

UMA REVISÃO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO GONADAL DE PIRARUCUS *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) POR MEIO DA ANÁLISE MACROSCÓPICA COMO UMA PROPOSTA PARA UNIFICAÇÃO DESTES CONCEITOS E SUA APLICAÇÃO PRÁTICA NAS RESERVAS MAMIRAUÁ E AMANÁ.

K. Lopes ¹
H. L. Queiroz ¹

RESUMO

Neste trabalho foram efetuadas análises morfológicas das gônadas de *Arapaima gigas* para a determinação de uma escala de desenvolvimento gonadal, tendo como objetivo principal a construção de uma ferramenta prática para aplicação nos sistemas de manejo de pesca de pirarucus. Para análise macroscópica das gônadas considerou-se cor, grau de turgidez, irrigação sangüínea periférica, diâmetro dos ovócitos visíveis e presença/ausência de sêmen. Ambos os sexos apresentam somente uma única gônada, localizada na parte látero-esquerda da cavidade celomática. Para a escala de desenvolvimento gonadal macroscópica das fêmeas, foram descritos seis estádios gonadais: Estádio I ou Imaturo; Estádio II ou Em maturação inicial; Estádio III ou Em maturação avançada; Estádio IV ou Maduro; Estádio V ou Desovado; e Estádio VI ou Em repouso. A escala de desenvolvimento gonadal macroscópica para machos é composta por três diferentes estádios: Estádio I ou Imaturo; Estádio II ou Em Maturação; e Estádio III ou Maduro. A escala de maturação gonadal das fêmeas proposta nesta investigação pode ser utilizada como ferramenta discriminatória dos estádios gonadais no campo, podendo ser utilizada como base de programas de monitoramento do estado reprodutivo dos animais nos sistemas de manejo de pesca de pirarucus.

PALAVRAS-CHAVE: Pirarucu, Biologia reprodutiva, Desenvolvimento gonadal

ABSTRACT

In this work we analyzed the morphological development of gonads of *Arapaima gigas* for the determination of a macroscopic scale of gonadal development, with the objective to apply this scale as a tool for the improvement of pirarucu fisheries management systems. The criteria used for this macroscopic analysis of gonads were color and degree of turgidity (or hardness) of the organs, existence of peripheral blood supply, diameter of oocytes and presence/absence of visible semen. Both sexes have only one functional gonad, located on the left side of the abdominal cavity. For the macroscopic scale of gonad development, six stages of ovary development were described: Stage I (Immature), Stage II (Initial maturation), Stage III (Advanced maturation), Stage IV (Mature), Stage V (Spent) and Stage VI (Resting). The macroscopic scale of gonadal development for males is composed of three different testicular stages. Stage I (Immature), Stage II (Maturation), and Stage III (Mature). The scale of gonadal maturation for females described in this research can be used as a discriminatory tool of gonad developmental stages in the field, and can be used to support monitoring programs of the reproductive state of the animals, in management systems of pirarucu fisheries.

KEYWORDS: Pirarucu, Reproductive biology, Gonadal development.

¹Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - IDSM-OS, Tefé, AM. e.mail: lopeskelven@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A pouco mais de 60 anos, os primeiros relatos da biologia reprodutiva do pirarucu *Arapaima gigas* (Pisces: Osteoglossidae) foram reportados por Osmar Fontenele, analisando o comportamento reprodutivo de pirarucus em regime de cativeiro em açudes na região nordeste do Brasil (FONTENELE, 1948; 1952).

Após este período, outros estudos envolvendo aspectos da biologia reprodutiva vieram à tona, principalmente a partir da observação de animais em vida livre, oriundos de áreas de reserva do Rio Pacaya no Peru (CEBRELLI, 1972; FLORES, 1980).

Na segunda metade da década de oitenta, alguns experimentos, já de caráter zootécnico foram realizados no estado do Pará (BARD; IMBIRIBA, 1986). As primeiras notas técnicas, direcionadas à criação intensiva, direcionadas ao manejo reprodutivo de matrizes, produção de alevinos e ensaios de engorda, foram descritos por Imbiriba e colaboradores em 1986 (IMBIRIBA, 1991; 2001).

