

**Estudo preliminar na indução reprodutiva da curimatã comum (*Prochilodus cearaensis* steindachner, 1911).**

**Raimundo Bezerra da Costa<sup>1</sup>; Ronaldo de Oliveira Sales<sup>2</sup>; Rodrigo Maggioni<sup>3</sup>; Dea Lima Vidal<sup>1</sup>, José Oriani Farias<sup>1</sup>**

---

**Resumo:** As espécies de peixes migradores caracterizam-se por deslocamento ao longo dos rios nos períodos chuvosos para realizar sua reprodução, de forma sazonalizada. As fêmeas de curimatã comum (*Prochilodus cearaensis*), uma dessas espécies reofílicas, apresentam um sincronismo perfeito entre suas condições fisiológicas e as do ambiente, o que possibilita o desenvolvimento ovariano e a maturação final dos óvulos. Nesse momento, elas se tornam preparadas para realizar a ovulação e a desova. Contudo, em água parada, o mecanismo de reprodução só é desencadeado através da indução artificial com o emprego de extratos hipofisários e hormônios específicos. Induziu-se a ovulação em cinco fêmeas com extrato hipofisário, utilizando uma hipófise por quilo de peso em duas doses sucessivas: a primeira tendo 10% da concentração total e a segunda os 90% restantes doze horas após, observou-se a desova em duas fêmeas. Após a indução da ovulação, três fêmeas não desovaram e, ao serem sacrificadas, apresentavam ovários em fase de regressão, uma disfunção reprodutiva observada durante a exploração em cativeiro. O conhecimento e o entendimento das causas responsáveis dessas falhas observadas na reprodução são essenciais para uma exploração intensiva rentável da curimatã comum, cuja espécie apresenta um grande potencial econômico regional e, ao ser cultivada adequadamente, pode proporcionar proteína de alto valor biológico e nutricional ao consumidor.

**Palavras-chave:** *Prochilodus cearaensis*; indução da desova; regressão ovariana; peixes migradores.

## Preliminary study on induction of reproductive curimatã common (*Prochilodus cearaensis* Steindachner, 1911)

**Abstract:** The species of migratory fish are characterized by displacement along the rivers in rainy periods to perform their reproduction, seasonally allocated. The females of curimatã common (*Prochilodus cearaensis*), one of these migratory species, present a perfect synchronism between their physiological conditions and the environment, which enables the ovarian development and the final maturation of the ova. In this moment, they are prepared to carry out the ovulation and spawning. However, while in backwater, the mechanism of reproduction is only triggered by anartificial induction, with the employment of pituitary extracts and specific pituitary hormones. Ovulation was induced in five females with pituitary extract, using a pituitary per kilogram of body weight in two successive doses: the first having 10% of total concentration and the second 90% of the remaining twelve hours after, it was observed two females spawning. After the ovulation induction, three females did not spawn, and, after being sacrificed, they had ovaries in regression phase, which is a reproductive dysfunction observed during the holding in captivity. The knowledge and understanding of the failures causes observed in reproduction are essential for a profitable intensive exploitation of curimatã common, that presents a great economic regional potential and, if correctly grown, can offer protein of high biological value and nutrition to the consumer.

**Keywords:** *Prochilodus cearaensis*; induction of spawning; ovarian regression; migratory fish.

---

<sup>1</sup> Laboratório de Genética e Reprodução em Peixes Dulciaquícolas – LaGePe/NUGEN-FAVET-UECE;

<sup>2</sup> Zootecnia – UFC

<sup>3</sup> Laboratório de Ciências do Mar-LABOMAR-UFC

### INTRODUÇÃO

As espécies de peixes migradores ou reofílicos caracterizam-se por deslocamento ao longo dos rios nos períodos chuvosos para realizar sua

reprodução que ocorre em um curto período da estação chuvosa. As fêmeas apresentam um sincronismo perfeito entre as suas condições fisiológicas com as do ambiente para possibilitar

