RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 26/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

LUCIANE GOMES DA SILVA

Bióloga

PARÂMETROS TESTICULARES DE *Brycon orbignyanus* (CHARACIFORMES, CHARACIDAE) EM DIFERENTES IDADES

Ilha Solteira
2019

LUCIANE GOMES DA SILVA

PARÂMETROS TESTICULARES DE *Brycon orbignyanus* (CHARACIFORMES, CHARACIDAE) EM DIFERENTES IDADES

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

Orientadora: Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira

Ilha Solteira

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586p

Silva, Luciane Gomes da.
Parâmetros testiculares de *Brycon orbignyanus* (Characiformes, Characidae) em diferentes idades / Luciane Gomes da Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
50 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Produção Animal, 2019

Orientador: Rosicleire Veríssimo Silveira
Inclui bibliografia

1. Reprodução. 2. Piracanjuba. 3. Morfologia. 4. Espermatozoides.

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Relação parâmetros testiculares de Brycon orbignyanus (Characiformes, Characidae) em diferentes idades

AUTORA: LUCIANE GOMES DA SILVA
ORIENTADORA: ROSICLEIRE VERISSIMO SILVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:

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

Profa. Dra. JAQUELINE DALBELLO BILLER
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena

Dra. DANIELLE ZANERATO DAMASCENO
Departamento Técnico-Comercial / Raguife Industria e Comércio de Rações

Ilha Solteira, 26 de fevereiro de 2019

DEDICO

Aos meus pais, Zizi Brandão e Justino Gomes por serem exemplos de resiliência, garra, determinação, honestidade e por me passarem valores que hoje norteiam todas as minhas decisões. Minha fonte de inspiração.

Aos meus irmãos, por todo apoio, carinho, brincadeiras, puxões de orelha e por me presentearem com tesouros incalculáveis, meus amados sobrinhos.

A todas as mulheres, às que fazem ciência nesse país, as que não tiveram a oportunidade de investir em sua educação, mas principalmente a todas que o direito de viver lhes foi tirado.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", por meio da FEIS-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, pela oportunidade de concluir mais um grau na minha vida acadêmica; a Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior-Capes, pela bolsa de estudos; a Estação de Aquicultura da Usina Hidrelétrica Mário Lopes Leão, AES-Tietê, em conjunto com a empresa da Big Peixe LTDA-ME, especialmente a Guilherme Antônio de Freitas pela doação dos exemplares de *B. orbignyanus* e por todo apoio logístico.

A minha orientadora, Profa. Dra. Rosicleire Veríssimo Silveira, por depositar a sua confiança em mim, recebendo-me no seu grupo de pesquisa, aceitando a tarefa de me orientar e por seu valioso conhecimento comigo compartilhado. Sempre serei grata.

Aos que com apoio e compreensão se fizeram de base para que eu pudesse chegar até aqui. Família; aos meus sobrinhos por serem minha fonte de amor e por compreenderem que a Tia mesmo longe tenta se fazer presente.

Ao meu sobrinho Cleiton, por ser tão jovem e ao mesmo tempo tão responsável, e principalmente por me escolher como melhor amiga. Te amo tanto.

As minhas "mães", Zizi Brandão, Marta Rodrigues e Cleo Gomes, eu tenho a sorte de ter essas três mulheres em minha vida e por receber amor em triplo.

Ao Laboratório de Ictiologia Neotropical - LINEO, no qual tive a oportunidade de crescer como profissional. Profº Dr. Alexandre Ninhaus, Amanda, Geovana, Elis, Cristiane Bashyio, Fabrício, Patrícia,

Laís, Ricardo, Renata, Malbelys, Crystal, Yasmim, Eveillyn, Mª Luíza, Ana Carolina, Gabrelle, Bruna e Yane, muito obrigada por todos os momentos compartilhados.

Aos que se fizeram "Lar" (Amigos), quando a necessidade de laços familiares falou mais alto. Em especial a Fran Viana, Laícia Leite, Fábia Portella, Gleiciane Fernandes, Tatiana Santos, Luciana Gomes (Minha gêmea), Flor, Nicollas Linhares, Maria Angélica Dutra, Renan Leão, Cristiane Benevente, Eduardo de Souza, Ivo Oliveira, Yasmim Oliveira, Pedro Maciel. Todos vocês direta ou indiretamente estiveram me apoiando e cedendo um pouquinho do seu carinho. "Eu não posso demitir vocês da minha vida, amo vocês".

As minhas primas Sandy Gomes, Kamylla Gomes e Brandayne Gomes, por me fazerem dar altas risadas.

As amigas da graduação (A república MinaMora), Gildene Britto, Conceição Oliveira, Katharine Batista, Claudete Trindade, por todos os "*Karaokês*" sem microfone e todas as "tortas de frango". A nossa banda de pop que não deu certo pois nosso violão quebrou as cordas.

Aos professores e técnicos do Departamento de Biologia e Zootecnia – DBZ, e aos da Seção Técnica de Pós-graduação, pela atenção e profissionalismo.

Às Forças misteriosas que existem entre o Céu e a Terra, ou acima e abaixo deles, e que sempre fazem as coisas darem certo, no fim.

"Não deixemos que a vida passe em branco, e que pequenas adversidades sejam a causa de grandes tempestades"

Fernando Pessoa

RESUMO

Brycon orbignyanus conhecido popularmente como piracanjuba é uma espécie de interesse para piscicultura por seu comportamento agressivo, carne saborosa e crescimento rápido. Contudo a espécie encontra-se na categoria de ameaçada de extinção, devido a fragmentação do habitat com a construção de hidrelétricas, e consequente destruição do habitat, além da sobrepesca. Diante da importância desta, buscou-se compreender por meio de análises estereológicas, histológicas em conjunto com o Índice gonadossomático (IGS) as alterações e correlações dos parâmetros testiculares da espécie em 3 diferentes idades, para uma melhor compreensão do desenvolvimento reprodutivo da espécie, desde as fases iniciais. Para isso utilizou-se o índice (IGS), na determinação do período reprodutivo e suas fases. Para isso 30 exemplares de *B. orbignyanus* com idade de 1 a 3 anos, oriundos da Estação de Aquicultura da Usina Hidrelétrica Mário Lopes Leão, A.E.S - Tietê, localizada na cidade de Promissão-SP (21° 17′ 49″ S, 49° 47′ 0″ W), foram capturados. Após a coleta, os animais foram insensibilizados e eutanasiados em solução de benzocaína (CEUA-FEIS-UNESP Nº12/2017). Após anestesiados os testículos foram retirados, sendo posteriormente processados para microscopia de luz. Os processamentos e a análises do material biológico após a coleta foram realizadas no Laboratório de Ictiologia Neotropical - LINEO, no Departamento de Biologia e Zootecnia do campus da UNESP-FEIS de Ilha Solteira/SP. A análise histológica permitiu identificar três fases de desenvolvimento testicular para *B. orbignyanus*: Imaturo, Maturação Inicial para animais com 1 ano e Maturação Final para animais com 2 e 3 anos de idade. Na análise comparativa com idades de 1, 2 e 3 anos, a proporção de crescimento da espécie foi maior nos 2 primeiros anos de vida; o IGS apresenta uma faixa de variação dentro da mesma fase de reprodutiva, contudo animais com dois e três anos de idade, apesar de estarem na mesma fase (Maturação Final) do desenvolvimento testicular apresentaram diferenças estatísticas nos valores do IGS, tendendo a acompanhar a idade do animal de forma crescente; O IGS está relacionado de forma positiva com o ganho de massa corporal e testicular (g), assim como com o crescimento (cm) e idade do animal. A análise estereológica mostrou que a proporção de espermatozoides na luz dos túbulos anastomosados não variou com o aumento do IGS.

