



Manipulação do ciclo e da eficiência reprodutiva em espécies nativas de peixes de água doce

Cycle manipulation and reproductive efficiency in native species of freshwater fish

Luis David Solis Murgas¹, Mariana Martins Drumond, Gilmara Junqueira Machado Pereira, Viviane de Oliveira Felizardo

Departamento de Medicina Veterinária, UFLA, CEP 37200-000, Lavras, MG.

¹E-mail: ismurgas@ufla.br

Resumo

A reprodução nos peixes é regulada por fatores ambientais externos que desencadeiam a ação de mecanismos internos. O evento final do ciclo reprodutivo, a liberação de gametas pode ser controlada tanto pela manutenção do peixe em ambiente apropriado quanto por alterações nos fatores regulatórios internos. O objetivo desta revisão é abordar os principais aspectos relacionados com a manipulação do ciclo reprodutivo nas espécies de peixes nativas de água doce com potencial para a aquicultura.

Palavras-chave: fatores abióticos, indução hormonal, peixe, reprodução.

Abstract

Reproduction in fishes is regulated by external environmental factors that trigger internal mechanisms into action of. The final event of the reproductive cycle, the release of gametes can be controlled either by the maintenance of fish in appropriate environment as by changes in internal regulatory factors. The objective of this review is to address the main aspects related to the handling of the reproductive cycle in the species of native freshwater fish with potential for aquaculture.

Keywords: abiotic factors, fish, hormonal induced, reproduction.

Introdução

A aquicultura é a atividade agropecuária mais crescente em todo o globo, impulsionada principalmente pelo crescimento da população e pela tendência mundial em busca de alimentos saudáveis. Segundo o documento “Estado Mundial da Pesca e Aquicultura em 2002” publicado pela FAO em 2003, a partir de 1970, a aquicultura mundial vem apresentando índices médios anuais de crescimento de 9,2%, comparados com apenas 1,4% na pesca extrativa e 2,8% na produção de animais terrestres. Estima-se que em 2025 haverá uma demanda de 162 milhões de toneladas de pescado e como a pesca extrativa permanece em torno de 85 milhões de toneladas, a diferença terá que ser suprida pela aquicultura.

Devido à crescente demanda por alimento se fez necessário o desenvolvimento de tecnologias para a produção de peixes em grande escala, que complementassem a produção natural e que tivessem capacidade de saciar a demanda mundial de pescado, buscando também a sustentabilidade econômica e ambiental. Assim, hoje, no mundo todo, um grande número de espécies de água doce e salgada são cultivadas em diferentes sistemas de produção e níveis tecnológicos (Murgas *et al.*, 2003).

Embora, no Brasil, as pesquisas voltadas para o cultivo de organismos aquáticos tenham se iniciado na década de 30 do século passado, as mesmas só foram intensificadas a partir de 1970. A aquicultura comercial brasileira se firmou como uma atividade econômica no cenário nacional da produção de alimentos a partir de 1990 (Andrade e Yasui, 2003).

Para que o cultivo de peixe se desenvolvesse, foi fundamental que houvesse disponibilidade de alevinos para serem engordados e comercializados. A piscicultura, no Brasil, somente teve a possibilidade de se expandir no momento em que as técnicas de reprodução natural e artificial de peixes em cativeiro se consolidaram. A partir do domínio do processo reprodutivo de peixes cultivados ficou clara a importância da escolha de espécies condizentes com as características físicas do ambiente, bem como a adoção do manejo adequado para cada espécie (Andrade e Yasui, 2003)

Nesse contexto, como detentor de um excepcional potencial natural para a exploração da aquicultura, o Brasil tem uma enorme responsabilidade na viabilização desse esforço mundial de disponibilização de um alimento saudável e nutricionalmente imprescindível. Diante disso, o objetivo desta revisão é abordar os principais aspectos relacionados com a manipulação do ciclo reprodutivo nas espécies de peixes nativas de água

doce com potencial para a aquicultura.