desenvolvimento ovariano e a maturação final dos óvulos, momento em que se tornam preparadas para realizar a ovulação e a desova (OLIVEREAU & BALL, 1964; SUZUKI *et al.*, 1988b; PETER & YU, 1997; ZOHAR & MYLONAS, 2001; MYLONAS *et al.*, 2010). Dessas espécies reofílicas a *Prochilodus cearaensis*, conhecida como curimatã, encontra-se disseminada em todo o Nordeste por ter encontrado nos rachado e rios um ambiente adequado para alimentação e proliferação, pois na sua fase jovem alimentam-se de plâncton e quando adulto comportando-se como iliófago, ingerindo ainda restos de animais e de vegetais (SALES & AZEVEDO, 2010; SALES, 1995; YOSSA & ARAÚJO-LIMA, 1998). Na sua reprodução os ovócitos desenvolvem-se, maturam e são liberados de uma única vez, por toda estação chuvosa (ARAÚJO *et al.*, 2003). Alguns trabalhos vem demonstrando a interferência de fatores ambientais no ciclo reprodutivo desses peixes de água doce nas regiões tropicais, tanto em nos seus *habitats* naturais (ANDRADE-TALMELLI *et al.*, 1994) como em ambientes confinados (ROMAGOSA *et al.*, 1990; ANDRADE-TALMELLI *et al.*, 2002). Essa interferência pode quebrar o sincronismo da integração

externa e interna, principalmente quando os peixes nativos são mantidos em cativeiro, resultando numa disfunção reprodutiva de falha da maturação final do ovócito (FOM) e subsequente liberação através da desova (Abraham, 1988; MYLONAS *et al.*, 1997; ZABALA *et al.*, 1997; MARINO *et al.*, 2001; PODHOREC & KOURIL, 2009; MYLONAS *et al.*, 2010). Subsequentemente à FOM surge a atresia folicular, que é um fenômeno de ocorrência comum, em muitas espécies de vertebrados tanto em condição natural como experimental (SAIDAPUR, 1978). Assim, os estudos sobre atresia folicular em peixes confinados é de importância vital para sua exploração econômica uma vez que esse processo pode afetar a taxa de fertilidade durante sua vida reprodutiva (FENERICH-VERANI *et al.*, 1984; RIZZO & BAZZOLI, 1995). Dessa forma, nesse trabalho buscou-se entender as causas responsáveis pelas falhas observadas na reprodução da curimatã comum, pois é uma espécie que apresenta um grande potencial de exploração econômica regional e, ao ser cultivada adequadamente, pode proporcionar ao consumidor proteína de alto valor biológico e nutricional.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O Laboratório de Genética e Reprodução em Peixes Dulciaquícolas (LaGePe) da Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, adquiriu em fevereiro de 2012 cinco fêmeas e cinco machos de curimatã comum (*Prochilodus cearaensis* STEINDACHNER, 1911) em boas condições fisiológicas, selecionados dentro dos viveiros da Estação de Piscicultura “Valdemar Carneiro de França”, do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Secas), localizada à jusante do Açude Amanari, Maranguape-Ceará. Os animais criados nos viveiros demonstravam características fenotípicas adequadas para reprodução, com as fêmeas apresentando uma dilatação abdominal ampla e região cloacal hiperhemizada, com coloração avermelhada intensa bem característica do processo (Figuras 1A e 1B).

Hipófises de carpa comum foram maceradas e homogeneizadas em soro fisiológico para aplicação nas cinco fêmeas adquiridas, na proporção de uma hipófise por quilo de peso corpóreo, ministradas em duas doses: a primeira continha 10% do total e a segunda os 90% restantes, administrada 12 horas após a primeira; foi realizada uma única aplicação em cada um dos cinco machos, 12 horas após a aplicação

da primeira dose das fêmeas, com conteúdo equivalente ao total (uma hipófise de carpa comum por quilograma de peso corpóreo). A desova espontânea aconteceu em duas fêmeas, cerca de 20 horas após aplicação da primeira dose. Nas três fêmeas que não responderam ao primeiro tratamento foram realizados mais outros dois tratamentos, no terceiro e sexto dias subsequentes à primeira desova, utilizando as mesmas doses e condições anteriores.

Após os tratamentos os animais foram observados por mais uma semana sem que a desova acontecesse, mesmo apresentando uma caracterização típica da reprodução (Figuras 1A e 1B). Por isso foi realizado o sacrifício para estudo macroscópico e microscópico do aparelho reprodutor desses indivíduos.

