnoldi* na Bacia do rio Taiassuí.

A relação entre os estádios de maturação gonadal e o comprimento padrão indicaram um tamanho médio da primeira maturação sexual para fêmeas de 18,09 mm (Figura 3A), enquanto o tamanho médio da primeira maturação em machos foi de 18,52 mm (Figura 3B).

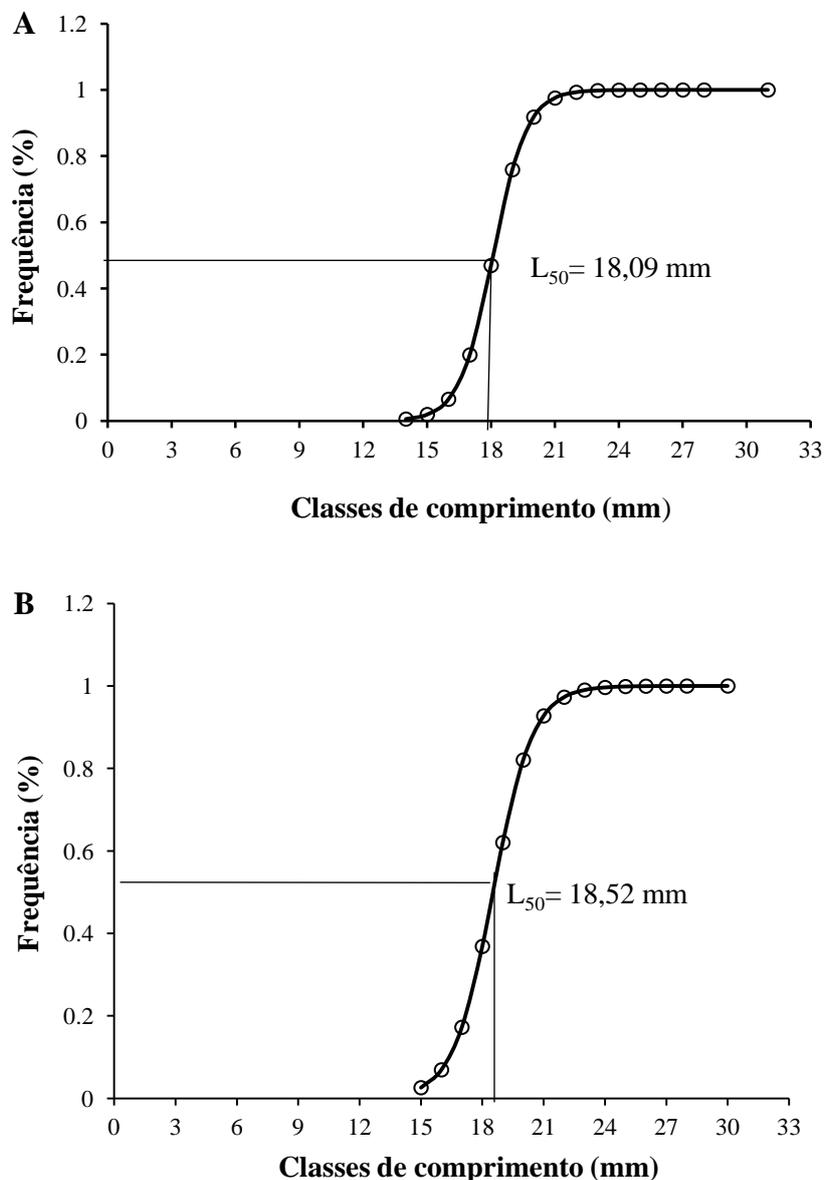


Figura 3: Comprimento médio (milímetros) da primeira maturação sexual (L_{50}) em fêmeas (A) e machos (B) de *Copella arnoldi* do rio Taiassuí, entre Agosto de 2016 e Junho de 2017.

A análise dos resíduos proporcionais não demonstrou diferenças no tipo de crescimento de machos e fêmeas ($t = -0,020$; $df = 168$; $p > 0,05$). Por esse motivo a relação peso-comprimento da

população foi determinada pela equação $y = 0,0103x^{3,09}$, caracterizando um padrão de crescimento do tipo isométrico, onde os indivíduos crescem em proporções iguais de peso e comprimento (Figura 4A). A distribuição dos resíduos proporcionais e a análise de regressão linear não evidenciaram tendência ao crescimento polifásico ($p = 0,898$) (Figura 4B).