Origem e cuidados com o plantel de reprodutores

Os reprodutores de boa qualidade para a produção aquícola podem ser obtidos de duas maneiras diferentes. Através de capturas em ambiente natural, nos rios próximos as pisciculturas, ou através de outras piscigranjas e Estações de Piscicultura. Após o transporte dos reprodutores, alguns cuidados devem ser tomados com relação à presença de parasitas e/ou doenças, necessitando em ambas as formas de obtenção, o isolamento do animal para a averiguação de possíveis ocorrências, que podem afetar o desempenho do lote e/ou outros animais da propriedade. Uma vez descartadas as possibilidades de contaminação do plantel, os reprodutores recém capturados podem ser estocados em tanques, receber alimentação de qualidade e outros manejos adequados a espécie em questão (Murgas *et al.*, 2003).

Embora possam ser estocados em tanques grandes, a manutenção desses animais em tanques menores, de 300 a 500m², facilita o acompanhamento do seu desenvolvimento, alimentação e observação das mortalidades, além de facilitar a captura para a utilização na reprodução induzida, sendo a densidade recomendada para peixes nativos de 250 a 300g/m² (Guia ..., 2000).

A água deve ser de qualidade excelente, isenta de poluentes. O pH deve estar entre 6,5 e 8,0 e não variar muito durante o período de manutenção dos reprodutores. A alcalinidade e dureza devem estar acima de 30mg/L e o oxigênio dissolvido acima de 5mg O₂/L, pois valores abaixo de 3,0 inibem o desenvolvimento gonadal.

Idade para a reprodução

A puberdade é o período de desenvolvimento que vai da transição de um juvenil imaturo, até um estágio adulto, com sistema reprodutor maduro. Os componentes centrais desse sistema são as gônadas e o sistema endócrino, que controla a atividade gonadal, através do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (HHG).

As variações ambientais bióticas e abióticas (disponibilidade de alimento, densidade populacional, predadores, fotoperíodo, temperatura, e também a qualidade da água e certos poluentes) estão envolvidas no período de puberdade. Estes fatores unem-se aos hipofisiotrópicos e ao sistema neuroendócrino (hipotálamo e/ou diretamente na hipófise ou nas gônadas), induzindo mudanças na atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal. O desenvolvimento das gônadas acontece quando o peixe atinge a maturidade sexual, que ocorre em momentos diferentes tanto entre espécies quanto entre os sexos (Zaniboni-Filho e Weingartner, 2007).

Aconselha-se usar os peixes que estão entre o 2º e 5º ano de reprodução, pois estão em seu melhor período reprodutivo e são mais fáceis de serem manejados.

Época de reprodução

Para se obter sucesso no processo de reprodução induzida é fundamental o conhecimento da época de reprodução de cada espécie. A reprodução da maioria dos peixes é sazonal, estando geralmente sincronizada com fatores ambientais que se adequam às necessidades metabólicas dos reprodutores, de tal forma que incrementa a viabilidade dos gametas e favoreçam o desenvolvimento inicial da prole (Muniz *et al.*, 2008).

A maioria das espécies de peixes tropicais e subtropicais de água doce desova durante a estação chuvosa, quando a prole tem maiores chances de sobrevivência nas águas turvas de fluxo rápido.

O desenvolvimento das gônadas das fêmeas prossegue até um certo estágio, após o qual, a gônada permanece dormente até o advento de condições ambientais apropriadas. Essa fase de dormência pode durar vários meses. O advento da estação apropriada desencadeia o desenvolvimento da gônada, o que finalmente resulta na desova. Essa parte final do desenvolvimento dos ovócitos, uma vez provocada, não pode ser interrompida nem há retrocesso. Se as alterações no ambiente não foram suficientemente fortes para provocar o desenvolvimento dos ovócitos, a fase dormente prosseguirá até que alguns dos fatores ambientais (oxigênio, temperatura, etc.) se tornem críticos, e em consequência, inicia-se a reabsorção dos ovócitos. Quando isso ocorre, o peixe não será capaz de desovar nesse período reprodutivo.