Desde então, várias outras investigações mais aprofundadas envolvendo fêmeas, desde os voltados ao estabelecimento de um tamanho médio à primeira maturação sexual (L_{50}) até estudos da história natural da espécie, vem sendo realizados na Reserva Mamirauá (QUEIROZ; SARDINHA, 1999 ; QUEIROZ, 2000).

Já Lopes (2005), com base em observações macroscópicas, descreveu as escalas de desenvolvimentos gonadal de machos e de fêmeas. Por fim, Godinho et al (2005), com o auxílio da histologia, relataram a morfologia das

microestruturas gonadais do *A. gigas*.

Ao mesmo passo, nesta última década, foram realizados estudos de biologia pesqueira na Reserva Mamirauá (CASTELLO et al, 2004), que consistiram no desenvolvimento de técnicas de levantamento de estoques utilizando o conhecimento e a experiência tradicional do pescador ribeirinho no reconhecimento morfológico do peixe, associado ao tamanho mínimo de captura, construindo uma importante medida de manejo pesqueiro. A partir do momento que o pirarucu vem à superfície captar ar atmosférico, um pescador tradicional experiente é capaz de contar e classificar individualmente o animal, discriminando-o em jovem ou adulto. Animais jovens são aqueles abaixo do tamanho mínimo de captura, que foi legalmente estabelecido em 1,5 m. Animais adultos são maiores que o tamanho mínimo de captura, regulamentado pelo órgão oficial brasileiro de meio ambiente (IBAMA). Estes estudos resultaram em uma eficiente técnica utilizada hoje em dia em vários locais onde é realizada a pesca manejada do pirarucu (CASTELLO et al, 2009).

Outra importante medida de controle da pesca proveniente da biologia pesqueira é o tamanho mínimo de captura, medida advinda da correta discriminação e identificação do desenvolvimento gonadal, que ser realiza por intermédio de uma classificação virtual e seu enquadramento nas classes de desenvolvimento gonadal (VAZZOLER, 1996). O valor para o tamanho mínimo de captura, portanto, é decorrente do valor do tamanho ao primeiro evento reprodutivo, no qual pelo menos 50% dos animais encontram-se em atividade reprodutiva (L_{50}) (FONTELES FILHO,

1989; SHINOZAKI-MENDES et al, 2007). Este é determinado pelo ajuste de uma curva logística à frequência relativa de indivíduos maduros em cada classe de comprimento, de acordo com fórmula $1/(1 + \text{EXP}[-r(L-L_{50})])$. É exatamente na identificação clara das fases de desenvolvimento das gônadas que se constrói esta frequência relativa (VAZZOLER, 1996).

O presente estudo teve como objetivo principal determinar uma escala de desenvolvimento gonadal consistente, baseada em caracteres macroscópicos, para uso prático em campo, nos sistemas de monitoramento do estado reprodutivo dos pirarucus capturados na pesca manejada.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram examinados exemplares de *Arapaima gigas* oriundos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - RDSM, localizada na região central do Estado do Amazonas, na confluência dos rios Solimões e Japurá, (Figura 1). As coletas ocorreram de outubro a novembro de 2003, 2004 e 2005 totalizando 286 exemplares sendo 137 fêmeas e 149 machos, variando de 97 a 232 cm de comprimento total. Todos os exemplares foram capturados por pescadores tradicionais do setor Jarauá ($2^{\circ} 50'16''\text{S}$; $64^{\circ} 59'39''\text{O}$).