Palavras-chave: Reprodução. Piracanjuba. Morfologia. Espermatozoides.

ABSTRACT

Brycon orbignyanus popularly known as piracanjuba, is a species of fish farming interest because of its aggressive behavior, delicious meat and rapid growth. the species is threatened of extinction, due to habitat fragmentation with the construction of hydroelectric, consequent habitat destruction, and overfishing. Considering the importance of this, we sought to understand, through stereological and histological analyzes, the changes and correlations of testicular parameters of the species at three different ages, together with the gonadosomatic index (GSI), for a better understanding of the reproductive development of the species, since the initial stages. For this purpose, the index (GSI) was used to determine the reproductive period and its phases. A total of 30 specimens of *B. orbignyanus*, aged 1 to 3 years old, were collected from the Aquaculture Station of the Mário Lopes Leão Hydroelectric Power Plant, AES - Tietê, located in the city of Promissão - SP (21 ° 17 '49 "S, 49 ° 47'0 "W). After collection, the animals were desensitized and anesthetized in benzocaine solution (CEUA-FEIS-UNESP Nº12 / 2017). After anesthesia, the testicles were removed and later processed for light microscopy. Processing and analysis of the biological material after the collection were carried out at the Neotropical Ichthyology Laboratory - LINEO, at the Biology and Animal Science Department of the UNESP-FEIS campus of Ilha Solteira / SP. Histological analysis allowed the identification of three stages of testicular development for *B. orbignyanus*: Immature, Initial Maturation for 1 year old animals and Final Maturation for 2 and 3 year old animals. In the comparative analysis with ages of 1, 2 and 3 years, the proportion of species growth was higher in the first 2 years of life; the GSI shows a range of variation within the same reproductive phase, however, animals with two and three years of age, although they were in the same phase (Final Maturation) of the testicular development presented statistical differences in the GSI values, tending to accompany the age of the animal in an increasing manner; GSI is positively related to body mass and testicular gain (g), as well as to the growth (cm) and age of the animal. Stereological analysis showed that the proportion of spermatozoa in the lumen of the anastomosed tubules did not vary with the increase of GSI.

Keywords: Reproduction. Piracanjuba. Morphology. Spermatozoa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplar de *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1950). Esquema ilustrativo dos parâmetros morfométricos de B. orbignyanus utilizados. **Ct –** comprimento total; **Cp –** comprimento padrão.....23
Figura 2. Estação de aquicultura AES-Tietê, localizada na cidade de Promissão, SP. Detalhes dos viveiros de alvenaria onde os animais (*B. orbignyanus*) eram alocados de acordo com a idade.....24
Figura 3. Procedimentos realizados desde a captura até a dissecação dos exemplares utilizados no presente trabalho.....25
Figura 4. Parâmetros aferidos para o cálculo do índice Gonadossomático (IGS). Wg - Massa da gônada e W - Massa Corporal.....26
Figura 5. Esquema ilustrativo para fotoprocessamento e para a análise estereológica.....26
Figura 6. ImageJ-Fiji, utilizado para a análise e contagem das células de interesse.....27
Figura. 7. Visão macroscópica da estrutura testicular de *Brycon orbignyanus* com 01 ano.....28
Figura 8. Representação do ganho de massa corporal relacionada com Índice gonadossomático (IGS) de *Brycon orbignyanus* em animais jovens (1 ano de idade).....29
Figura 9. Disposição do testículo de *Brycon orbignyanus* e divisão anatômica com dois anos.....30
Figura 10. Representação do ganho de massa corporal relacionada com Índice gonadossomático (IGS) de *Brycon orbignyanus* em animais em maturação final.....31
Figura 11. Relação do crescimento (comprimento padrão) como IGS em *Brycon orbignyanus* respectivos anos.....32
Figura 12. Relação do crescimento (comprimento padrão) com o ganho de massa corpórea de *Brycon orbignyanus* respectivos anos.....31

Figura 13. Gráficos de dispersão relacionado a massa testicular com a massa corporal referentes a *Brycon orbignyanus* com dois -**A**, e três ano-**B** de idade em maturação final.....33
Figura 14. Corte histológico evidenciando microscopicamente a estrutura testicular de *Brycon orbignyanus* com 1 ano.....34
Figura 15. Estrutura testicular de *Brycon orbignyanus* maduro.....35
Figura 16. Estrutura macro e microscópica de exemplares de Brycon orbignyanus com dois e três anos de idade.....36
Figura 17. Características histológicas da morfologia testicular de *Brycon orbignyanus*.....37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros morfométricos das respectivas diferentes idades em *Brycon orbignyanus*. **Cp** - Comprimento padrão; **Mc** - Massa corporal; **Mt** - Massa testicular e **IGS** - Índice gonadossomático (%). Dados expressos em média e desvio padrão. * = p ≤ 0,05.....29

Tabela 2 – Correlação de Pearson com os parâmetros morfométricos aferidos em *B. orbignyanus* em idades distintas. M.C - Massa corporal; M. T - Massa testicular; IGS – Asterisco - Animais mais jovens com características imaturas, sem presença de espermatozoides na luz.....38

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA**	13
1.1	**Espécie modelo (*Brycon orbignyanus*)**	15
1.2	**Estrutura testicular**	16
1.3	**Espermatogênese em peixes**	18
1.4	**Índice gonadossomático**	19
2	**OBJETIVO GERAL**	22
2.1	**Objetivos Específicos**	22
3	**MATERIAL E MÉTODOS**	23
3.1	**Local e Animais**	23
3.2	**Processamento para Microscopia de Luz**	25
3.3	**Índice Gonadossomático – IGS**	25
3.4	**Análise estereológica (Contagem de espermatozoides)**	25
3.5	**Análise Estatística**	27
4	**RESULTADOS**	28
4.1	**Características e parâmetros morfométricos da estrutura testicular**	28
4.2	**Características histológicas da estrutura testicular**	34
4.3	**Estereologia**	37
4.4	**Análise Estatística**	38
5	**DISCUSSÃO**	39
6	**CONCLUSÃO**	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os peixes constituem o principal grupo de vertebrados, compreendendo mais de 50% de todas as espécies. Dentro dessa gama de espécies de peixes cerca 96% são teleósteos. Os teleósteos tem sido o grupo de peixes mais bem-sucedido desde que eles começaram a irradiar no Cretáceo. Podem ser encontrados em todos os ambientes aquáticos, desde águas geladas da Antártida, fossas abissais oceânicas, ambientes de maior altitude até fontes termais com temperaturas de até 44 °C, a lagos alcalinos e correntes ácidas (BONE; MARSHALL; BLAXTER, 1995; JOBLING, 1995; VAZZOLER, 1996).