Se o peixe que desova em rio é mantido em cativeiro, sua gônada se desenvolve somente até um certo estágio e permanece quiescente até que se inicie a reabsorção. Esse processo pode se repetir ano após ano, sem jamais levar à desova. No entanto, a propagação desses peixes pode ser alcançada pela indução artificial da ovulação na época certa. Após a desova, o desenvolvimento dos novos ovócitos começa imediatamente e prossegue até chegar à fase de repouso (Murgas *et al.*, 2003).

Seleção e transporte dos reprodutores

A seleção dos reprodutores é um ponto muito importante na indução hormonal da desova. Ela é baseada em sinais externos que acompanham a maturação gonadal, permitindo ao piscicultor avaliar seu desenvolvimento. Essa seleção deve ser realizada em horário de pouco sol e com os peixes dentro da rede. O

peixe deve ser mantido com o abdome para cima, pressionando essa região com o dedo indicador e polegar, no sentido da cabeça à cauda.

Os sinais indicativos nos machos são mais fáceis de serem identificados. Se o macho estiver preparado eliminará um pouco de sêmen, que é um líquido branco leitoso. Deve-se tomar o cuidado de não confundir o sêmen com a urina que é bem transparente e fluida. Em algumas espécies o macho apresenta dimorfismo sexual evidente, como o dourado e a piracanjuba que possuem a nadadeira caudal áspera, e a curimba que ao ser manipulada emite um som (Murgas *et al.*, 2003).

As fêmeas, geralmente apresentam abdome abaulado e macio, orifício genital avermelhado e levemente proeminente (dourado, pacu, tambaqui, matrinxã, pintado, curimba). A fêmea de piracanjuba apresenta o abaulamento do abdome bem menos evidente comparado às espécies anteriores. Porém o orifício genital está sempre avermelhado e levemente proeminente.

Uma questão, não muito estudada, mas que merece atenção em trabalhos de reprodução induzida de peixes é o critério para identificação de peixes aptos à indução. Fenerich-Verani *et al.* (1984) utilizaram, pela primeira vez, a distribuição da frequência porcentual dos diâmetros dos ovócitos intraováricos como indicador do grau de desenvolvimento gonadal de fêmeas. Ainda, para selecionar fêmeas reprodutoras utiliza-se a posição do núcleo nos ovócitos como indicador do grau de desenvolvimento gonadal. Segundo Lemanova e Sakum (1975), ovócitos em final de maturação apresentam o núcleo situado na periferia da célula, contrariamente ao que ocorre em ovócitos imaturos ou em maturação, em que a posição do núcleo é central. Alguns trabalhos já foram realizados em diferentes espécies nativas como pacu, piracanjuba, curimba e jaú. (Pereira, 2006; Pereira *et al.*, 2007; Silva, 2007).

Pesquisas avaliando o emprego da ultra-sonografia na sexagem e determinação do período de maturação gonadal têm sido desenvolvidas buscando estratégias para melhorar os índices reprodutivos ou buscando correlações entre o grau de maturação e o comportamento desses animais (Crepaldi *et al.*, 2006). Contudo, os peixes utilizados para esses estudos são, geralmente, oriundos de espécies de clima temperado, como o salmão, a truta e o bacalhau (Martin-Robichaud e Rommens, 2001; Moghim *et al.*, 2002; Colombo *et al.*, 2004; Wildhaber *et al.*, 2005). Os trabalhos com as espécies de interesse zootécnico de clima tropical são necessários a fim de melhorar os conhecimentos acerca das características e do potencial desses peixes adaptados às nossas condições ambientais.