Para estudo de microscopia ótica, foram coletadas amostras dos ovários, fixadas em formaldeído a 95%, e processadas para inclusão em parafina. A microtomia do ovário foi feita a uma espessura de 5 mm, com os cortes sendo distendidos em lâminas e a coloração subsequente com Hematoxilina-Eosina. Após a confecção das lâminas foi realizado o estudo e captadas as fotografias dos campos histológicos de interesse através de um aparelho microscópio,



## RESULTADOS

- **Anatomia do ovário da curimatã comum, *P. cearaensis***



Os ovários da curimatã comum localizam-se na cavidade abdominal, e ficam presos à linha sagital mediana por um curto mesovário, dorsalmente ao intestino. São caracterizados como órgãos pares, geralmente de tamanhos semelhantes. Apresentam forma tipo foliácea alongada e com as extremidades rombas, os lóbulos ligam-se a um conduto central por onde saem os óvulos que desembocam na região anal. O tamanho, peso e coloração variam de acordo com o estágio de desenvolvimento (Figura 2A).

Observou-se, ainda, uma coloração do ovário cinza-esverdeada, principalmente, quando está no estágio final de preparação folicular. Vale ressaltar que a referida espécie pode apresentar, ainda, ovário com coloração cinza-claro dependendo do habitat onde está vivendo.

Com o avançar do processo reprodutivo e as condições ambientais sendo desfavoráveis notou-se uma modificação na região urogenital onde a cloaca apresenta-se com coloração vermelho-escuro e um pouco dilatada, caracterizando o início da regressão dos órgãos reprodutivos. Ao se fazer a biopsia dos ovários verificou-se uma diversificação da coloração dos óvulos

que variam do cinza-esverdeado ao cinza escuro, com alguns pontos ressaltando uma coloração amarelo-escurificada devido a absorção dos óvulos, demonstrando estágios diferentes no desenvolvimento (Figuras 2A e 2B). Verificou-se também uma irrigação sanguínea bem acentuada cobrindo toda a parte externa do ovário.

No estômago foi encontrada uma presença reduzida, ou ausência completa, de alimentos o que pode caracterizar o estado de regressão. Também observou-se entre as dobras intestinais, uma presença acentuada de gordura que é formada durante o processo de desenvolvimento ovariano.

	
<p>Figura 2A: Os ovários de forma ovoide e alongada, aos pares, localizam-se na cavidade abdominal, dorsalmente ao intestino e presos à linha sagital mediana.</p>	<p>Figura 2B: Observou-se folículos ovarianos que variam do cinza claro a marrom escuro, demonstrando estágios diferentes no seu desenvolvimento.</p>

- **Histologia do ovário da curimatã comum, *P. cearaensis***

O ovário apresentou-se envolvido por uma cápsula de tecido conjuntivo denso, a túnica ovariana ou albugínea, que emite projeções para o interior do órgão, formando septos ou

lamelas ovulíferas que sustentam as células germinativas em diferentes fases do desenvolvimento (Figuras 3A e 3B). Foram encontrados ovócitos em diferentes fases de desenvolvimento, circundados por envoltórios celulares formando folículos. Os ovócitos

perinucleares apresentam citoplasma com contorno anguloso, núcleo central com nucléolo único, excêntrico e afinidade tintorial tendendo para basofilia (Figura 3A). Nos ovócitos

atrésicos observou-se perda da forma arredondada típica, com uma zona radiata fragmentada, liquefação do vitelo e grânulos desorganizados (Figura 3B).