O sucesso do grupo se deu devido à grande plasticidade na ocupação dos mais variados tipos de ambientes aquáticos e na diversidade de estratégias relacionadas a reprodução, no qual associada à gatilhos ambientais estimulam a liberação de hormônios que atuarão no desenvolvimento das gônadas (BREDER; ROSEN, 1966; VAZZOLER, 1996; COWARD *et al*., 2002).

As migrações de peixes a priori eram consideradas de forma simplificada, como adaptações no sentido de aumentar as oportunidades de alimentação e, consequentemente, a abundância da mesma (NILOLSY, 1963). Entretanto, a migração de peixes, em especial a "*piracema*", é um fenômeno anual em que peixes migram em direção à cabeceira dos rios à procura de locais propícios, não só para a alimentação, mas principalmente para desova de sua prole. Configurando-se como um movimento de propagação a montante, seguida de uma dispersão a jusante de ovos, larvas e adultos (CAROLSFELD *et al*., 2003; HILSDORF; MOREIRA, 2008).

Hilsdorf e Moreira (2008), explicam que fatores abióticos como luminosidade, temperatura, hidrologia, qualidade da água, entre outras variáveis, funcionam como gatilhos ambientais e combinados a uma disposição genética, são os principais fatores que influenciam e desencadeiam todos os processos fisiológicos envolvidos na migração/reprodução. Cardoso (1934, citado por GODINHO; GODINHO, 2003) foi um dos precursores em pesquisas voltadas para à reprodução induzida no Brasil, no qual ficou demonstrado a ação estimuladora da hipófise sobre os órgãos sexuais dos peixes.

Os gatilhos ambientais são captados pelos sistemas sensoriais: olhos, pineal, narinas, receptores cutâneos, entre outros, desencadeando e estimulando

assembleias de peixes com esse tipo de estratégia reprodutiva a uma corrida por locais mais aptos aos processos reprodutivos, defensivos ou alimentares. Após captados, estes são analisados e convertidos em sinais eletroquímicos e transmitidos via neurônios sensoriais até o hipotálamo, que por sua vez, desencadeiam todos os eventos fisiológicos que conduzirá a uma reprodução bem-sucedida (BLÁZQUEZ; SOMOZA, 2010; ZOHAR *et al*., 2010).

Hilsdorf e Moreira (2008), destacam ainda que, o movimento migratório é considerado um comportamento imprescindível para modular a fisiologia reprodutiva das espécies migradoras. Sendo a reprodução controlada pelo eixo hipotálamo–hipófise–gônadas, que atua como um sistema em cascata de liberação de hormônios e neuro-hormônios que traduzem as condições ambientais para a fisiologia dos animais, definindo assim o sucesso reprodutivo dos indivíduos.

Espécies que apresentam esse tipo de estratégia reprodutiva são em sua maioria de grande porte e apresentam desova total, utilizando os ambientes lóticos como hábitats para reproduzirem-se e por serem espécies de grande porte, são as mais valorizadas por sua importância econômica. Nessa descrição a maioria dos peixes neotropicais apresentam esse tipo de estratégia reprodutiva e os principais grupos no Brasil são os Siluriformes, Perciformes e Characiformes, este com maior riqueza de espécies, assim como as mais diversas estratégias (HOWES, 1982; CAROLSFELD, 2003; FERNANDEZ *et al*., 2007).

Diante disso, é de suma importância a conservação da vegetação nativa para que o ciclo de vida de espécies com estratégias específicas não seja comprometido, pois ações antrópicas como, assoreamento causado pelo desmatamento pode alterar a composição do substrato, a dinâmica das corredeiras e os locais de desova, afetando a distribuição longitudinal e espacial para inúmeras espécies (AGOSTINHO; ZALEWSKI, 1996; BRITO; LAZZAROTTO; CARAMASCHI, 2016).

Suzuki *et al* (2004) chamam a tenção para a importância dos regimes das cheias para a manutenção de ambientes favoráveis para a reprodução de espécies migradoras, principalmente as de importância comercial, uma vez que o controle das cheias decorrente da operação de barragens a montante é, sem dúvida, a mais importante fonte de impacto, visto que reduzem as áreas alagáveis favorecendo a ocupação antropogênica da várzea, além de interceptar as rotas migratórias de peixes.

Essas espécies quando impedidas de migrarem, tendem a presentar um bloqueio na reprodução e problemas principalmente nos aspectos relacionados à fisiologia reprodutiva (HONJI *et al*., 2017). Com isso a manutenção dos ecossistemas fluviais se torna fundamental para o ciclo reprodutivo, uma vez que a criação de barreiras intransponíveis, como hidrelétricas, configura-se como a interferência antrópica de maior impacto, prejudicando ou extinguindo as poucas populações de espécies grandes migradoras (ROSA E LIMA, 2005; LIMA 2017)

1.1 Espécie modelo (*Brycon orbignyanus*)

A exemplos de espécies migradoras, a família Characidae destaca-se por ser um dos principais grupos que apresentam essa estratégia. Seus representantes apresentam uma ampla distribuição geográfica, principalmente na região neotropical, com diversas formas, tamanhos e táticas reprodutivas (CASTAGNOLLI, 1992; MOREIRA, 2003; LIMA, 2003; LIMA; ROSA, 2005; BAUMGARTNER *et al*., 2012).

Como é o caso da piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Esta espécie pertence a subfamília Bryconinae, com cerca de 46 espécies catalogadas sendo 41 pertencente ao gênero *Brycon*, segundo o Fishbase. Reis (*et al*., 2003), ressalta que esta espécie é dependente de boas condições ambientais, sendo muito sensível a mudanças no ambiente. Com interesse para para piscicultura por seu comportamento agressivo, carne saborosa e crescimento rápido (CECCARELLI, 2010).

Anatomicamente apresentam corpo fusiforme, com coloração prateada, com dorso cinzento-esverdeado, mancha umeral azulada, alongando-se no sentido do comprimento e nadadeira caudal vinho, com uma faixa mediana. As fêmeas atingem comprimento total de 80 cm e peso corporal de 8,2 kg, e os machos, 68 cm e 3,6 kg, respectivamente (GODOY, 1975).

Outrora foi um dos peixes mais importantes na bacia do Paraná, tanto na pesca profissional como amadora. Podendo ser encontrada nas bacias da Argentina, Uruguai, Paraguai e Brasil. No Brasil, a extensão de ocorrência original foi calculada aproximadamente em 1 milhão de km, contudo atualmente a espécie está caminhando para a extinção, estando restrita a apenas ao último trecho de rio livre do alto rio Paraná, sendo o declínio nas populações de aproximadamente 97% da extensão de

ocorrência original estando extinta na maior parte de sua área de ocorrência pretérita (LIMA, 2017).