Reprodução induzida

Segundo Donaldson (1996), as técnicas utilizadas para indução do evento reprodutivo com uso de hormônios podem ser divididas em três gerações. Os primeiros trabalhos com indução hormonal, considerados de primeira geração, datam da década de 30, quando peixes foram induzidos a desovar mediante aplicação de extrato hipofisário bruto homólogo, obtido de hipófises frescas, extraídas de peixes com gônadas em estágio de maturação avançada. Na segunda geração, essa técnica foi aprimorada, mediante a utilização de hipófise, homóloga ou não, desidratada em acetona e conservadas em ambiente isento de umidade. Além disto, passou-se também a utilizar gonadotropina coriônica humana (hCG) e de peixes para a desova em cativeiro. A terceira geração envolve as técnicas de indução com uso de substâncias mais processadas como análogos de gonadotropinas associados ou não com antagonistas de dopamina, domperidona, pimizida, metoclopramida e antiestrogênicos, bem como processos de controle e manipulação ambiental (fotoperíodo e temperatura).

As formas de indução hormonal podem atuar através da aplicação de substâncias que irão desencadear estímulos na hipófise como é o caso de análogos de GnRH, inibidores de dopamina, domperidona, pimizida e metoclopramida. A indução pode ainda atuar em nível gonadal como é o caso de gonadotropinas e macerado de hipófises desidratadas. As induções químicas podem ainda ser utilizadas para aumentar a produção seminal antecipar o período reprodutivo, restringi-lo ou mesmo sincronizar a reprodução de um lote de matrizes (Andrade e Yasui, 2003).

Vários pesquisadores brasileiros têm-se interessado pela reprodução induzida de espécies reofilicas. Assim, foram desenvolvidos trabalhos com jaú, *Zungaro jahu* (Drumond, 2008), mandi, *Pimelodus maculatus* (Fenerich *et al.*, 1974), dourado, *Salminus brasiliensis* (Dumont-Neto *et al.*, 1997), curimatã, *Prochilodus lineatus* (Castagnolli e Cyrino, 1980; Fenerich-Verani *et al.*, 1984; Godinho *et al.*, 1984; Pereira, 2006), curimatã-pacu, *Prochilodus argenteus* (Sato *et al.*, 1996b), curimatã-pioa, *Prochilodus costatus* (Sato *et al.*, 1996a), pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Godinho *et al.*, 1977; Castagnolli e Donaldson, 1981; Romagosa *et al.*, 1985a, b; Godinho e Godinho, 1986; Bernardino *et al.*, 1987; Romagosa *et al.*, 1990), matrinxã, *Brycon cephalus* (Bernardino *et al.*, 1993; Romagosa *et al.*, 1994) e piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Belmont, 1994), que são espécies de alto valor comercial e indicadas para piscicultura.

Os fatores ambientais externos que controlam a reprodução variam consideravelmente entre as espécies. Por esta razão, o conhecimento acerca dos mecanismos regulatórios internos da reprodução de peixes está diretamente relacionado com as exigências ambientais específicas para cada espécie. A maioria das espécies nativas de peixes de interesse na aquicultura se reproduz em ambientes que são quase impossíveis de simular em cativeiro, por isso a indução hormonal é o método mais eficaz para se assegurar a reprodução dessas espécies

(Rottmann *et al.*, 1991).

Manipulação na fertilização

O volume de água a ser utilizada na ativação dos gametas para fertilização pode limitar os resultados. O volume de água/volume de gametas a ser empregado no método de fertilização deve receber atenção especial. Isto porque quando o volume de água é muito baixo pode comprometer negativamente a ativação dos espermatozoides, devido à inadequada concentração osmótica do meio.

Por outro lado, volumes elevados podem impedir o encontro do espermatozoide e a micrópila, devido à diluição excessiva do meio (Chereguini *et al.*, 1999; Bombardelli *et al.*, 2006). Existem poucos trabalhos avaliando o volume de água na fertilização de gametas das espécies teleósteos, talvez por falta de conhecimento da importância do volume de água adequado a ser utilizado.