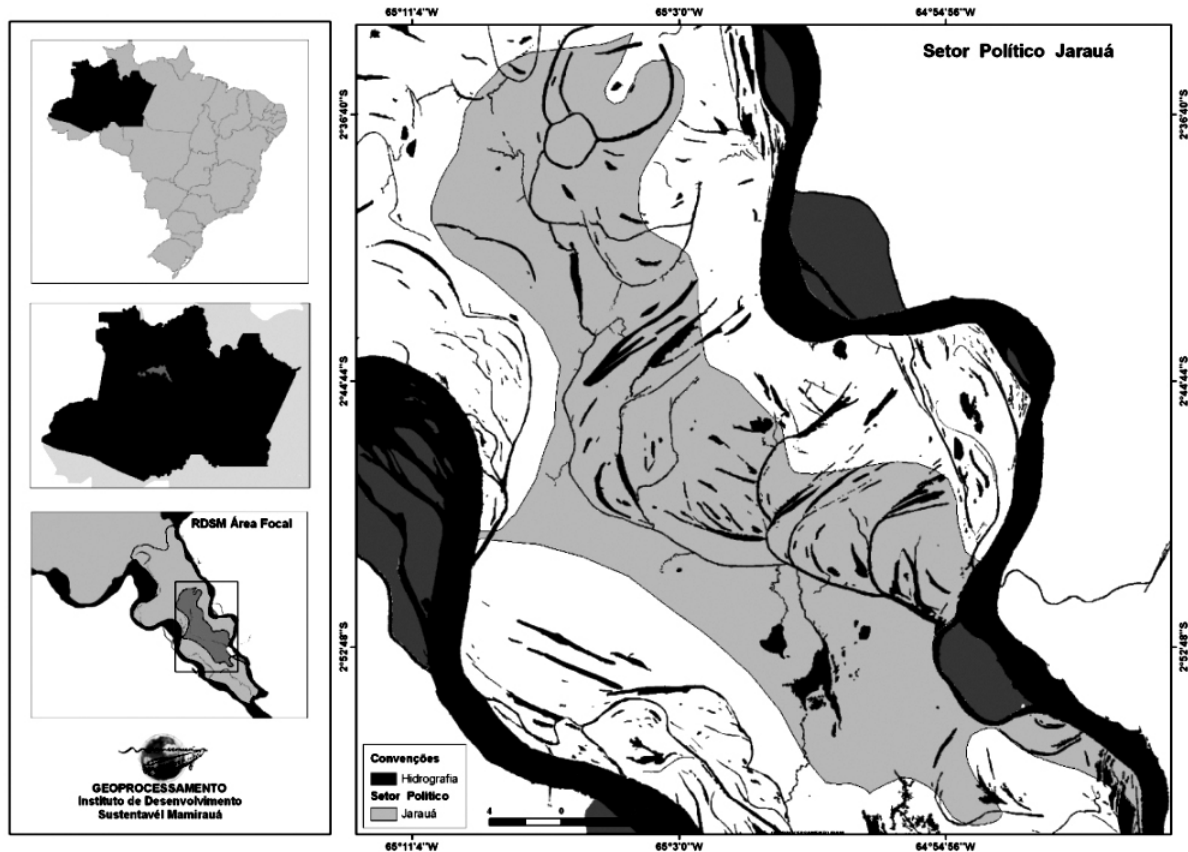


Figura 1 - Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá localizada na confluência dos rios Solimões e Japurá, no Estado do Amazonas, destacando o setor Jarauá.

De cada animal analisado foram obtidos o comprimento total e comprimento gonadal, com uso de um ictiômetro e de fitas métricas, o peso total e peso gonadal, com uso de um dinamômetro e balanças de precisão. Para a identificação do sexo e observação macroscópica das gônadas, realizou-se uma incisão longitudinal no abdome de cada exemplar.

A discriminação macroscópica das gônadas foi com base na cor, grau de turgidez, irrigação sangüínea periférica, presença de sêmen (no caso dos machos) e diâmetro dos ovócitos visíveis (no caso das fêmeas) (VAZZOLER, 1996).