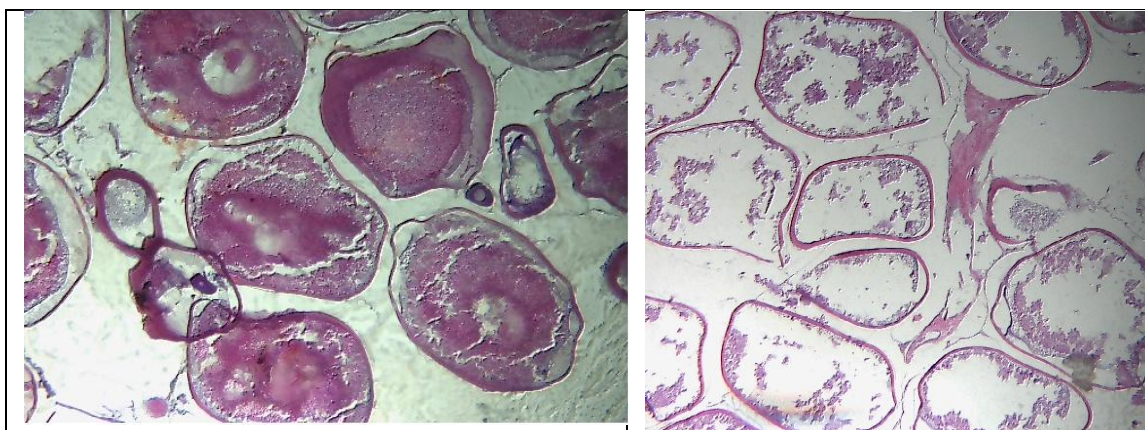


Figura 3A: Observou-se ovócitos perinucleares e no final da maturação; e, ainda, no início da atresia folicular.

Figura 3B: Estágios adiantados da atresia folicular, com perda da forma arredondada dos ovócitos, liquefação e grânulos de vitelo desorganizados.

## DISCUSSÃO

As espécies do gênero *Prochilodus* tem importância exploratória em todas as regiões brasileiras, em especial no Nordeste, devido a grande adaptação aos diferentes ambientes aquáticos, facilidade de fecundação artificial, precocidade e grande prolificidade, regime alimentar limnófago ou iliófago (detritívoro), de baixo nível trófico, além de alimentarem-se no ambiente natural de material orgânico particulado (YOSSA E ARAUJO-LIMA, 1998).

Uma dificuldade para exploração surge em função da sua reprodução não

ocorrer de forma natural em condições de cativeiro, criando uma necessidade de domínio da manipulação dessa atividade capaz de promover a indução artificial da desova e, conseqüentemente, a produção de alevinos nessas espécies. Isso contribuiria para a conservação e impulsionaria o cultivo exploratório artificial, o que de certa forma reduziria a pressão sobre os estoques naturais dessas espécies (Sato *et al.*, 2003). Como acontece com a curimatã comum, *Prochilodus* *cearaensis* (STEINDACHNER, 1911), que por se

tratar de um peixe reofílico não reproduz em ambientes de água parada.

É uma espécie bem adaptada à região Nordeste e tem sido observado um período de reprodução que inicia a partir do mês de outubro indo até o final do mês abril do ano seguinte, momento de ocorrência de muitas precipitações pluviométricas. A distensão desse período reprodutivo é conhecido e, também, foi relatado por ARAÚJO *et al.* (2003).

Essa espécie apresenta ciclo reprodutivo caracterizado por: desova total, desenvolvimento dos ovócitos em grupos sincronizados, ovos sem aderência, desenvolvimento embrionário rápido e prole sem proteção por parte dos pais, assemelhando-se à *Leporinustaeniatus*, conforme descrito por RIZZO *et al.* (2002) e SANTOS *et al.* (2005). A desova ocorre no período da estação chuvosa, o que exige das fêmeas uma harmonização perfeita entre as suas condições fisiológicas com as do ambiente, pois só assim, o processo de desenvolvimento folicular e desova ocorrerão satisfatoriamente.

Esse estado de harmonia é tão essencial que apesar das gônadas desenvolverem-se até estágios avançados de maturação, as etapas finais do processo reprodutivo como maturação final dos ovócitos, ovulação e desova, quando em cativeiro, só são atingidas mediante tratamentos hormonais (GODINHO *et al.*,

1984; BATLOUNI *et al.*, 2006). O desenvolvimento ovariano, na sua forma natural, ocorre de maneira sincronizada como se observa nos níveis sorológicos de estradiol (E2) e testosterona (T), que aumentam durante a ovogênese até alcançarem um pico máximo no início da ovulação. No final da maturação dos ovócitos e da ovulação os níveis plasmáticos de E2 e T diminuem, enquanto o da progesterona aumenta (KIME, 1993).