Essa supressão se deu em decorrência dos efeitos da fragmentação do habitat devido à construção de hidrelétricas, levando a uma redução de fontes de alimento natural, como também a sobrepesca devido ao seu alto valor comercial, além de outras alterações ambientais produzidas pela atividade humana como, contaminação da água, introdução de espécies exóticas e desmatamento. Essas alterações levaram a espécie ao status de ameaçada de extinção (PAIVA, 1982; REIS *et al*., 2003; AGOSTINHO *et al*., 2004; NELSON, 2006; LOPERA-BARRERO, 2009; LIMA, 2017).

1.2 Estrutura testicular

Na maioria dos teleósteos, os testículos apresentam-se como órgãos pares, alongados, envoltos por uma cápsula de tecido conjuntivo fibroso, localizados dorsalmente na cavidade celomática. De acordo com a ordem pode haver diferenças anatômicas, contudo a maioria das espécies apresenta testículos pareados, filiformes e alongados que são caudalmente articulados em um ducto espermático (SIQUEIRA-SILVA *et al*., 2017).

A formação da estrutura testicular dos peixes se dá assim como nos demais vertebrados a partir da diferenciação das células do saco vitelínico que originarão as células primordiais. Estas sofrem um processo de migração das regiões extragonadais para a crista gonadal (OTONI *et al*., 2005).

Nesse processo as células epiteliais têm um papel decisivo na formação do epitélio germinativo. Pois os cistos que caracterizam as gônadas masculinas são formados a partir da associação de complexos juncionais entre células epiteliais de cistos contíguos. Por meio da associação entre as células epiteliais (Pré-sertoli) de conjuntos de cistos vizinhos os túbulos seminíferos e consequentemente o epitélio germinativo que os reveste são originados (MAZZONI, 2009).

Microscopicamente os testículos dos teleósteos apresentam-se envolvidos por uma cápsula conjuntiva, a albugínea testicular, cuja espessura varia pouco ao longo do ciclo reprodutivo. Aos pares, convergem uns para os outros na extremidade caudal e seus curtos ductos espermáticos extra testiculares se unem próximo do orifício urogenital. A albugínea emite septos para o interior do órgão, delimitando e formando

os lóbulos e/ou túbulos seminíferos (GRIER, 1981; BILLARD *et al*., 1982; NAGAHAMA, 1983; KOULISH *et al*., 2002; GRIER; URIBE, 2009; ANDRADE *et al*., 2009). A coloração e massas variam de acordo com o período, nutrição e desenvolvimento do animal (JAMES, 1946; ALEXANDRINO *et al*., 1985).

A estrutura testicular é parcialmente endócrina, como as dos demais vertebrados, e assim, são responsáveis por várias características sexuais secundárias, que, no geral, manifestam-se durante a estação de reprodução (ORR, 1986). Mas de modo geral, após diferenciados e maduros sexualmente, mantêm-se formados por dois compartimentos: o compartimento germinativo, constituído pelo epitélio germinativo que margeia os lóbulos e túbulos testiculares, e o compartimento intersticial, ambos separados por uma membrana basal (Grier, 1981).

O epitélio germinativo apresenta dois grupos celulares, as células somáticas e as germinativas. As células somáticas como as células de Sertoli, contornam a periferia do túbulo e são envolvidas por uma membrana basal, essas células emitem projeções citoplasmáticas formando cistos no qual ocorrerá todo o desenvolvimento das células germinativas de forma sincrônica, além de apresentar células musculares lisas, vasos sanguíneos, fibras conjuntivas e grupos de células de Leydig, que são a principal fonte de esteroides no testículo (GRIER, 2002; NAGAHAMA, 1983).

Com o intuito de simplificar as classificações, Grier (1998), de acordo com as características da estrutura testicular descreveu dois grupo: testículos do tipo tubular anastomosado e do tipo lobular, sendo esse último tipo pode ser dividido em “restrito” ou “irrestrito” (GRIER, 1992; GRIER; LO NOSTRO, 2000; GRIER; URIBE, 2009; SIQUEIRA-SILVA *et al*., 2013). A organização tubular anastomosada dos testículos deve-se a fusão progressiva entre os conjuntos de cistos vizinhos nas gônadas em diferenciação e se continua com a anastomose dos túbulos nas gônadas já diferenciadas (MAZZONI, 2009).

Os testículos do tipo restrito, as espermatogônias restringem-se a região periférica dos lóbulos, os quais não apresentam lúmen testicular. Já no tipo testicular espermatogonial irrestrito, as espermatogônias distribuem-se de forma desordenada ao longo do túbulo seminífero (GRIER *et al*., 1980).

E de acordo com a fase em que o animal se encontra, o epitélio pode ser caracterizado como sendo contínuo (com várias células da linhagem germinativa) e descontínuo (poucos cistos de células e muitas células de Sertoli), sendo comum que

o epitélio germinativo em animais em maturação intermediária, apresente as duas características (GRIER, 1993)

1.3 Espermatogênese em peixes

A espermatogênese é modulada pelas diversas estratégias reprodutivas apresentadas pelos peixes, levando a criação de várias escalas que são utilizadas para determinar o tanto o período de maturação gonadal, como as diferentes fases do ciclo reprodutivo. Pois assim como há diferentes estratégias, há também características que variam dentro de cada grupo (GODINHO, 1990).

Diversos autores descreveram a espermatogênese em peixes e a morfologia celular durante esse processo. No entanto, mesmo apresentando uma certa complexidade, esse processo é conservativo na maioria dos vertebrados, tendo seu início no epitélio germinativo. No qual nas fêmeas ocorre no epitélio das lamelas ovarianas e nos machos no epitélio dos túbulos seminíferos, a partir das oogônias ou espermatogônias respectivamente (BILLARD, 1986; GRIER, 2002; WELTZIEN *et al*., 2002; GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009; SCHULZ *et al*., 2009; CHAGAS *et al*., 2016).

Tratando-se de machos, as espermatogônias são as células mais importantes, pois é a partir delas que todas as outras linhagens serão formadas, assim como a renovação do epitélio para um novo ciclo reprodutivo (DE ROOIJ; RUSSELL, 2000).

Todo o processo inclui uma sequência de alterações morfológicas e fisiológicas de diferenciação celular, no qual as espermatogônias transforma-se em espermatozoides. As espermatogônias se associam às células de Sertoli para formar espermatocistos ou cistos e a morfologia do epitélio germinativo tanto em machos, como fêmeas muda durante o ciclo reprodutivo anual, refletindo a sazonalidade reprodutiva (GRIER; URIBE-ARANZÁBAL, 2009).