RESULTADOS

Descrição do Ovário

O ovário do *Arapaima gigas* é um órgão singular, de forma laminada, localizado na porção látero-

esquerda da cavidade celomática. Apresenta fendas transversais em sua extensão e possui na sua porção anterior um formato rombóide e na extremidade posterior, forma delgada fundindo-se ao oviduto que se comunica com o poro urogenital. A forma, o volume, a coloração, a irrigação sangüínea dos ovários e diâmetro dos ovócitos visíveis variam nos diferentes estádios de maturidade. A Tabela 1, apresenta o desenvolvimento em peso e comprimento nos diferentes estádios gonadais de fêmeas. A escala de maturação macroscópica confeccionada para fêmeas de *A. gigas* foi composta a partir da identificação de seis diferentes estádios gonadais, como a seguir:

Estádio I (Imaturo) – Ovário pequeno, também denominado de Virgem, com coloração rosa, forma laminar, com estruturas folheais transversais

Tabela 1 - Pesos e comprimentos médios e desvio padrão dos ovários em diferentes estádios gonadais de *A. gigas* na RDSM.

Estádio gonadal	I Imaturo	II Maturação inicial	III Maturação Avançada	IV Maduro
Média comprimento total (cm)	139,6	166,54	177,73	187,14
Desvio padrão	± 19,26	± 10,39	± 15,32	± 16,85
Média peso total (k)	26,5	43,31	52,21	62,08
Desvio padrão	± 7,03	± 11,56	± 15,61	± 18,09
Média peso gonadal (g)	18	37	225,5	474
Desvio padrão	± 9,04	± 28,5	± 174,8	± 275,2
Média comprimento gonadal (cm)	23	29	37	45,75
Desvio padrão	± 6,4	± 5,9	± 5,8	± 6,6
Porcentagem da amostra (%)	14,6	32,8	27,7	24,8
Indivíduos avaliados (N)	20	45	38	34

pequenas, sem ovócitos visíveis a olho nu, pouco irrigado e de consistência túrgida. A parte distal da gônada funde-se ao oviduto, distante do poro urogenital (Figura 2)

Estádio II (Maturação inicial) - Ovário de coloração rosa, de forma laminar, com estruturas folheais transversais evidentes, com poucos ovócitos visíveis de coloração opaca. Apresenta volume maior, com leve alargamento na parte cranial da gônada. A vascularização é mais evidenciada, e o oviduto pequeno está ligado ao poro urogenital (Figura 3).

Estádio III (Maturação Avançada) - Ovário de coloração rosa, de tamanho pronunciado e espessura maior que a dos estádios anteriores, com vascularização aumentada e presença de vasos sanguíneos periféricos de maior calibre, com

ovócitos de coloração verde clara. Este estádio ocorrem ovócitos heterogêneos de coloração rosa-amarelada, de diâmetro menor, e ainda ovócitos de coloração verde-escuro em menor quantidade. Nesta fase é nítida a forma folhosa que distingue o órgão. O oviducto é imperceptível (Figura 4).

Estádio IV (Maduro) - Nessa fase, também conhecida como Grávida, a maior parte dos ovócitos maduros têm coloração verde-escura, influenciando a coloração gonadal inteira. A gônada apresenta também outros ovócitos, de coloração rosa-amarelada, com diâmetro menor. Ovário com intensa vascularização periférica. Nesse estádio o órgão apresenta a forma foliácea mais pronunciada que nos demais. O oviducto é imperceptível (Figura 5).



Figura 2 - Ovário em estágio I, Imaturo.

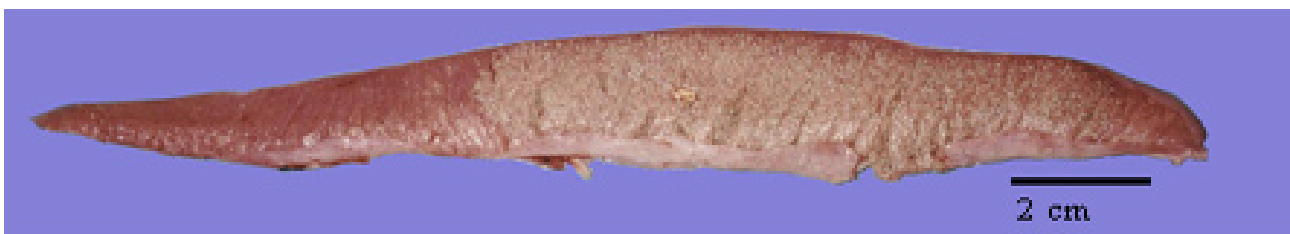


Figura 3 - Ovário em estágio II, Maturação inicial.