Sykora *et al.* (2007b) verificaram que elevadas diluições do meio proporcionaram maiores tempos de ativação espermática. Além disso, quantidade insuficiente de solução ativadora pode causar obstrução da micrópila pelo muco ovariano ou pelo contato com outro óvulo.

Sykora *et al.* (2007a) observaram relação diretamente proporcional entre as taxas de fertilização e os volumes crescentes de água até a relação 9,89 mL de água/mL de ovócito não hidratado em jundiá cinza (*Rhamdia quelen*). A partir desta relação, as taxas de fertilização permaneceram constantes em função do aumento das relações de volume de água. Sanches *et al.* (2007) também observaram um modelo linear na relação de volume de água/volume de ovócito utilizado na fertilização de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Contudo, os autores recomendam o uso do menor volume onde se alcançou o máximo desempenho em taxas de fertilização dos ovócitos para que haja maior praticidade na realização do processo de fertilização artificial dos ovócitos.

O sucesso de programas economicamente produtivos de inseminação artificial depende da máxima utilização dos gametas disponíveis, o que significa fertilizar o maior número de ovócitos com a menor quantidade de espermatozoides (Billard *et al.*, 1996).

Nas pisciculturas não há um protocolo definido em relação à quantidade de sêmen a ser utilizado na fertilização dos ovócitos para muitas espécies de peixes nativos. Com os procedimentos que são adotados atualmente pode haver grande perda de ovócitos ou sêmen, visto que altas concentrações de espermatozoides podem ser um pré-requisito para a fecundação (Rurangwa *et al.*, 2004).

Estudos têm sido realizados no Brasil para determinar a razão ótima de espermatozoides por ovócito em espécies de peixes. Bombardelli *et al.* (2006) trabalhando com *Rhamdia quelen* observou um efeito linear positivo na taxa de fertilização até a dose de $8,94 \times 10^4$ de espermatozoide/ovócito e, acima deste valor a taxa de fertilização permaneceu constante. Para a piabanha (*Brycon insignis*), Shimoda *et al.* (2007) observaram o mesmo efeito. No curimatá (*Prochilodus lineatus*) Souza *et al.* (2007) observaram altas taxas de fertilização dentro de um amplo intervalo de dose inseminante.

É importante observar que a concentração espermática torna-se uma característica relativamente importante quando se fertilizam ovos com um volume constante de sêmen, analisando a capacidade de fertilização de diferentes amostras de sêmen (Rurangwa *et al.*, 2004).

Influência dos fatores abióticos na reprodução

A possibilidade de estimular a reprodução dos peixes através da manipulação ambiental é uma realidade; afinal, esse é o mecanismo que desencadeia todo o processo em condições naturais. Apesar disso, a complexidade dos mecanismos de controle do desenvolvimento gonadal e do comportamento reprodutivo dificulta muito a simulação em condições de cativeiro (Zaniboni Filho e Weingartner, 2007).

De acordo com Vinatea (1982), dentre os fatores ambientais que afetam a maturação gonadal dos peixes, estão a precipitação pluviométrica, temperatura da água, corrente de água, luz, pH, qualidade da água e disponibilidade de alimento. Kuo *et al.* (1974) afirmam que a importância relativa de cada fator varia nos diferentes teleósteos.

Os estudos do controle ambiental na reprodução de peixes tem sido focado quase exclusivamente no papel desempenhado por vários parâmetros do ambiente natural como temperatura e fotoperíodo (Kuo *et al.*, 1974; Munro *et al.*, 1990; Miranda *et al.*, 2008), que podem afetar e definir o período de gametogênese, vitelogênese e maturação gonadal dos peixes, sendo assim, responsável por definir o período de reprodução na maioria das espécies (Bromage *et al.*, 2001; Bayarri *et al.*, 2004).