De acordo com Schulz *et al*. (2010), esse processo pode ser dividido em três fases: espermatogonial ou proliferativa, meiótica e espermiogênica. Na primeira fase a espermatogônia sofre rápidas e sucessivas divisões mitóticas, a segunda caracteriza-se por ocorrer a duplicação do material genético, assim como a recombinação e segregação, com o surgimento de espermatócitos primários e secundários e na terceira fase as espermátides se diferenciam e sofrem alterações

morfológicas consideráveis, levando a formação do espermatozoide propriamente dito.

Diante da complexidade relacionada a cinética espermatogonial, De Rooij e Russell (2000), apresentaram uma revisão abordando todas as características desse processo, que mesmo sendo conservativo, segundo os autores são poucos os pesquisadores que dominam o campo, sendo necessário padronizar essa nomenclatura para que seja melhor compreendido.

Visando a eficiência reprodutiva dos peixes, Souto *et al*. (2017) reforça que o conhecimento básico acerca da biologia reprodutiva e de caracteres morfológicos, são ferramentas fundamentais no estabelecimento de protocolos, pois alguns mecanismos envolvidos na reprodução são espécies-específicos e ainda não compreendidos.

Grier (2002), criou uma classificação simples, observando as características do epitélio ao longo do ciclo reprodutivo, uma vez que este apresenta-se de forma contínua e descontínua, classificou por meio de análises macro e microscópicas as seguintes fases do ciclo testicular. E estas foram a base para a classificação dos tipos celulares encontrados nos animais usados nesse trabalho.

- Maturação inicial: o epitélio germinativo todo contínuo, com presença de todos os tipos celulares;
- Maturação intermediária: A descontinuidade do epitélio germinativo já pode ser observada nesta fase, porém, todos os tipos celulares ainda podem ser identificados;
- Maturação final: Epitélio todo descontínuo, muitos espermatozoides no lúmen, já sendo fagocitados por células de Sertoli e poucos espermatocistos;
- Regressão: Espermatogônias residuais podem ser observadas dispersas no epitélio, assim como a descontinuidade é mais evidente. Com reabsorção dos corpos residuais;
- Regredido: O epitélio é repleto de espermatogônias.

1.4 Índice gonadossomático

Os peixes sofrem modificações morfoestruturais significativas ao longo da vida, modificações essas que são observadas principalmente à medida que o animal se

aproxima da maturação sexual e de acordo com a estratégia reprodutiva. A exemplo dos que realizam migrações para reproduzir, que podem apresentar mudanças no formato do corpo de acordo com as necessidades do nado (BONE; MARSHALL; BLAXTER, 1995).

Essas modificações são mais acentuadas em espécies com ciclo reprodutivo anual, no qual essas modificações são mais marcantes, refletindo diretamente em suas gônadas (NIKOLSKI, 1963). Principalmente no que diz respeito ao seu peso, decorrente, em grande parte, do acúmulo de material de reserva nos ovócitos no caso das fêmeas (VAZZOLER, 1996).

O índice gonadossomático [IGS = (peso da gônada / peso do peixe) × 100] tem sido amplamente utilizado na ciência pesqueira e em estudos reprodutivos experimentais como uma medida simples e de baixo custo da condição reprodutiva. No entanto, suas propriedades não foram totalmente avaliadas, e várias armadilhas, como dependência de tamanho e mudanças na alometria gonadal, podem levar a erros, sendo necessário associar sempre a análises histológicas (SOMARAKIS *et al*., 2004).

Este índice desde que foi padronizado (MCQUINN, 1989), vem sendo utilizado como importante ferramenta na determinação do período reprodutivo. Associando este á análises a nível histológico, auxilia na compreensão dos aspectos e processos reprodutivos e na compreensão da diversidade de estratégias reprodutivas utilizadas por diferentes grupos, assim como para compreender a dinâmica dos ciclos reprodutivos de diversas espécies de peixes (JAMES, 1946; BOSSEMEYER; HALL, 1980; ISSAC-NAHUM; VAZZOLER, 1987; VAZZOLER, 1996; GRIER; THAYLOR, 1998).

De acordo com James (1946) existe uma relação definida entre as condições das gônadas e as condições do peixe. O autor fez uma correlação entre análises histológicas, IGS e elevação da temperatura, sendo que este último reflete diretamente no estado nutricional, assim como na idade do peixe. Este também pode apresentar uma correlação positiva quando comparado com tamanho do peixe, sendo sua aplicação mais usadas em fêmeas, pois em machos nem sempre representa corretamente a condição reprodutiva (HICKLING, 1940 citado de ISSAC-NAHUM; VAZZOLER, 1987; NIKOLSKY, 1963; VAZZOLER, 1992; 1996).

Diversos a outros autores observaram que em machos, durante processo de maturação os valores de IGS aumentam de forma gradativa, com maiores picos nos estágios avançados da maturação, e os menores valores são atribuídos aos estádios de repouso (AZEVEDO; BARBIERI; BARBIERI, 1988; FERREIRA; GODINHO, 1990). Em sistemas de cultivo, machos apresentam IGS mais alto, assim como apresentam melhor desempenho reprodutivo quando cultivados na presença das fêmeas (NAVARRO *et al*., 2006)

De acordo com Barbieri e Santos (1988) as variações do índice gonadossomático tende a acompanhar as modificações estruturais das gônadas nos diferentes estádios de maturação. IGS ao longo dos anos vem sendo usado para indicar apenas o período reprodutivo, uma vez que através de uma equação simples, usando medidas morfométricas e peso da uma estimativa quase que precisa das diversas fases do desenvolvimento gonadal (QUEROL; QUEROL; GOMES, 2002)

Estudos recentes baseados em modelos estatísticos e no método gonométrico apontam que o IGS pode ser usando como uma ferramenta precisa na determinação da maturidade, se tornando uma alternativa mais rápida, barata e precisa. O método gonométrico é baseado em medidas diretas do índice gonadossomático (IGS) e a precisão dos resultados é comparável aos métodos microscópicos (FLORES *et al*., 2019).

6 CONCLUSÃO

A análise comparativa de exemplares de *Brycon orbignyanus* com idades de 1, 2 e 3 anos, permitiu concluir que:

a) A proporção de crescimento da espécie é maior nos 2 primeiros anos de vida;
b) O Índice Gonadossomático, apresenta uma faixa de variação, dentro da mesma fase de reprodutiva;
c) Animais com dois e três anos de idade, apesar de estarem na mesma fase de Maturação Final, do desenvolvimento testicular, apresentaram diferenças estatísticas nos valores do IGS, quanto maior a idade maior os valores deste índice;
d) Portanto, este índice tende a acompanhar não só o ganho de massa corporal e testicular, no decorrer das fases reprodutivas, mas também o crescimento (cm) e idade do animal;
e) A concentração de espermatozoides na luz dos túbulos anastomosados não variou com o aumento do IGS, entretanto não foi avaliado se houve um aumento na proporção destes túbulos na estrutura testicular.

REFERÊNCIAS

AFZELIUS, B. A. Fine structure of the garfish spermatozoon. **Journal of Ultrastructure Research,** Maryland Heights, v. 64, n. 3, p. 309-14, 1978.