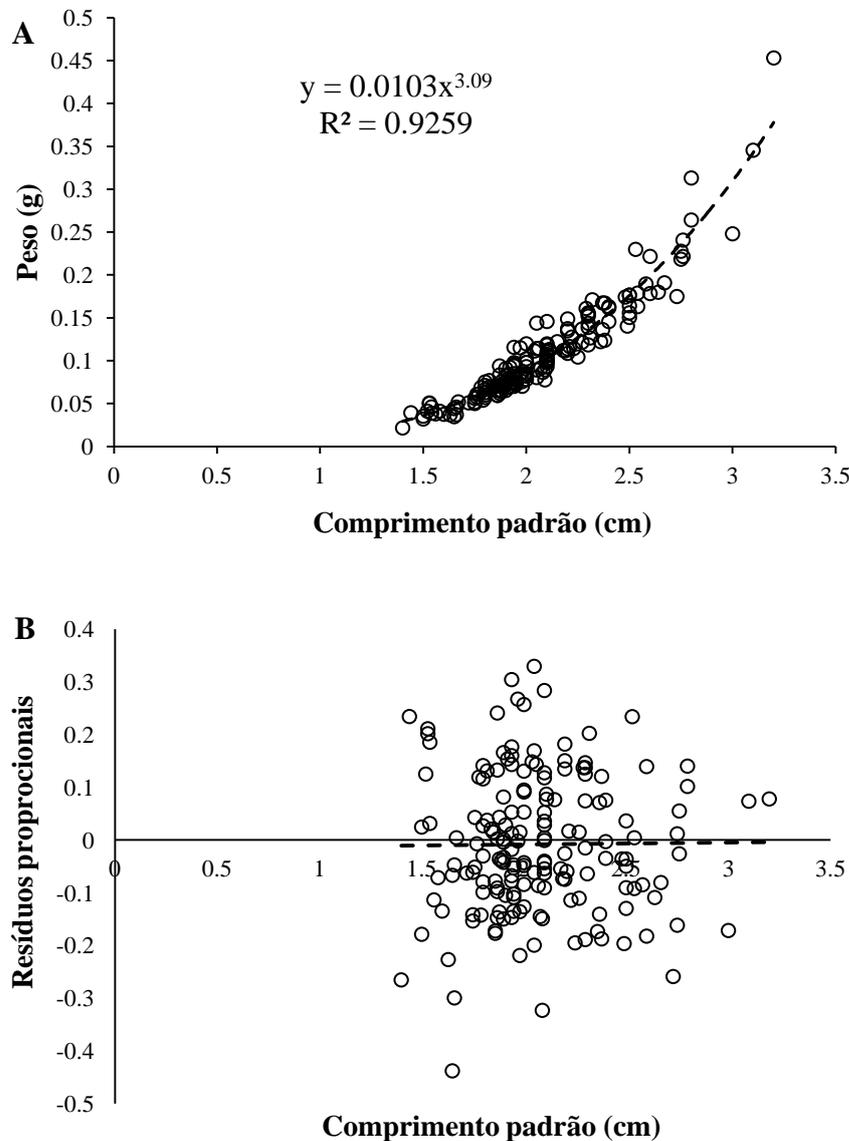


Figura 4: Relação peso-comprimento (A) e distribuição dos resíduos proporcionais (B) de *Copella arnoldi* do rio Taiassuí, entre Agosto de 2016 e Junho de 2017.

A análise do fator de condição da espécie não variou em relação aos períodos pluviométricos ($F_{(2,167)} = 2,30$, $p = 0,103$). Valores levemente maiores podem ser observados no mês

de agosto, correspondente ao período de estiagem, e os menores valores durante os meses de dezembro e fevereiro, período chuvoso (Figura 5).

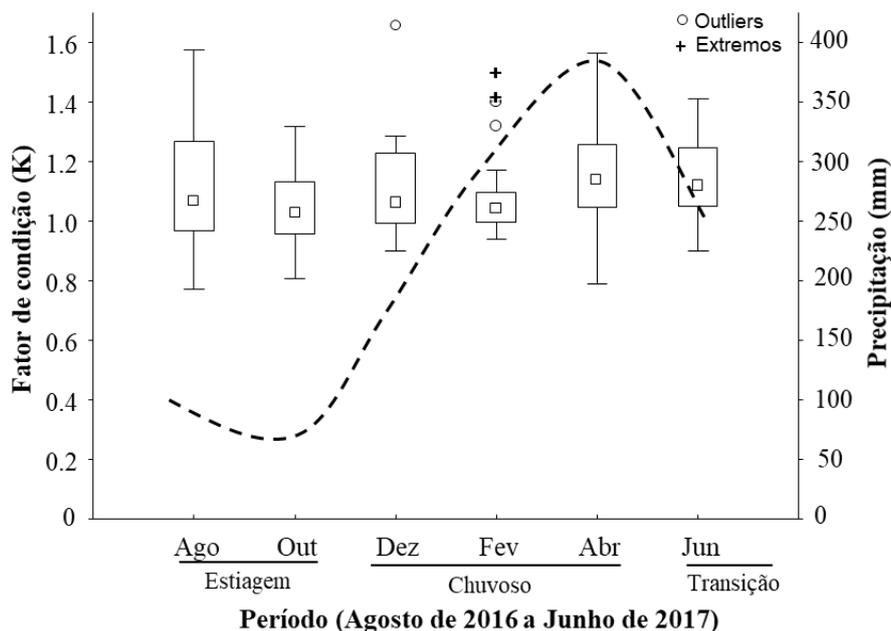


Figura 5: Variação do fator de condição (K) de *Copella arnoldi* e da precipitação no rio Taiassuí, entre Agosto de 2016 e Junho de 2017.

A proporção sexual da população não apresentou uma diferença em todo o período de estudo ($\chi^2 = 6,42$; gl = 5; $p > 0,05$). Entretanto ocorreu uma pequena predominância de fêmeas durante os meses de agosto e abril ($p > 0,05$), que corresponderam a 66,77 e 63,33 % da população, respectivamente.