Em peixes teleósteos, a ovulação e a desova tendem a ocorrer em determinadas horas do dia, por causa da influência fotoperiódica (Sherwood *et al.*, 1983). Assim, pode-se considerar essa variável ambiental, como uma das mais importantes no controle da reprodução induzida. Por outro lado, os picos da gonadatropina maturacional plasmática (GtHm) entre espécies de peixes variam de acordo com a hora do dia. Sabe-se, também, que o GtH influencia a secreção e liberação dos hormônios esteróides sexuais gonadais, tais como a testosterona, o 17α hidroxiprogesterona (17α OH-P) e o $17\alpha,20\beta$ -dihidroxiprogesterona (17α 20β diOH-P; Young *et al.*, 1986), sendo este último um dos mais importantes hormônios na maturação final dos oócitos (Matsuyama *et al.*,

1990). Muniz *et al.* (2008) comprovaram a influência fotoperiódica no processo ovulatório de tambaqui (*Colossoma macropomum*) quando induzido com o LHRH (gonadorrelina) e que o grau dessa influência pode estar condicionado a níveis plasmáticos de esteróides sexuais no início da indução hormonal.

O controle dos processos reprodutivos na aquicultura é indispensável para o sucesso da atividade. Nesse processo, fatores ambientais e ferormônios são percebidos e transduzidos pelo cérebro em sinais neuroendócrinos para a regulação da secreção pela hipófise das gonadotrofinas (GtH – I e II), as quais desempenham papel fundamental no desenvolvimento gonadal (Peter e Yu, 1997). O principal neurohormônio envolvido nesse processo de transdução de sinais é o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), o qual está presente em diversas regiões cerebrais e hipotalâmicas nos peixes (Yamamoto, 2003).

A manipulação do fotoperíodo é usada na aquicultura para induzir maturação, controle de desova e estimular o crescimento em diferentes espécies (Davies *et al.*, 1999; Rodríguez *et al.*, 2001; Rad *et al.*, 2006). Kirschbaum (1984) realizou experimentos em aquários, nos quais, através da diminuição da condutividade, aumento do nível de água e simulação de chuvas, conseguiu induzir a maturação das gônadas de diferentes espécies de peixes. O estímulo para maturação gonadal pode ocorrer com fotoperíodo curto para determinadas espécies ou com fotoperíodo longo para outras (Asahina e Hanyu, 1985).

Os fatores ambientais que têm desempenhado um papel importante no ciclo reprodutivo são: fotoperíodo, a temperatura da água, qualidade da água (por exemplo, oxigênio dissolvido, pH, dureza, salinidade, alcalinidade); inundações e água corrente; dos ciclos meteorológicos (por exemplo, pressão atmosférica, precipitação pluviométrica); substrato para desova, nutrição, doenças e parasitas, e estresse ambiental, densidade populacional e poluentes (Nagahama, 1983)

Considerações finais

É necessário o aprimoramento das técnicas de manipulação da reprodução, através da identificação do momento propício para a indução hormonal, definição da dose adequada, determinação do período de latência, bem como da temperatura, fotoperíodo, pH e demais fatores abióticos, para que se obtenha o maior número de larvas e alevinos de boa qualidade. Estas informações poderão nortear novos experimentos, melhorando as condições de cultivo, valorizando a atividade no sentido econômico, assim como aumentando o número de alevinos destinados à aquicultura.