AGOSTINHO, A. A.; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do alto rio Paraná**: importância e preservação (Upper Paraná River floodplain: Importance and Preservation). Maringá: Eduem, 1996. 100 p.

AIRES, E. D; STEFANINI, M. A; ORSI, A. M. Características ultra-estruturais e diferenciativas das espermátides de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) durante a espermiogênese. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science,** São Paulo, v. 37, n. 3, p.183-188, 2000.

ALEXANDRINO, A. C.; PHAN, M. T.; PINHEIRO, E. F. G.. Caracterização macroscópica e microscópica das gônadas do curimbatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881), durante o ciclo reprodutivo. **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 9, p.159-175.1985.

ALTHAMMER, B. B. **Avaliações ultraestruturais das células do interstício e císticas do testículo da piracanjuba Brycon orbignyanus (Valenciennes, 1849)(Pisces, Characidae), durante o ciclo sexual**. 1999. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, 1999.

ANDRADE, D. R; TONINI, W. C. T; BURKERT, D; GODINHO, H. P; VIDAL JR, M. V. Maturação testicular na manjuba *Curimatella lepidura* Eigenmann e Eigemnmann, 1889 (Pisces, Curimatidae) da represa de Três Marias, Rio São Francisco, Brasil. **Revs. Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 9-16, 2009.

ASHIKAGA, F. Y.; ORSI, M. L.; OLIVEIRA, C.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F. The endangered species *Brycon orbignyanus*: genetic analysis and definition of priority areas for conservation. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 98, p. 1845-1855, 2015.

AZEVEDO, C.O; BARBIERI, M.C; BARBIERI, G. Ciclo reprodutivo de *Parodon Tortuosus* (Eigenmann & Norris, 1900) do rio passa cinco Ipeúma-SP. II. Estádio de maturação do ovário. Época de reprodução. **Rev. Bra. Sao Carlos,** v. 48, p. 571-575, 1988.

BARBIERI, G; SANTOS, E. P. Análise comparativa do crescimento e de aspecto reprodutivos da piava *Leporinus friderici* (Bloch, 1974) (Osteichthyes, Anostomidae) da represa do lobo e do rio Moji Guaçu, SP. **Ciência e Cultura,** São Paulo, v. 40, p. 693-697, 1988.

BARBIERI, G; SANTOS, E. P. Análise comparativa do crescimento e de aspecto reprodutivos da piava *Leporinus* friderici (Bloch, 1974) (Osteichthyes, Anostomidae) da represa do lobo e do rio Moji Guaçu, SP. **Ciência e Cultura,** São Paulo, v. 40, p. 693-697, 1988.

BATLOUNI, S. R.; ROMAGOSA, E.; BORELLA, M. I. The reproductive cycle of male catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Pimelodidae) revealed by changes of the germinal epithelium: An approach addressed to aquaculture. **Animal Reproduction Science,** Amsterdam, v. 96, n. 1-2, p. 116-132, 2006.

BAUDRON, A. R.; AGULHA, C. L.; RIJNSDORP, A. D.; MARSHALL, T. C. Warming temperatures and smaller body sizes: synchronous changes in growth of North Sea fishes. **Global Change Biology,** Chichester, v. 20, p. 1023-1031, 2014.

BAUMGARTNER, G.; PAVANELLI, C. S.; BAUMGARTNER, D.; BIFI, A. G.; DEBONA, T.; FRANA, V. A. **Peixes do baixo rio Iguaçu**. Maringá: Eduem, 2012.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney Univerty, p.240, 1976.

BILLARD R. Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. **Reproduction, Nutrition, Development,** Les Ulis, v. 26, n. 4, p. 877-920, 1986.

BLÁZQUEZ, M; SOMOZA, G. M. Fish with thermolabile sex determination (TSD) as model to study brain sex differentiation. **General and Comparative Endocrinology**, Maryland Heights, v. 166, p. 470-477, 2010.

BONE, Q.; MARSHALL, N. B.; BLAXTER, J. H. S. **Biology of fishes**. 2 ed. London: Chapman & Hall, 1995.

BOSSEMEYER, I. K.; HALL, G. B. Determination of the time of spawing and maturation of the jundiá, *rhamdia sapo*, based on the gonado-somatic index (GSI) and the morphocytologic study of the gonods. **Ciência e Natura**, Maryland Heights, v. 2, n. 2, p. 133-151, 1980.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies/6219-especie-6219. Acesso em: 14 jan, 2018.

BREDER, W. P.; ROSEN, D. E. **Modes of reproduction in fishes**. New York: Natural History Press, 1966.

BRITO, M. F. G.; LAZZAROTTO, H.; CARAMASCHI, E. P. Life-history features of a rapids-dwelling loricariid *catfish* from Atlantic forest streams, Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 1-7, 2016. DOI 10.1590/1676-0611-BN-2015-0068.

BROWN-PETERSON, N. J.; WYANSKI, D. M.; SABORIDO-REY, F.; MACEWICZ, B. J.; LOWERRE-BARBIERI, S. K. A Standardized terminology for describing reproductive developmentin fishes. **Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science**, Chichester, v. 3, p. 53-70, 2011.

CARDOSO, D. M. Relação gênito-hipofisária e reprodução nos peixes. **Arquivos do Instituto Biológico,** São Paulo, v. 5, p. 133-136, 1934.

CARNEIRO, P. C. F; URIBITANI, E. C; ROVIERO, D, P. Growth and metabolic parameters of red tilapia reared in floating net cages in a small reservoir. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, p. 439-444, 2000.

CASTAGNOLLI, N. Espécies nativas próprias para a piscicultura. In: SÁ, M. F. P. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 59-69,

CECCARELLI, P. S.; SENHORINI, J. A.; CANTELMO, O. A.; REGO, R. F. Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFMS, 2010. p. 117-148.

CHAGAS, J. M. A.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. Ciclo testicular de Devario aequipinnatus (Teleostei, Cyprinidae): um potencial modelo biológico em experimentação animal. **Boletim do Instituto de Pesca (Impresso)**, [s. l.], v. 42, p. 765-779, 2016.

COWARD, K.; BROMAGE, N. R.; HIBITT, O.; PARRINGTON, J. Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, Dordrecht, v. 12, p. 33-58, 2002.

DAUFRESNE, M; LENGFELLNER, K; SOMMER, U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, New York, v. 106, p. 12788-12793, 2009.

DE ROOIJ, D. G.; RUSSELL, L. D. All You Wanted to Know About Spermatogonia but Were Afraid to Ask. **Journal of andrology**, Schaumburg, v. 21, n. 6, p. 776-798, 2000.

FERNANDEZ, D. R. Diel variation in the ascent of fishes up na experimental fish ladder at Itaipu Reservoir: fish size, reprodictive stage and taxonomic group influences. **Neotropical Ichthyology,** Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 215-222, 2007.