O índice gonadossomático de fêmeas e machos demonstrou uma maior atividade reprodutiva no período hidrológico correspondente a estação de maior precipitação (Figura 6), com diferenças quando comparado aos períodos de estiagem e transição (Tukey $< 0,05$). Fêmeas apresentaram valores bastantes altos nos meses de dezembro e abril ($H_{(2, 63)} = 23,05$; $p < 0,05$) (Figura 6A), sendo também observado um padrão semelhante para os machos ($H_{(2,59)} = 20,05$; $p < 0,05$) (Figura 6B).

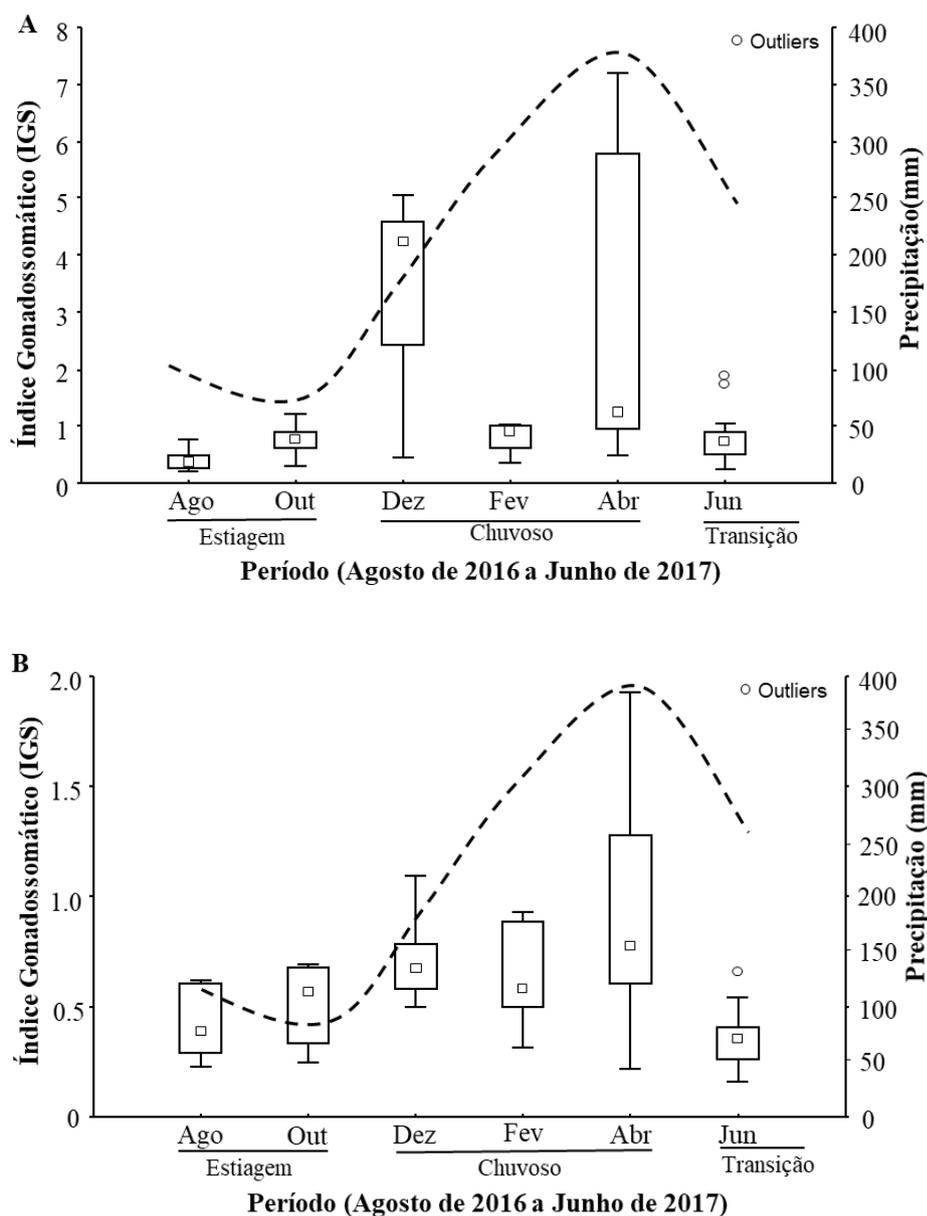


Figura 6: Variação bimensal no índice gonadosomático para fêmeas (A) e machos (B) de *Copella arnoldi* e da precipitação no rio Taiassuí, entre Agosto de 2016 a Julho de 2017.

Os estádios de maturação gonadal confirmaram os valores obtidos pelo índice gonadosomático, na qual a frequência de indivíduos maduros de fêmeas (Figura 7A) e machos (Figura 7B) foi alta durante a estação chuvosa, correspondente aos meses de dezembro e abril.