Figura 4 - Ovário em estágio III, Maturação avançada.



Figura 5 - Ovário em estágio IV, Maduro.

Estádio V (Desovado) - Ovário flácido, de coloração rosa-pálido, com aspecto hemorrágico na matriz ovariana, que compõe marcas de desova, com trechos das membranas distendidas e esvaziadas de ovócitos. Estes trechos possuem apenas alguns centímetros de comprimento e largura. Nesta fase os ovócitos de coloração rosa-amarelada estão em maior número, mas apresenta também ovócitos de diversos tamanhos e estados de maturidade, inclusive observam-se ainda alguns

grumos esbranquiçados.

Estádio VI (Em repouso) - Ovário de coloração rosa-claro, translúcido, apresentando consistência mais rígida que na fase anterior, vascularização pouco evidente e corpos residuais não identificados.

Os estádios V e VI foram observados em campo em algumas oportunidades, mas não foi possível documentar os ovários nestas fases de desenvolvimento.

Descrição do Testículo

Observações macroscópicas revelaram que o testículo de *A. gigas* é, tal como o ovário, um órgão singular. É longelíneo, semicilíndrico, apresenta bordas lisas, e está localizado na porção inferior látero-esquerda da cavidade celomática. Naquela posição, está sustentado pelo peritônio, prolongando-se até o poro urogenital através de um ducto espermático.

A escala de maturidade macroscópica aqui apresentada para os machos de *A. gigas* é composta por apenas 3 estádios de desenvolvimento identificados nos exemplares avaliados: Estádio I (Imaturo), Estádio II (Em maturação) e Estádio III (Maduro). Conforme apresentado na Tabela 2, observa-se o desenvolvimento em peso e comprimento das gônadas masculinas de pirarucu.

Muito embora seja óbvio que ocorre um estágio de esgotamento e repouso, ou recuperação, nenhum dos dois foi observado nos animais examinados neste trabalho.

Estádio I (Imaturo) - Testículo de coloração rosa, quase translúcido, de forma fitácea, espessura fina, com pouca irrigação sangüínea, com aspecto flácido e friável (Figura - 6).

Estádio II (Em maturação) - Testículo opaco de coloração rosa, formato elíptico mais evidente, espessura proeminente, com irrigação sangüínea evidente, de aspecto consistente e estrutura lisa (Figura - 7).

Estádio III (Maduro) - Testículo de coloração rosa, formato elíptico, apresentando intensa vascularização, com estrutura geral firme e consistente (Figura - 8).

Tabela 2 - Pesos e comprimentos médios e desvio padrão dos testículos nos diferentes estádios gonadais de *A. gigas* na RDSM.

Estádio gonadal	I Imaturo	II Maturação inicial	III Maturação Avançada
Média comprimento total (cm)	139,6	166,54	177,73
Desvio padrão	± 19,26	± 10,39	± 15,32
Média peso total (k)	26,5	43,31	52,21
Desvio padrão	± 7,03	± 11,56	± 15,61
Média peso gonadal (g)	5	8	13
Desvio padrão	± 1,57	± 2,03	± 4,67
Média comprimento gonadal (cm)	19,2	23	31
Desvio padrão	± 5,2	± 4,69	± 6,08
Porcentagem da amostra (%)	26,17	36,24	37,58
Número de indivíduos	39	54	56