FERREIRA, R. M. A; GODINHO. H. P. Reproductive biology of the white piau, *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in southeast Brazil. **Eur. Arch. Biol.,** Bruxelles, v. 10, p. 331-344, 1990.

FISHBASE. **Family Bryconidae**. [S. l.], 2019. Disponível em: http://www.fishbase.se/Summary/FamilySummary.php?ID=687. Acesso em: 05 jan. 2019.

FLORES, A. Accuracy of gonadosomatic index in maturity classification and estimation of maturity ogive. **Fisheries Research,** Amsterdam, v. 210, p. 50-62, 2019.

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

GODOY, M. P. **Peixes do Brasil**: Subordem Characoidei- bacia do Rio Mogi Guassu. Piracicaba: Franciscana, 1975. v. 4.

GOMIERO, J. G. **Curvas de crescimento morfométrico e alométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*).** 2005. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

GRIER, H. J. Cellular Organization of the Testis and Spermatogenesis in Fishes. **Amer. Zool**., [s. l.], v. 21, p. 345-357, 1981.

GRIER, H. J. The germinal epithelium: its duais role in establishing male reproductive classes and understanding the basis for indeterminate egg production in female fishes. In: ANNUAL GULF AND CARIBBEAN FISHERIES INSTITUTE, 53., 2000, Biloxi. **Proceedings** […] Fort Pierce: Alabama Sea Grant Consortium, 2000. p. 537–552.

GRIER, H. J. The germinal epithelium: Its dual role in estalishing male reproductive classe and uderstanding the basis for indeterminate egg production in female fishes. **Florida Marine Research Intitute**, Petersburg, v. 53, p. 537-552, 2002.

GRIER, H. J.; ARRANZÁBEL, M. C. The testis and spermiogenesisin teleost. In: JAMIESON, B. G. M. (ed). **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnatus and Neotelestomi).** Phylogeny-repoductive Sistem Viviparity-spermatozoa*.* Enfield: Science Publishers, 2009.

GRIER, H. J.; THAYLOR, R. G. Testicular maturation and regression in the common snook. **Jornal of Fish Biology***,* Chichester, v. 53. p. 521-542,1998.

GRIER, H.J. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cells barrier. In: RUSSELL, I. D.; GRISWORLD, M. D. **The Sertoli cell**. Clearwater: Cache River Press, 1993. p. 704-739.,

GRIER, H.J.; LINTON, J.R.; LEATHERLAND, J.F.; e DE VLAMING, V.L. Structural Evidence for Two Different Testicular Types in Teleost Fishes. **The American Journal of Anatomy,** Hoboken, v. 159, p. 31-345,1980.

GRIER, J. H.; URIBE ARANZÁBAL, M. C. The Testis and Spermatogenesis in Teleosts. In: JAMIESON, B. G. M. (ed.) **Reproductive biology and phylogeny of fishes (Agnathans and Bony Fishes).** Enfield: Science Publishers, 2009.

GROVE, C.; JERRAM D. A. jPor: An ImageJ macro to quantify total optical porosity from blue-stained thin sections. **Computers & Geosciences**, Kidlington, v. 37, n. 11, p. 1850-1859, 2011.

HILSDORF, A.W. S.; MOREIRA, R. G. **Piracema**: por que os peixes migram? Scientific American Brasil, 2008.

HONJI, R. M; TOLUSSI, C. E; PELE, D. C; POLAZ, C. N. M; HILSDORF, A. W. S; MOREIRA, R. G. Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista de Biologia**, Lisboa, v. 17, p. 18-30, 2017.

HOWES, G. Review of the Genus *Brycon* (Teleostei: Charcaoidei). **Bulletin of the Bristish Museum (Natural History). Zool.,** [s. n.], v. 43, p. 1-47, 1982. Disponível em: https://www.biodiversitylibrary.org/page/2260663#page/8/mode/1up. Acesso em: 14 ago. 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO (ICMBIO) [online]. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira?id=6219:especie-6219, Acesso em 14 de agosto 2018.

ISAAC-NAHUM, V. J; VAZZOLER, A. E. Biologia reprodutiva de Micropogonias furnieri (Desmarest, 1823). Relação gonadossomática, comprimento, e peso dos ovários como indicadores do período de desova. **Bolm. Instit. Ocenaograf.,** São Paulo, v. 35, p. 123-134, 1987.

JAMES, M. F. Histology of gonadal changes in the bluegill, Lepomis macrochirus Rafinesque, and the largemouth bass Huro salmoides (Lacepede). **Journal of Morphology,** Hoboken, v. 79, p. 63-88, 1946.

JOBLING, M. **Environmental Biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995.

KOULISH, S.; KRAMER, C. R.; GRIER, H. J. Organization of the male gonad in a protogynous fish, *Thalassoma bifasciatum* (Teleostei: Labridae). **Journal of Morphology**, Hoboken, v. 254, p. 292-311, 2002.

LAHNSTEINER, F.; PATZNER, R. A.; WEISSMANN, T. Testicular main ducts and spermatic ducts in some cyprynid fishes. I. Morphology, fine structure and histochemistry. **Journal of Fish Biology,** Chichester, v. 44. p. 937-51, 1994.

LAHNSTEINER, F., RICHTARSKI, U. e PATZNER, R. A. Functions of the testicular gland in two bleniid fishes, Salaria (= Blennius) pavo and Lipophrys (= Blennius) dalmatinus (Blenniidae, Teleostei) as revealed by electron microscopy and enzyme histochemistry. **Journal of Fish Biology,** Chichester, v. 37, p. 85–97, 1990.

LIMA, F. C. A. A revision of the cisandean species of the genus Brycon Muller & Troschel (Characiformes: Characidae). **Zootaxa,** Auckland, v. 4222, n. 1, p. 1-189, 2017.

LIMA, F.C.T; MOREIRA, C.R. Three new species of *Hyphessobrycon* (Characiformes: Characidae) from the upper rio Araguaia basin in Brazil. **Neotropical Ichthyology**, São Paulo, v. 1, p. 21-33, 2003.

LOPERA-BARRERO, N. M; RIBEIRO, R. P; SIROL, R. N; POVH, J. A; GOMES, P. C; VARGAS, L; MANGOLIN, C. A. Variabilidade genética de lotes de *Brycon orbignyanus* utilizados em programas de repovoamento: Manejo e conservação. **Acta Biológica Colombiana,** Bogotá, v. 13, p. 107-118, 2008.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Edusp, 1999. p. 534.

LÜPOLD, S. Ejaculate quality and constraints in relation to sperm competition levels among eutherian mammals. **Evolution**, Rennes Cedex, v. 67, p. 3052–3060, 2013.

MALABARBA, L. R. Monophyly of Cheirodontinae, characters and major clades. In: MALABARBA, L. R., R. E. REIS, R. P. VARI, Z. M. **Phylogeny and classification of neotropical fishes**. Porto Alegre: Edipucrs, 1998. p.193-233.