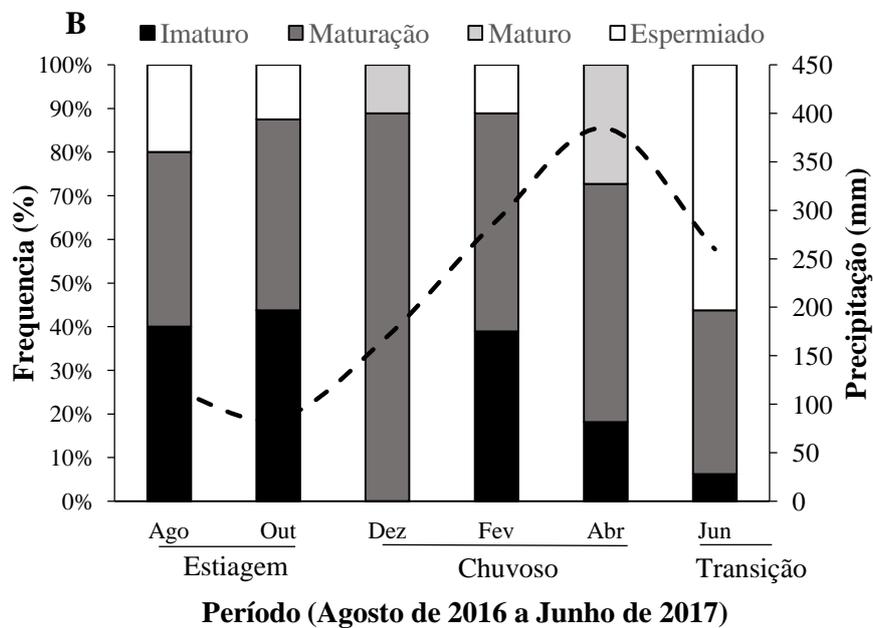
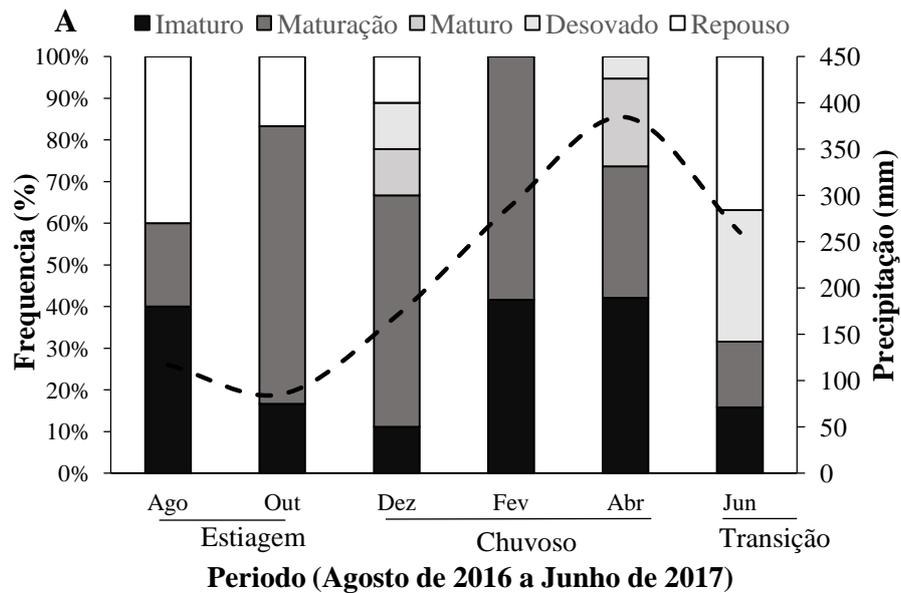


Figura 7: Variação bimensal da frequência de estádios de maturação gonadal de fêmeas (A) e machos (B) de *Copella arnoldi* e da precipitação no rio Taiassuí, entre Agosto de 2016 a Junho de 2017.

DISCUSSÃO

A biologia reprodutiva de *Copella arnoldi* apresentou algum aspectos comuns com outras espécies de peixes que possuem reprodução terrestre (Sayer, 2005; Martin & Carter, 2013). Alterações em parâmetros reprodutivos populacionais como o índice gonadossomático e a

frequência relativa dos diferentes estádios de maturidade, indicam reprodução influenciada pelas chuvas locais.

As análises histológicas indicaram que oócitos no final do desenvolvimento oócitario apresentam uma espessa zona radiata, trabalhos demonstraram que essa característica é marcante em peixes que necessitam que seus ovos fiquem protegidos contra choques mecânicos e fixados a determinado tipo substrato (Huysentruyt & Adriaens, 2005; Orsi, 2010), assim por conta dessa característica pode-se supor que *C. arnoldi* apresenta ovos adesivos devido a necessidade que a espécie possui em fixar os ovos em estruturas fora da coluna d'água. Vale ressaltar que a presença de ovos adesivos é observada em peixes que apresentam uma baixa fecundidade e certo grau de cuidado parental (Godinho et al., 2010).

A fecundidade é resultado da associação entre diversos aspectos reprodutivos, principalmente naqueles relacionados ao comportamento, o habitat e o cuidado parental (Winemiller & Kenneth, 1993; Bailly et al., 2008; Godinho et al., 2010). É sugerido que o comportamento de desova de *C. arnoldi* seja uma das principais causas da sua baixa fecundidade, visto que em cativeiro é observado que essa espécie tende a colocar por volta de cinco a oito ovos em cada “salto de desova” (Mills & Vevers, 1989). Espécies com presença de cuidado parental, apresentam uma menor taxa de mortalidade de juvenis, o que explicaria o fato dessas espécies não necessitarem investir em uma grande quantidade de ovos em um único evento reprodutivo (Godinho et al., 2010).

A frequência do diâmetro dos oócitos indicou que *C. arnoldi* tende a liberar um único lote de oócitos em cada período reprodutivo, sendo caracterizado como uma desova total (Peressin et al., 2012). Característica marcante de espécies que sincronizam seus eventos reprodutivos com os padrões hidrológicos, desovando nos períodos mais propícios para o evento reprodutivo (Winemiller, 1993). A desova total em *C. arnoldi* pode explicar os dois ápices reprodutivos observados durante o período chuvoso, visto que a desova total possibilita que a população possa gerar muitas vezes durante um período hidrológico (Godinho et al., 2010).