Por outro lado, as estratégias de formação folicular até alcançar a desova podem ser diversificadas entre as muitas espécies de peixes, apesar das semelhanças observadas em vários pontos desse desenvolvimento, inclusive na sua maturação final (PATIÑO & SULLIVAN, 2002; CERDÀ *et al.*, 2008).

Nesse processo nem todos os óvulos chegam a um final desejável, pois muitas vezes ocorre sua degeneração, ou atresia folicular, que acontece principalmente durante a vitelogênese, e por isso não conseguem completar sua maturação final e ovulação, sendo reabsorvidos pela regressão após a desova (SAIDAPUR, 1978). Esse processo da atresia é altamente regulado e essencial para manutenção da homeostase ovariana que acontece no final do ciclo reprodutivo (KRYSKO *et al.*, 2008). A falha dos peixes em desovarem após a indução hormonal, como observado neste trabalho,



onde as fêmeas não responderam ao tratamento após duas tentativas subsequentes, indica que a atresia, como um processo degenerativo, pode ser um fator que contribui para o método falhar, conforme sugerem MIRANDA *et al.*, (1999) e Mylonas *et al.*(1997a). Nesse sentido, as perdas originadas, a partir da atresia folicular, podem reduzir o potencial reprodutivo, mesmo quando se observa um índice gonadossomático ainda alto, pela presença de ovócitos atrésicos juntamente com ovócitos normais no momento da ovulação (KJESBU *et al.*, 1991; PALMER *et al.*, 1995).

Alterações morfológicas intensas, nos ovócitos e nas células foliculares, antecedem esses processos da atresia e da reabsorção de folículos ovarianos nos peixes, sendo os primeiros sinais morfológicos observados a desintegração do núcleo dos ovócitos e das organelas citoplasmática (mitocôndria, alvéolo cortical, lamela anular), seguida pela fragmentação da zona pelúcida e hipertrofia das células foliculares (MIRANDA *et al.*, 1999; LUBZENS *et al.*, 2010). Ao mesmo tempo, o número das células da teca vai diminuindo e aparece um tecido conjuntivo ricamente vascularizado circundando os folículos remanescentes (MIRANDA *et al.*, 1999). Contudo, o mecanismo que inicia e regula a atresia ovariana nos teleósteos é pouco

conhecida, principalmente a nível molecular.

Em muitas espécies estudadas a apoptose é considerada como o principal processo responsável pela involução ovariana, às vezes iniciado nas células da granulosa que tem um papel chave na atresia do ovário de vertebrados (KRYSKO *et al.*, 2008). Neste processo tem-se proposto a participação do GnRH, uma vez que o tratamento com seus agonistas induzem a fragmentação do DNA (HONG *et al.*, 2008). Outros estudos apresentaram resultados contrários, sugerindo que a apoptose ocorre na camada celular da teca (DRUMMOND *et al.*, 2000; WOOD & VAN DER KRAAK, 2001). Por outro lado, concordando com a expressão de GnRH e seus receptores, foi demonstrado no ovário de peixes que a indução da apoptose pode surgir em função dos níveis ovulatórios de LH inapropriados (LUBZENS *et al.*, 2010).

Outra hipótese que contribui para atresia, sendo contrária àquela da apoptose, tem início nas células da granulosa (WOOD & VAN DER KRAAK, 2003) e propõe uma degradação proteolítica das proteínas vitelogênicas dos ovócitos mediada pela ativação diferencial de catepsinas lisossomais, responsável pelo início desse evento e levando os ovócitos até à morte. Dessa forma, sugere-se que no meio da ovogênese os óvulos exibem

degeneração espontânea com características típicas de apoptose, enquanto nos estágios finais coexistem a apoptose e autofagia durante a morte celular (KRYSKO *et al.*, 2008).

Por sua complexidade, observa-se que em algumas espécies o processo da regressão ovariana, da contração e reabsorção dos folículos pós-ovulatórios e atrésicos, tem um retorno ao estágio de repouso mais demorado (MIRANDA *et al.*, 1999; SANTOS *et al.*, 2005), também observado neste trabalho com exemplares que continuaram no cativeiro. Em outras espécies esse processo pode ser breve, com os folículos pós-ovulatórios sendo reabsorvidos sem deixar qualquer vestígio no estroma do conjuntivo (ISAAC-NAHUM *et al.*, 1988). Essa recuperação ovariana, rápida ou demorada, é que possibilita iniciar-se um novo ciclo reprodutivo. Por outro lado, os efeitos danosos da indução hormonal no processo reprodutivo para obtenção da desova é ainda pouco conhecido, mas em criações de *L. reinhardti* ao utilizarem essa metodologia observou-se uma taxa de fertilização de aproximadamente 80%, indicando que a atresia folicular de um ciclo parece não afetar a taxa de fertilidade do ciclo seguinte, pelo menos nesta espécie considerada.