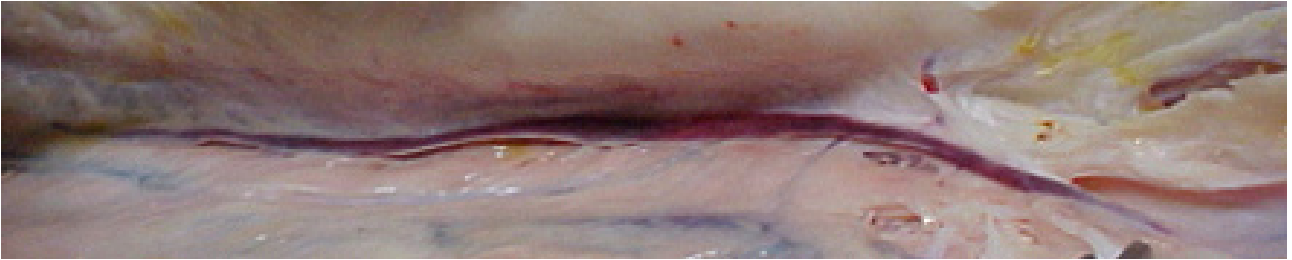


Figura 6 - Testículo em estágio I, Imaturo.



Figura 7- Testículo em estágio II, Em maturação.

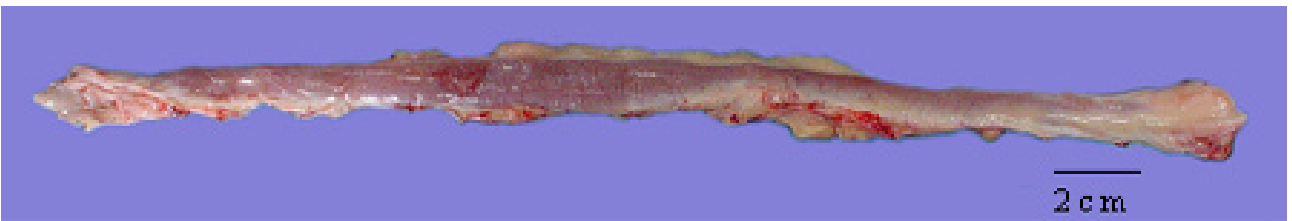


Figura 8 - Testículo em estágio III, Maduro.

DISCUSSÃO

A primeira descrição das características morfológicas gonadais de fêmeas de pirarucus foi realizada por Flores (1980), que as classificou em cinco estádios de desenvolvimento: estágio 1 Virgem, estágio 2 Em desenvolvimento, 3 Desenvolvido, 4 Grávido e 5 Desovado. Já Godinho et al (2005), descreveram quatro estádios gonadais: Imaturo, Maturação inicial, Maturação avançada e Desovado. O presente estudo resultou no reconhecimento e na descrição de seis diferentes estádios, quatro deles bem documentados por medidas diretas.

A primeira descrição de caráter morfológico da gônada masculina do pirarucu foi realizada por Cebrelli (1982), que o descreveu como um órgão semi-cilíndrico e longilíneo, mas que não descreveu fases de desenvolvimento destes órgãos. Mais recentemente, Lopes (2005) descreveu, também com base em observações macroscópicas, os testículos dos pirarucus e seus estádios de desenvolvimento.

Segundo Lopes (2005) a correta discriminação gonadal em machos de pirarucu deve necessariamente passar por uma análise histológica, devido à semelhança principalmente nos estádios

II e III do desenvolvimento testicular, mas também para preencher lacunas que permanecem a respeito dos estádios de esgotamento e recuperação. O mesmo pode ser dito para as fêmeas, pois a descrição detalhada do desenvolvimento ovocitário será de grande auxílio na confirmação ou revisão das fases macroscópicas apresentadas no presente trabalho. Sugere-se, portanto, que estudos histológicos adicionais sejam realizados com gônadas de pirarucus, para maiores esclarecimentos sobre a gametogênese e composição química em cada escala de desenvolvimento espermático, e assim obter subsídios para uma escala macroscópica mais consistente para machos e a confirmação para fêmeas.