O comprimento médio de primeira maturação é resultado de processos como competição, crescimento e taxas de mortalidade, dessa forma esse parâmetro é um reflexo da estratégia adotada mediante as condições do ambiente (Winemiller, 1989; Prudente et al., 2015). O L_{50} é muito utilizado para a elaboração de medidas de preservação e manejo sustentável de espécies com valor comercial, por estimar um tamanho mínimo de captura visando o recrutamento e manutenção da população (Fontoura et al., 2009). *Copella arnoldi* é bastante visada no mercado aquarista devido aos seus padrões de coloração e comportamento reprodutivo (Silva et al., 2016; Marinho & Menezes, 2017), de acordo com os resultados um tamanho seguro para captura da espécie estaria por volta dos 1.9 cm.

As flutuações no fator de condição podem refletir o desenvolvimento gonadal e a atividade alimentar da espécie (Froese, 2006). Nesse caso o padrão do observado em *C. arnoldi*, pode ser ocasionada devido a alocação de reservas energéticas para o desenvolvimento gonadal (Lizama & Ambrósio, 2002). Entretanto a baixa variação do fator condição de *C. arnoldi* entre períodos hidrológicos, pode estar relacionado a intensa precipitação da área de estudo. Visto que a ação de chuvas esporádicas e intensas poderiam permitir o acesso a recursos alimentares mesmo em períodos estiagem (Souza et al., 2015).

A proporção sexual durante todo período de estudo não demonstrou variação, ficando próxima a proporção esperada de 1:1 para a maioria das espécies (Nikolsky, 1963). A predominância de fêmeas durante o período reprodutivo pode estar relacionado ao territorialismo e cuidado parental dos machos, visto que esse tipo de comportamento pode gerar flutuações na proporção sexual (Luiz et al., 2011). Sabe-se que machos dominantes de *C. arnoldi* formam haréns e isso poderia explicar a maior proporção de fêmeas capturadas durante o período reprodutivo (abril) (Smith & Wooton, 1995; Marinho & Menezes, 2017).

O presente estudo corrobora com a observação realizada por Krekorian (1976), que indicou que *C. arnoldi* somente desova durante o período chuvoso. Estudos apontam que o pico reprodutivo dos peixes tendem a sincronizar com a precipitação, visto que nesses períodos o aumento da

turbidez da água e de microhabitats reduzem consideravelmente o risco de predação da prole (Agostinho et al., 2002; Andrade & Braga, 2005; Luiz et al., 2011). Além disso o aumento do nível da água durante a estação chuvosa poderia permitir que *C. arnoldi* tivesse mais acesso a plantas que utilizam para desova (Krekorian, 1976).

A sincronização da desova durante a estação chuvosa também pode estar relacionado a um menor risco de desidratação dos ovos e menor investimento parental (Martin & Carter, 2013), visto que observações indicam que machos de *C. arnoldi* reduzem consideravelmente a frequência que esborrifam água durante os períodos de chuvas intensas (Krekorian, 1976). Nesse caso a intensa precipitação da área de estudo pode permitir condições e recursos adequados para a reprodução durante toda a estação chuvosa, o que explicaria o evento reprodutivo observado no início do período chuvoso (Hails & Abdullah, 1982; Winemiller, 1993; Prudente et al., 2015).

O presente trabalho contribui para compreensão da biologia reprodutiva e pode auxiliar medidas de conservação da espécie. A reprodução de *C. arnoldi* está sincronizado com período chuvoso, provavelmente devido a menor risco de desidratação dos ovos, menor investimento parental e maior sobrevivência de juvenis. Desse modo é aconselhável medidas de proteção que evitem a captura excessiva durante o período chuvoso, permitindo a reprodução da espécie e continua manutenção do estoque populacional.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos ao Conselho Nacional Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de produtividade em pesquisa para LFAM (307597/2016-4) e de iniciação científica para CNSCT, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por conceder uma bolsa de mestrado para RRF (201602270002) e de Estágio Sênior no Exterior para LFAM.

REFERÊNCIAS

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Fernandez, D. R. & Suzuki, H. I. (2002) Efficiency of Fish

Ladders for Neotropical Ichthyofauna. *River Research and Applications* **18**, 299–306.

Alvarenga, É. R. De, Bazzoli, N., Santos, G. B. & Rizzo, E. (2006) Reproductive Biology and Feeding of *Curimatella Lepidura* (Eigenmann & Eigenmann) (Pisces, Curimatidae) in Juramento Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* **23**, 314–322.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L. & Sparovek, G. (2013) Köppen's Climate Classification Map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* **22**, 711–728.

Andrade, P. M. & Braga, F. M. S. (2005) Reproductive Seasonality of Fishes from a Lotic Stretch of the Grande River, High Paraná River Basin, Brazil. *Brazilian journal of biology* **65**, 387–394.

Bailly, D., Agostinho, A. A. & Suzuki, H. I. (2008) Influence of the Flood Regime on the Reproduction of Fish Species with Different Reproductive Strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal Brazil. *River research and applications* **24**, 1218–1229.