A reprodução e o tipo de desova representam adaptações do organismo ao

meio ambiente, e em estudos com *Prochilodus scrofa* foram observadas desova total e um período reprodutivo que se estende de novembro a fevereiro (ROMAGOSA *et al.*, 1985; KUNKEL e FLORES, 1994); *Prochilodus lineatus*, no Pantanal Matogrossense, observou-se desova do tipo total, acontecendo de dezembro a fevereiro (RESENDE, 1992); enquanto ROMAGOSA *et al.* (1985) ressaltam dos ovócitos poderem ser eliminados em posturas parciais, dependendo das condições ambientais. A constatação de um desenvolvimento gonadal longo está evidenciado em *P. cearensis*, porém não se pode assegurar que a maturação dos folículos atinjam uma situação de “repouso”, nem que este estágio seja determinante para o início de um novo ciclo reprodutivo (ARAUJO *et al.*, 2003). O repouso gonadal foi verificado para *Prochilodus scrofa* por VIEIRA (1984) e ANDRADE-TALMELLI *et al.* (1994). Por outro lado, HONDA (1979), estudando *Pseudocurimatagilberti*, não observou essa situação de repouso gonadal, sugerindo ser essa flexibilidade um aspecto ligado à espécie. Assim, a variação climática, mesmo dentro de cada estação, e o caráter reofílico dos prochilodontídeos, parecem possibilitar às espécies prepararem-se para a desova no início da estação chuvosa.

Porém, uma intensa atividade do epitélio germinativo pós-desova em trutas “rainbow” foi relatada por GRIER *et. al.* (2007), com a presença de grande número de conjuntos de células agrupadas, constituídas por oogônia, oogônia mitótica, oócitos em diplóteno inicial, e células pré-foliculares. Como se observa há uma dinâmica constante do epitélio germinativo

## BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM, M. Recent trends in research on induced spawning of fish in aquaculture. **J.Appl. Ichtyol.**, 4: 49-64, 1988.
- ANDRADE-TALMELLI, E.F.; NARAHARA, M.Y.; ROMAGOSA, E. *et al.* Fases de degeneração ovocitária em Curimatá, *Prochilodus scrofa* (STEINDACHNER, 1881), mantido em confinamento. **Rev. Unimar**, 16:83-96, 1994.
- ANDRADE-TALMELLI, E.F.; KAVAMOTO, E.T.; NARAHARA, M.Y. *et al.* Reprodução induzida da piabanha, *Brycon insignis*, (Steindachner, 1876) (Characiformes, Bryconinae), mantida em confinamento. **Rev. Bras. Zootec.**, 31:803-811, 2002.
- ARAÚJO, S. A., GURGEL, H.C.B., NASCIMENTO, R.S.S. Indicadores do desenvolvimento gonadal e nutricional de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) ovariano, uma ocorrência natural entre as diferentes espécies de teleósteos, e o ambiente um outro fator que a influencia o processo reprodutivo, o conhecimento mais adequado dessa interação poderá proporcionar uma condição desejável na exploração intensiva das espécies reofílicas.
- (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 25: 377-384, 2003.
- BATLOUNI, S.R., ROMAGOSA, E., BORELLA, M.I. The reproductive cycle of male catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Pimelodidae) revealed by changes of the germinal epithelium. An approach addressed to aquaculture. **An. Reprod. Sci.**, 96: 116-132, 2006.
- CERDÀ, J., BOBE, J., BABIN, P.J., ADMON, A., LUBZENS, E. Functional genomics and proteomics approaches for the study of gamete formation and viability in farmed finfish. **Rev. Fish. Sci.** 16, 58–72, 2008.
- DRUMMOND, C.D., BAZZOLI, N., RIZZO, E., SATO, Y. Postovulatory follicle: a model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. **J. Exp. Zool.**, 287, 176–182, 2000.