Referências

- Andrade DR, Yasui, GS.** O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. *Rev Bras Reprod Anim*, v.27, p.166-172, 2003.
- Asahina K, Hanyu I.** desenvolvimento de fotoperiodismo envolvido na atividade gonadal do rose bitterling *Rhodeus ocellatus ocellatus*. *Bull Japan Soc Sci Fish*, v.51, p.1665-1670, 1985.
- Bayarri MJ, Rodríguez L, Zanuy S, Madrid JA, Sánchez-Vázquez FJ, Kagawa H, Okuzawa K, Carrillo M.** Effect of photoperiod manipulation on Formatted: Spanish (Spain-Modern Sort the daily rhythms of melatonin and reproductive hormones in caged European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Gen Comp Endocrinol*, 136:72-81, 2004.
- Belmont RAF.** Considerações sobre a propagação artificial da piracanjuba, *Brycon orbignyanus*. In: Seminário sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon*, Pirassununga. *Anais...* São Paulo: CEPTA, 1994. p.17-18.
- Bernardino G, Alcantara RCG, Ormanezi, R.** Efeito do LH-RHa na maturação dos ovários de pacu, *Colossoma mitrei*. In: Síntese dos Trabalhos Realizados com Espécies do Gênero *Colossoma*, 1987, Pirassununga. *Anais...* Pirassununga: CEPTA, 1987. p.13.
- Bernardino G, Senhorini JÁ, Fontes N, Bock CL, Mendonça JOJ.** Propagação artificial do matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (Teleostei, Characidae). *Bol Téc CEPTA*, v.6, p.1-9, 1993.
- Billard R, Cosson J, Crim LW, Suquet M.** Sperm physiology and quality. In: Bromage NR, Roberts RJ (Ed.). *Broodstock management and egg and larval quality*. London: Blackwell Science, 1996. p.25-52.
- Bombardelli RA, Mirschbacher EF, Campagnolo R, Sanches EA, Syperreck MA.** Dose inseminante para fertilização artificial de ovócitos de jundiá cinza, *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, 1824). *Rev Bras Zootec*, v.35, p.1251-1257. 2006.
- Bromage N, Porter M, Randall C.** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special references to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, v.197, p.63-69.2001.
- Castagnolli N, Cyrino JEP.** Desova induzida do curimatá *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881 (Pisces, Prochilodontidae). *Ciênc Cult*, v.32, p.1245-1253, 1980.
- Castagnolli N, Donaldson EM.** Induced ovulation and rearing of the pacu (*Colossoma mitrei*). *Aquaculture*, v.25, p.275-279, 1981.
- Chereguini O, De La Banda IG, Rasines I, Fernandez A.** Artificial fertilization in turbot, *Scophthalmus maximus*, (L.): different methods and determination of the optimal sperm-egg ratio. *Aquacult Res*, v.30, p.319-324, 1999.