Ballesteros, T. M., Torres-mejia, M. & Ramírez-pinilla, M. P. (2009) How Does Diet Influence the Reproductive Seasonality of Tropical Freshwater Fish? A Case Study of a Characin in a Tropical Mountain River. **7**, 693–700.

Bervian, G., Fontoura, N. F. & Haimovici, M. (2006) Statistical Model of Variable Allometric Growth: Otolith Growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). *Journal of Fish Biology* **68**, 196–208.

Espírito-Santo, H. M. ., Rodríguez, M. A. & Zuanon, J. (2013) Reproductive Strategies of Amazonian Stream Fishes and Their Fine - Scale Use of Habitat Are Ordered along a Hydrological Gradient. *Freshwater Biology* **58**, 2494–2504.

Fontoura, N. F., Braun, A. S. & Milani, P. C. C. (2009) Estimating Size at First Maturity (L50) from Gonadosomatic Index (GSI) Data. *Neotropical Ichthyology* **7**, 217–222.

- Francisco, J., Júnior, G., França, J. S. & Callisto, M. (2006) Dynamics of Allochthonous Organic Matter in a Tropical Brazilian Headstream. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **49**, 967–973.
- Froese, R. (2006) Cube Law, Condition Factor and Weight-Length Relationships: History, Meta-Analysis and Recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* **22**, 241–253.
- Godinho, A. L., Lamas, I. R. & Godinho, H. P. (2010) Reproductive Ecology of Brazilian Freshwater Fishes. *Environmental Biology of Fishes* **87**, 143–162.
- Hails, A. J. & Abdullah, Z. (1982) Reproductive Biology of the Tropical Fish *Trichogaster Pectoralis* (Regan). *Journal of Fish Biology* **21**, 157–170.
- Huxley, J. . (1924) Constant Differential Growth-Ratios and Their Significance. *Nature* **14**, 896–897.
- Huysentruyt, F. & Adriaens, D. (2005) Adhesive Structures in the Eggs of *Corydoras Aeneus*. *Journal of Fish Biology* **66**, 871–876.
- Junk, W. J. (1989) The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Fish Aquatic Science* **106**, 110–127.
- Kramer, D. . L. (1978) Reproductive Seasonality in the Fishes of Tropical Stream. *Ecology* **59**, 976–985.
- Krekorian, C. O. N. (1976) Field Observations in Guyana on the Reproductive Biology of the Spraying Characid , *Copeina Arnoldi* Regan. *The American Midland Naturalist* **96**, 88–97.
- Lizama, M. D. L. a P. & Ambrósio, a M. (2002) Condition Factor in Nine Species of Fish of the Characidae Family in the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. *Brazilian journal of biology* **62**, 113–124.

- Luiz, T. F., Velludo, M. R., Peret, A. C., Filho, J. L. R. & Peret, A. M. (2011) Diet, Reproduction and Population Structure of the Introduced Amazonian Fish *Cichla Piquiti* (Perciformes: Cichlidae) in the Cachoeira Dourada Reservoir (Paranaíba River, Central Brazil). *Revista de Biologia Tropical* **59**, 727–741.
- Marinho, M. M. & Menezes, N. A. (2017) Taxonomic Review of *Copella* (Characiformes : Lebiasinidae) with an Identification Key for the Species. *PLOS one* **12**, 1–53.
- Martin, K. L. & Carter, A. L. (2013) Brave New Propagules: Terrestrial Embryos in Anamniotic Eggs. *Integrative and Comparative Biology* **53**, 233–247.
- McHugh, M. L. (2012) The Chi-Square Test of Independence. *Biochemia Medica* **23**, 143–149.
- Mills, D. & Vevers, G. (1989) The Tetra Encyclopedia of Freshwater Tropical Aquarium Fishes. *Tetra Press* **1**, 1–208.
- MMA. (2006) Caderno Da Região Hidrográfica Do Tocantins - Araguaia. *Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* **1**, 132 p.
- Moraes, B. C. De, Maria, J., Carlos, A. & Costa, M. H. (2005) Variação Espacial E Temporal Da Precipitação No Estado Do Pará. *Acta Amazonica* **35**, 207–214.
- Nelson, S. G. & Kreckorian, C. O. N. (1976) The Dynamics of Parental Care of *Copeina Arnoldi* (Pisces, Characidae). *Behavioral Biology* **17**, 507–518.
- Nikolsky, G. (1963) The Ecology of Fishes. *Academic, New York*.
- Núñez, J. & Duponchelle, F. (2009) Towards a Universal Scale to Assess Sexual Maturation and Related Life History Traits in Oviparous Teleost Fishes. *Fish Physiology Biochemical* **35**, 167–180.
- Oliveira, V. de A., Fontoura, N. F. & Montag, L. F. de A. (2011) Reproductive Characteristics and the Weight-Length Relationship in *Anableps Anableps* (Linnaeus, 1758) (Cyprinodontiformes:

Anablepidae) from the Amazon Estuary. *Neotropical Ichthyology* **9**, 757–766.

Ord, T. J. & Cooke, G. M. (2016) Repeated Evolution of Amphibious Behavior in Fish and Its Implications for the Colonization of Novel Environments. *Evolution* **70**, 1747–1759.

Orsi, M. L. (2010) Reproductive Strategies of Fish : Fish Reproductive Strategies in the Region Lower Middle Paranapanema River. *Tese de Doutorado*.