- FENERICH-VERANI, N., GODINHO, H.M. AND NARAHARA, M.Y. The size composition of the eggs of curimatá *Prochilodus scrofa*, induced to spawn with human chorionic gonadotropin (HCG). **Aquaculture**, 24, 37–41, 1984.
- GODINHO, H.M., ROMAGOSA, E., CESTAROLLI, M.A., NARAHARA, M.Y., FENERICH-VERANI, N. Reprodução induzida de curimatá, *Prochilodus scrofa*, Steind. 1881 sob condições de cultivo experimental. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, 8: 113-119, 1984.
- GRIER, H.J., URIBE, M.C., PARENTI, L.R. Germinal Epithelium, Folliculogenesis, and Postovulatory Follicles in Ovaries of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei, Protacanthopterygii, Salmoniformes). **J. Morphol.**, 268:293–310, 2007.
- HONDA, E.M.S. *Alimentação e reprodução de Pseudocurimatagilberti (Quoy e Gaimard, 1824) do Rio Cachoeira, Paraná, Brasil.* 1979. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.
- HONG, I.S., CHEUNG, A.P., LEUNG, P.C. Gonadotropin-releasing hormones I and II induce apoptosis in human granulosa cells. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** 93, 3179–3185, 2008.
- ISAAC-NAHUM, V. J., CARDOSO, R. D., SERVO, G., ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.. Aspect of the spawning biology of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), (Clupeidae). **Journal of Fish Biology**, 32, 383–396, 1988.
- KIME, D.E. ‘Classical’ and ‘non-classical’ reproductive steroids in fish. **Rev. Fish Biol. Fish.**, 3:160–180, 1993.
- KJESBU, O.S., KULNGSOYR, J., KRYVI, H., WITTHAMES, P.R. AND WALKER, M. Fecundity, atresia and egg size of captive atlantic cod (*Gobus morhua*) in relation to proximate body composition. **Can. J. Fish Aquat. Sci.**, 48, 2333–2343, 1991.
- KRYSKO, D.V., DIEZ-FRAILE, A., CRIEL, G., SVISTUNOV, A.A., VANDENABEELE, P., D’HERDE, K. Life and death of female gametes during oogenesis and folliculogenesis. **Apoptosis**, 13, 1065–1087, 2008.
- KUNKEL, L.H.; FLORES, S.A. Reproducción de *Prochilodus scrofa* (STEINDACHNER, 1881) Osteichthyes, Prochilodontidae: Histología y escala de maduración de ovarios. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, 21: 83-94, 1994.
- LUBZENS, E., YOUNG, G., BOBE, J., CERDÀ, J. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. **General and**