O meio de discriminação gonadal utilizado neste trabalho foi o macroscópico direto. Este método fundamenta-se em características visuais das gônadas examinadas, tais como cor, grau de turgidez, irrigação sangüínea periférica e diâmetro dos ovócitos, ou presença de sêmen. Entretanto, a classificação macroscópica mostra-se muito variável, e passível de variação subjetiva de acordo com a interpretação de diferentes observadores e autores. Tal variação é inerente às metodologias empregadas e às características peculiares de cada espécie. Por este motivo, é fundamental que as escalas estejam apoiadas sobre medições consistentes de alguns aspectos como peso e comprimento dos órgãos. Contudo, todas as classificações dos estádios de desenvolvimento gonadal seguem uma escala universal, modificada de acordo com características específicas para cada grupo de espécies: Estádio Imaturo ou Jovem,

Repouso, Maduro, Reprodução e Reproduzido (VAZZOLER, 1996; CREPALDI et al, 2006).

No entanto, acreditamos que a escala de maturação gonadal para as fêmeas proposta nesta investigação pode ser utilizada como ferramenta discriminatória dos estádios gonadais, podendo ser utilizada como base para estudos de biologia pesqueira de pirarucus, e em programas de monitoramento reprodutivo nos sistemas de manejo de pesca de pirarucus.

REFERÊNCIAS

- BARD, J.; IMBIRIBA, E. P. Piscicultura do pirarucu *Arapaima gigas*. **Embrapa – CPATU. Circular Técnica**, n.52, 17p. 1986.
- CASTELLO, L. Method to Count Pirarucu *Arapaima gigas*: Fishers, Assessment, and Management. **North American Journal of Fisheries Management**. v.24, p.379–389, 2004.
- CASTELLO, L. et al. Lessons from Integrating Fishers of *Arapaima* in Small-Scale Fisheries Management at the Mamiraua Reserve, Amazon. **Environmental Management**. v.43, p.197–209, 2009.
- CEBRELLI, C. B. **Estudio del factor de condición del “paiche” *Arapaima gigas* (Cuvier) em la zona reservada del Rio Pacaya entre los años 1959 a 1969**. Dissertação (Graduação) - Universidade Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 1972.
- CREPALDI, D. V. et al. Biologia reprodutiva de Surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. v.30, n.3, p.159-167, 2006.

- FLORES, H. G. Desarrollo sexual del paiche *Arapaima gigas* en las zonas reservadas del estado (Rios Pacaya y Samiria) 1971-1975. **Informe Instituto del Mar del Peru**, IMARPE, v.67, p 1-21p, 1980.
- FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 8, n. 4, p. 445-459, 1948.
- FONTENELE, O. **Hábitos de desova do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier) e evolução de sua larva.** Fortaleza: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – Serviço de piscicultura, 1952. 17p.
- FONTELES FILHO, A. A. **Recursos pesqueiros biologia e dinâmica Populacional.** Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1989. 295 p.
- GODINHO, H. P. et al. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Acta Zoologica**, v. 86, p. 289–294, 2005.
- IMBIRIBA, E.P. Produção e manejo de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier). **Embrapa – CPATU. Circular Técnica**, n. 57, 19p. 1991.
- IMBIRIBA, E. P. Potencial de criação de pirarucu *Arapaima gigas* em cativeiro. **Acta Amazônica**, v. 31, n. 2, p. 299-316, 2001.
- LOPES, K. S. **Ecologia reprodutiva e subsídios para o manejo da reprodução de pirarucus, *Arapaima gigas* Cuvier, 1817.** 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.
- QUEIROZ, H. L.; SARDINHA, A. D. A. Preservação e o uso sustentado dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá 108-115p. In: Queiroz, H. L.; CRAMPTON, W. G. R (Ed.). **Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá.** Brasília: CNPq; Tefé: Sociedade Civil Mamirauá; IPAAN. 1999. 210p.
- QUEIROZ, H. L. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonian Várzea: Red giants in muddy waters.** 2000, 226f. Tese (Doutorado) - University of St Andrews, 2000.
- SHINOZAKI-MENDES, R. A et al. Reproductive Biology of the squirrelfish, *Holocentrus adscencionis* (Osbeck, 1765), caught off the coast of Pernambuco, Brazil. **Scientia Marina**, v.71, p. 715-722, 2007.
- VAZZOLER, A. E. A. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: EDUEM, 1996. 169 p.