Peressin, A., Gonçalves, C. da S. & Braga, F. M. de S. (2012) Reproductive Strategies of Two Curimatidae Species in a Mogi Guaçu Impoundment, Upper Paraná River Basin, São Paulo, Brazil. *Neotropical Ichthyology* **10**, 847–854.

Prudente, S., Auxiliadora, M. & Ferreira, P. (2015) Reproductive Biology of the Piranha *Serrasalmus Gouldingi* (Fink and Machado-Allison 1992) (Characiformes : Serrasalminidae) in ‘ Drowned ’ Rivers of the Eastern Amazon. *Environmental Biology of Fishes* **98**, 11–22.

Raiol, R. D. O., Wosiacki, W. B. & de Assis Montag, L. F. (2012) Fish of the Taiassuí and Benfica River Basins, Benevides, Pará (Brazil). *Check List* **8**, 491–498.

Sayer, M. D. J. (2005) Adaptations of Amphibious Fish for Surviving Life out of Water. *Fish and Fisheries* **6**, 186–211.

Silva, N. C. dos S., Costa, A. J. L., Louvise, J., Soares, B. E., Reis, V. C. e S., Albrecht, M. P. & Caramaschi, É. P. (2016) Resource Partitioning and Ecomorphological Variation in Two Syntopic Species of Lebiasinidae (Characiformes) in an Amazonian Stream. *Acta Amazonica* **46**, 25–36.

Smith, C. & Wootton, R. J. (1995) The Cost of Parental Care in Teleost Fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **5**, 7–22.

Souza, U. P., Ferreira, F. C., Braga, F. M. de S. & Winemiller, K. O. (2015) Feeding, Body Condition and Reproductive Investment of *Astyanax Intermedius* (Characiformes, Characidae) in

- Relation to Rainfall and Temperature in a Brazilian Atlantic Forest Stream. *Ecology of Freshwater Fish* **24**, 123–132.
- Tedesco, P. A., Hugueny, B., Oberdorff, T., Durr, H. H., Mérioux, S. & Mérona, B. (2008) River Hydrological Seasonality Influences Life History Strategies of Tropical Riverine Fishes. *Oecologia* **156**, 691–702.
- Vargha, A. & Delaney, H. D. (1998) The Kruskal-Wallis Test and Stochastic Homogeneity. *Journal of Educational and Behavioral Statistics* **23**, 170–192.
- Wantzen, K. M., Junk, W. J. & Rothhaupt, K.-O. (2008) An Extension of the Floodpulse Concept (FPC) for Lakes. *Hydrobiologia* **613**, 151–170.
- Winemiller, K. O. (1989) Patterns of Variation in Life History among South American Fishes in Seasonal Environments. *Oecologia* **81**, 225–241.
- Winemiller, K. O. (1993) Seasonality of Reproduction by Livebearing Fishes in Tropical Rainforest Streams. *Oecologia* **95**, 266–276.
- Winemiller, K. O. & Kenneth, A. R. (1993) Why Do Most Fish Produce so Many Tiny Offspring? *The American Naturalist* **142**, 585–603.

ANEXOS

Normas da revista Journal fish Biology

<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%2910958649/homepage/ForAuthors.html>

Title page

The title page must contain the following information:

1. **Title of the paper**, which should be short, informative and avoid any geographical or regional references, unless they are fundamental to the scientific thrust of the paper. If a species name is used in the title, we require a common name (if available) followed by the full scientific name. See Wiley's tips for search engine optimization: <https://authorservices.wiley.com/author-resources/Journal-Authors/Prepare/writing-for-seo.html>;
2. The **family (or formal) name** by which each author is known **plus the initials for their given or familiar names** (see Section 6 for criteria on author eligibility);
3. The **address in full of each author's primary affiliation** (university, research institute, etc.) as a numbered list below the Author list;
4. The **corresponding author**, their **telephone number** and their **email address**. Where necessary, a **footnote** can be added stating that certain authors '... made an equal contribution to this work'. An author's current address can be added to a footnote when different from that at the head of the page.

Abstract

The **Abstract** must be a concise and accurate summary of the **significant findings** of the paper without any introductory or contextual information. Methods can be identified only as part of a result (e.g., Respirometry revealed that exercise increased...; GWAS identified a significant number of SNPs...). If a species name is used in the Abstract, we require a common name (whenever available) followed by the full scientific name.

A list of up to 6 descriptive **Key Words** (maximum 100 characters) in alphabetical order follow the Abstract. Specific geographical (e.g., Baffin Island, Amazon Basin) or regional references (e.g., south-east Asia) can be included here.

Significance Statement

The **Significance Statement** (no more than 75 words) will be available for reviewers as part of the peer review process. It should explain the significance and relevance of the findings of the manuscript to a broad readership and will ultimately appear directly below the online title within the online table of contents. Suggested content includes: an introductory sentence and/or why a problem/unanswered question was important to address; what has been shown/what does the manuscript do to fill a gap in our knowledge; what it means to the field as a whole. A Significance Statement may undergo editorial revision.

Introduction

The **Introduction** alerts readers to literature relevant to the research discovery. The originality of the research cannot be easily assigned without a proper description of the relevant literature. Also, the Introduction must state the intent of the research in the form of a research question or hypothesis so that no confusion arises as to what advance in fish biology is being sought. Footnotes to the text are not allowed; any such material should appear in the text as parenthetical matter.