- Comparative Endocrinology**, 165: 367–389, 2010.
- MARINO, G., AZZURRO, E., MASSARI, A., FINOIA, M.G., MANDICH, A. Reproduction in the dusky grouper from the southern Mediterranean. **J. Fish Biol.**, 58, 909–927, 2001.
- MIRANDA, A. C. L., BAZZOLI, N., RIZZO, E., SATO, Y. Ovarian follicular atresia in two teleost species: a histological and ultrastructural study. **Tissue & Cell**, 31: 480–488, 1999.
- MYLONAS, C.C., MAGNUS, Y., GISSIS, A., KLEBANOV, Y., ZOHAR, Y. Reproductive biology and endocrine regulation of final oocyte maturation of captive white bass. **J. Fish Biol.**, 51: 234–250, 1997a.
- MYLONAS, C.C., ZOHAR, Y. Use of GnRH $\alpha$ -delivery systems for the control of reproduction in fish. **Rev. Fish Biol. Fish.** 10, 463–491, 2001.
- MYLONAS, C.C., FOSTIER, A., ZANUY, S. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. **General and Comparative Endocrinology**, 165: 516–534, 2010.
- OLIVEREAU, M., BALL, J.N. Contribution to the histophysiology of the pituitary gland of teleosts, particularly those of the *Poecilia* species. **Gen. Comp. Endocrinol.**, 47: 523–532, 1964.
- PALMER, E.E., SORENSEN, P.W. AND ADELMAN, I.R. A histological study of seasonal ovarian development in freshwater drum in the Red Lakes, Minnesota. **J. Fish Biol.**, 1995, 47, 199–210, 1995.
- PATÍÑO R, SULLIVAN CV. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. **Fish Physiol Biochem.**, 26:57–70, 2002.
- PETER, R.E., YU, K.L. Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, 7: 173–197, 1997.
- PODHOREC, P; KOURIL, J. Induction of final oocyte maturation in cyprinidae fish by hypothalamic factors: A review. **Vet. Med.**, 54:97-110, 2009.
- RESENDE, E.K. Bioecologia do curimatá, *Prochilodus lineatus* no Pantanal do Miranda-Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliense**, São Paulo, 4: 261-276, 1992.
- RIZZO, E. AND BAZZOLI, N. Follicular atresia in curimatá-pioia *Prochilodus affinis* Reinhardt, 1874 (Pisces, Characiformes). **Rev. Brasil. Biol.**, 55, 697–703, 1995.
- RIZZO, E., SATO, Y., BARRETO, B.P., GODINHO, H.P. Adhesiveness and surface patterns of eggs in neotropical freshwater teleosts. **Journal of Fish Biology**, 61: 615-632, 2002.
- ROMAGOSA, E. *et al.* Tipo de desova do curimatá, *Prochilodus scrofa* Steind. 1881. do rio Mogi Guaçu, Pirassununga.

- São Paulo. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, 12: 1-5, 1985.
- ROMAGOSA, E.; PAIVA, P.; GODINHO, H.M. Pattern of oocyte diameter frequency distribution infemales of the pacu, *Piaractusmesopotamicus* (Holmberg, 1887) (*Colossomamitrei* Berg, 1895) induced to spawn. **Aquaculture**, 86:105-110,1990.
- SAIDAPUR, S.K. Follicular atresia in the ovaries of non mammalian vertebrates. **Int. Rev. Cytol.** 54, 225–244, 1978.
- SALES, R. O. **Processamento, caracterização química e avaliação nutricional da silagem da despesca da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas experimentais com ratos**, 1995. 174p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- SALES, R. O. AZEVEDO. A. R. Avaliation of the fish caught quality using physical chemical and sensory methodology. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. v.4, n. 1, p. 01 – 15, 2010. 16p,
- SANTOS,H.B., RIZZO, E., BAZZOLI, N., SATO, Y., MORO, L. Ovarian regression and apoptosis in the South American teleost *Leporinustaeniatus* Lütken (Characiformes, Anostomidae) from the São Francisco Basin. **Journal of Fish Biology**, 67: 1446-1459, 2005.
- SATO, Y., FENERICH-VERANI, N., GODINHO, H.P. Reprodução induzida de peixes da Bacia do São Francisco. In: GODINHO H.P, GODINHO A.L (Org.). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas, p.274-290, 2003.
- SUZUKI, K., KAWAUCHI, H., NAGAHAMA, H. Isolation and characterisation of subunits from two distinct salmon gonadotropins. **Gen Comp Endocrinol**, 71:302-306, 1988b.
- YOSSA, M.I; ARAÚJO-LIMA, A. R.M. Detritivory in two Amazonian fish species. **Journal of Fish Biology**, 52:1141-1153, 1998.
- VIEIRA, A.L. Aspectos do metabolismo lipídico do curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 11, p. 63-68, 1984.
- WOOD, A.W, VAN DER KRAAK, G.J. Apoptosis and ovarian function: novel perspectives from the teleosts. **Biol. Reprod.**, 64, 264–271, 2001.
- WOOD, A.W., VAN DER KRAAK, G. Yolk proteolysis in rainbow trout oocytes after serum-free culture: evidence for a novel biochemical mechanism of atresia in oviparous vertebrates. **Mol. Reprod. Dev.** 65, 219–227, 2003.
- ZABALA, M., GARCIA-RUBIES, A., LOUISY, P., SALA, E. Spawning behaviour of the Mediterranean dusky

grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean Spain). **Sci. Mar.** 61, 65–77, 1997.

ZOHAR, Y., MYLONAS, C.C. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. **Aquaculture**, 197, 99–136, 2001.