MALABARBA, L. R. Subfamília Cheirodontinae (Characins, tetras). Em: REIS, R. E. **Lista de verificação dos peixes de água doce da América do Sul e Central**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003. p. 215-221.

MAZZONI, T. S. **Formação do epitélio germinativo durante a morfogênese e diferenciação gonadal em *Cyprinus carpio* (Teleostei: Cypriniformes):** análise estrutural e ultraestrutural das células germintivas e somáticas. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 2019.

MENEZES, M. S.; TAKEUTI, D. F.; ARANHA, J. M. R.; VERANI. J. R. Desenvolvimento gonadal de machos e fêmeas de *Pseudotothyris obtusa* (Ribeiro, 1911) (Loricariidae, Hypoptopomatinae). **Acta. Biológica**, [s. l.], v. 29, n. 1, 2, 3, 4, p. 89-100, 2000.

NAGAHAMA, Y. **A morfologia funcional das gonadotas teleósticas.Fisiologia dos peixes**. San Diego: Academic, 1983. p. 223-275.

NASCIMENTO, N. F; PEREIRA-SANTOS, M; P, L. HENRIQUE; MANZINI B; FUJIMOTO, T; SENHORINI, J. AUGUSTO; YASUI, G. S; NAKAGHI, L. S. O. Growth, fatty acid composition, and reproductive parameters of diploid and triploid yellowtail tetra *Astyanax altiparanae*. **Aquaculture,** Amsterdam, v. 471, p. 163–171, 2017.

NAVARRO, R. D; SILVA, R. F; RIBEIRO FILHO, O. PINTO; CALADO, L. L; REZENDE, F. P; SANTOS, C. S. S; SANTOS, L. C. Comparação morfometrica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astayanax scabripinnis* Jerenyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v. 24, p. 165-176, 2006.

NELSON, J. S. **Fishes of the world**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006.

NIKOLSKY, G. V. **The ecology of fishes**. San Diego: Academic Press, 1963. 352 p.

ORR, R. T. **Biologia dos vertebrados**. 5. ed. São Paulo: Roca, 1986.

PAIVA, M. P. **Grandes Represas do Brasil**. Brasília: Ed. Terra, 1982. 292 p.

PORTO-FORESTI, F.; CASTILHO-ALMEIDA, R.; FORESTI, F. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). In: Bernardo Baldisserotto, GOMES Levy de Carvalho (org.) **Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** Santa Maria: UFSM, 2005. v. 2. p. 101-116.

QUEROL, M. V. M; QUEROL, E; GOMES, N. N. A. Fator de condição gonadal, Índice hepatossomático e Recrutamento como indicadores do período de reprodução de *Loricariichthys platymetopon* (Osteichthyes, Loricariidae), bacia do rio Uruguai médio, sul do Brasil. Iheringia, **Sér. Zool**., Porto Alegre, v.92, p. 79-84, 2002.

REY-VÁZQUEZ G. DACUÑA RH, MEIJIDE FJ, GUERRERO G. Spermatogenesis and changes in testicular structure during the reproductive cycle in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). **Acta Zool**., [s. l.], v. 93, p. 338-350, 2012.

ROSA, R. S; LIMA, F. C. T. Os peixes brasileiros ameaçados de extinção. In: INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. [*S. l.*], 2005. p. 47-56,

SATO, Y.; SAMPAIO, E. V.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J. R. Biologia reprodutiva e reprodução induzida de duas espécies de Characidae (Osteichthyes, Characiformes) da Bacia do São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n.1, p. 267-273, 2006.

SCHULZ, R. W., FRANÇA, L. R., LAREYRE, J.-J., LE GAC, F., CHIARINI-GARCIA, H., NOBREGA, R. H.; MIURA, T. Spermatogenesis in fish. **General and Comparative Endocrinology**, Maryland Heights, v. 165, p. 390-411, 2010.

SILVA, M. **Morfologia ultra-estrutural do testículo, cinética da espermatogênese e barreira hematotesticular da tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus* (Peixe, Ciclídeo).** Minas Gerais. 1987. 164 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1987.

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

SIQUEIRA-SILVA, D. H.; SANTOS-SILVA, A. P.; BASHIYO-SILVA, C.; RODRIGUES, M. S.; VICENTINI, C. A.; NINHAUS-SILVEIRA, A.; VERISSIMO-SILVEIRA, R. Testicular Structure and Seminal Pathway in the Yellowtail Tetra *Astyanax altiparanae* (Characiforms: Characidae). **Journal of Veterinary Medice: Anatomia, histologia, embryologia**, New York, v. 46, p. 342-346, 2017.

SOUTO, C. N. Visão geral sobre reprodução de peixes teleósteos: da anatomia à sinalização molecular. **Pubvet**, [*s. l.*], v. 11, p. 1074-1187, 2017.

SUZUKI, H. I; PELICICE, F. M; LUIZ, E. A; LATINI, J. D; AGOSTINHO, A. A. Estratégias reprodutivas da assembleia de peixes da planície de inundação do alto rio Paraná. **Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**, Maringá, v. 15, n. 275, p. 1-9 2004.

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

VAZZOLER, A.E.A.M. e MENEZES, N.A. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). **Rev. Brasil. Biol**., São Carlos, v. 52, p. 627-640, 1992.

VERÍSSIMO-SILVEIRA, R. *et al*. Ultraestrutura de espermiogênese e espermatozóides em Salminus e Brycon, dois gêneros primitivos em Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes). **Acta Zoologica**, [*s. l.*], v. 87, n. 4, p. 305-313, 2006.

WELTZIEN, F. A.; TARANGER, G. L.; KARLSEN, O.; NORBERG, B. Spermatogenesis and related plasma androgen levels in *Atlantic halibut* (L.). **Comp. Biochem. Physiol. a Mol. Integr. Physiol,** Philadelphia, v. 132, n. 3, p. 567-575, 2002.

WORTHMANN, H. O. W. Estágios iniciais de crescimento da pescada (*Plagioscion monti* Soares). **Acta Amazonica,** [*s. l.*], v. 10, n. 1, p. 157-164, 1980.

ZAIDEN, F. S. **Estructura testicular da piracanjuba Brycon orbignianus (Valenciennes, 1849)(PISCES: CHARACIDAE), nos vários estádios do ciclo sexual.** 1997. Dissertação (Mestrado) - CAUNESP-UNESP, Jaboticabal, 1997.

ZANIBONI FILHO, E.; SCHULZ, U. H. Uruguay River. In: CAROLSFELD, J. *et al*. **Migratory fishes of south america. biology, fisheries and conservation status**. Ottawa: World Fisheries Trust. p.161-194, 2003.

ZARDO, E. L. **Diferenciação sexual, estrutura populacional e ciclo reprodutivo de piracanjubas (*Brycon orbignyanus*) sob condições de cultivo**. [*S. l.*], 2018.

ZOHAR, Y.; MUÑOZ-CUETO, J. A.; ELIZUR, A.; KAH, O. Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. **General and Comparative Endocrinology**, Maryland Heights, v. 165, p. 438-455, 2010.