Examples of text citations of references

Text citations of references use the style “author, date” and multiple references are list in chronological order.

For example: ‘...as demonstrated by McKenzie (2001) and by McKenzie & Farrell (2010)’; ‘...as suggested previously in some works (Sloman, 2010), but not others (McKenzie & Farrell, 2010)’; ‘...consistent with earlier studies (Blaber, 1975, 1988; Prodöhl, 1988; Lujan, 2011a,b)’. Three or more authors are cited with the name of the first author followed by *et al.* (in italics): e.g., (Sloman *et al.*, 2002) or Sloman *et al.* (2002). Authors sharing the same surname and year of publication are distinguished by their initials: e.g., (Young, L., 2012; Young, T., 2012).

Materials and Methods

The **Materials and Methods** may contain up to two levels of sub-headings and must provide sufficient detail so that the work can be replicated by others. Established methods can be simply referenced, preferably acknowledging the original work (rather than a recent user of that method), even if minor changes have been made (which should be described). Materials and Methods must also include information on how observations were analysed to derive the quantitative results. Statistics should be based on independent biological samples. Technical replicates should be averaged before statistical treatment and not used to calculate deviation parameters. In the case of multiple comparisons (e.g., microarray data), the probability of false positives should be considered in the analysis.

Results

This section, which may contain up to two levels of sub-headings, presents a concise and accurate description of the results of the research. Figures and Tables, which are numbered consecutively in order of their mention in the text, increase the clarity and conciseness of the result presentation, but should not excessively duplicate material. All statements concerning quantitative differences between experimental conditions require quantitative data and adequate statistical treatment. The deviation parameter, the number of biological samples and the statistical procedures should be provided for each dataset either in the main text or as part of a Figure or Table.

Discussion

The Discussion, which may contain up to two levels of sub-headings, is intended to place the results into the broader context of existing literature so that the significance, quality and novelty of the work can be established. The Discussion should return to and address the original research question or hypothesis, as stated in the Introduction. Excessive repetition of results should be avoided. The potential for future work or a brief perspective on the findings can be included in the Discussion.

Acknowledgements

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed here with their initial only and without titles or honorifics, e.g., A. P. Farrell, not Prof. Tony Farrell. Thanks to editors and anonymous reviewers are not appropriate. All sources of financial and material support for individual authors (identified by their initials) funding in support of the research described must be declared here when submitting the manuscript. Authors are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the Open Funder Registry for the correct nomenclature: <https://www.crossref.org/services/funder-registry/>

Contributions

The contributions of each author (their initials only, e.g., A. P. F.) must be listed here. Contributions include ideas, data generation, data analysis, manuscript preparation and funding.

References

All published citations mentioned in the text, tables or figures must be listed in the reference list, which includes all key elements of each reference, including the names of journals in full. A manuscript title must appear exactly as in the original publication. However, manuscript submissions are not required to use JFB reference formatting, which will be corrected during the publication process if the article is accepted. Examples of reference content requirements are shown below.

Journal Article: Lacomme, C. & Santa Cruz, S. (1999) Bax-induced cell death in tobacco is similar to the hypersensitive response. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **96**, 7956–7961. doi.org/10.1111 /rego.12074

Online Article Not Yet Published in an Issue: Lacomme, C. & Santa Cruz, S. (1999) Bax-induced cell death in tobacco is similar to the hypersensitive response. doi.org/10.1111/rego.12074

An online article is cited by its Digital Object Identifier (DOI), which remains valid and allows article tracking even after its allocation to an issue. It has no volume, issue or page numbers.

Book: Sambrook, J., Fritsch, E. F. & Maniatis, T. (1989) *Molecular Cloning: a Laboratory Manual* 2nd edn. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Chapter in a Book: Shah, J. & Klessig, D.F. (1999) Salicylic acid: signal perception and transduction. In *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones* (Hooykaas, P. P. J., Hall, M. A. & Libbenga, K. R., eds), pp. 513–541. New York, NY: Elsevier Science.

Doctoral Thesis: These must have a permanent record of where they are held (e.g. thesis has been lodged at the individual's University or Institution Library as a permanent addition to the collection there), e.g., Lockwood, S. J. (1972). An ecological survey of an 0-group plaice population, Filey Bay, Yorkshire. Ph.D. Thesis. University of East Anglia, Norwich, U.K.

Master's Thesis: These must be readily available electronically and the URL provided, e.g., Cox, G. K. (2010). Anoxic survival and cardiovascular responses of the Pacific hagfish, *Eptatretus stoutii*. <https://open.library.ubc.ca/> UBC cIRcle.

Electronic References: These include references not subject to peer review and formal publication and can be set out as shown given below. ICES (2016). Report of the Baltic salmon and trout assessment working group (WGBAST).

ICES CM 2016/ACOM:09. Available at:
http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2016/WGBAST/wgbast_2016.pdf

Marshall, A., Bennett, M. B., Kodja, G., Hinojosa-Alvarez, S., Galvan-Magana, F., Harding, M., Stevens, G. & Kashiwagi, T. (2011). *Manta birostris*. In *IUCN Red List of Threatened Species* Version 2013.2. Available at <http://www.iucnredlist.org/details/198921/0> (last accessed 9 December 2013).