- Colombo RE, Wills PS, Garvey JE.** Use of ultrasound imaging to determine sex of shovelnose sturgeon. *N Am J Fish Manag*, v.24, p.322-326, 2004.
- Crepaldi DV, Teixeira EA, Faria PMC, Ribeiro LP, Saturnino HM, Melo DC, Sousa ABD, Carvalho DCA.** Ultrasonografia na piscicultura. *Rev Bras Reprod Anim*, v.30, p.174-181, 2006.
- Davies B, Bromage N, Swanson P.** The brain-pituitary-gonadal axis of female rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: effects of photoperiod manipulation. *Gen Comp Endocrinol*, v.115, p.155-166, 1999.
- Donaldson EM.** Manipulation of reproduction in farmed fish. *Anim Reprod Sci*, v.42, p.381-392, 1996.
- Drumond MM.** Reprodução induzida de jaú, *Zungaro jahu*: análise das características seminais e ovocitárias. 2008. 101f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- Dumont-Neto R, Pelli A, Freitas JL, Costa CL, Freitas RO, Barbosa NDC.** Reprodução induzida do dourado (*Salminus maxillosus*, VALENCIENNES, 1849) na Estação de Pesquisa e Desenvolvimento Ambiental de Volta-Grande CEMIG/EPDA/V.G. *Rev Unimar*, v.19, p.439-445, 1997.
- Fenerich NA, Godinho HM, Barker JMB.** Sobre a ocorrência de ovulação de *Rhamdia hilarii*, *Pimelodus maculatus* e *Salminus maxillosus* em laboratório. *Ciênc Cult*, v.26, supl., p.344, 1974.
- Fenerich-Verani N, Godinho HM, Narahara MY.** The size composition of the eggs of curimatá *Prochilodus scrofa*, Steindachner, 1881 induced to spawn with human chorionic gonadotropin (HCG). *Aquaculture*, v.42, p.37-41, 1984.
- Godinho HP, Godinho AL.** Induced spawning of pacu, *Colossoma mitrei* (Berg., 1895), by hypophysation with crude carp pituitary extract. *Aquaculture*, v.55, p.69-73, 1986.
- Godinho HM, Fenerich NA, Narahara MY, Barker, JMB.** Sobre reprodução induzida do pacu *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). *Ciênc Cult*, v.29, p.796-797, 1977.
- Godinho HM, Romagosa E, Cestarolli MA, Narahara, M.Y.; Fenerich-Verani, N.** Reprodução induzida de curimatá *Prochilodus scrofa* Steind., 1881 sob condições de cultivo experimental. *Rev Bras Reprod Anim*, v.8, p.113-119, 1984.
- Guia** ilustrado de peixes da Bacia do Rio Grande. Belo Horizonte: CEMIG/CETEC, 2000. 144p.
- Kirschbaum F.** Reproduction of weakly electric teleosts: just another example of convergent development. *Environ Biol Fish*, v.10, p.3-14, 1984.
- Kuo CM, Nash CE, Shehadeh ZH.** The effects of temperature and photoperiod on ovarian development in captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.). *Aquaculture*, 3:25-43, 1974.
- Lemanova NA, Sakum OF.** Metodisceskoe posibile pogor monalnoistimulacjii proizvoditielei Karpa pré rannom polucenii licinok. *Izvestiya Gosudarstvennogo Nauchno – Issledovatel Skogo Instituta*, v.88, p.3-23, 1975.
- Martin-Robichaud DJ, Rommens M.** Assessment of sex and evaluation of ovarian maturation of fish using ultrasonography. *Aquacult Res*, v.32, p.113-120, 2001.
- Matsuyama M, Yoshihide H, Matsuura S.** Effects of steroids on germinal vesicle breakdown in vitro of intact follicles in the japonese whiting, *Sillago japonica*, a marine teleost. *Comp Biochem Physiol*, v.96, p.257-261, 1990.
- Miranda LA, Strussmann CA, Somoza GM.** Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females. *Fish Physiol Biochem*, v.35, p.101-108, 2008.
- Moghim M, Vajhi AR, Veshkini A, Masoudifard M.** Determination of sex and maturity in *Acipenser stellatus* by using ultrasonography. *J Appl Ichthyol*, v.18, p.325-328, 2002.
- Muniz JASM, Catanho MTJA, Santos AJG.** Influência do fotoperíodo natural na reprodução induzida do tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818). *Bol Inst Pesca São Paulo*, v.34, p.205-211, 2008.
- Munro NB, Watson A, Ambrose, KR, Griffin GD.** Treating exposure to chemical warfare agents: implications for health care providers and community emergency planning. *Environ Health Perspect*, v.89, p.205-15, 1990.
- Murgas LDS, Viveiros ATM, Maria AN, Freitas RTF, Freato TA, Santos V.** Reprodução/espécies próprias para a piscicultura. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. p.28. (Curso /Lato Sensu. Qualificação Profissional).
- Nagahama Y.** The functional morphology of teleost gonads. In: Hoar, WS, Randall, DJ (Ed.). *Fish physiology*. New York: Academic Press., 1983. v.9, Pt A, p.233-275.
- Pereira GJM.** Utilização de gonadotropina coriônica equina e/ou extrato bruto de hipófise de carpa na indução da reprodução de curimba (*Prochilodus lineatus*). 2006. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- Pereira GJM, Drumond MM, Felizardo VO, Murgas LDS, Logato PVR, Araújo RV, Silveira US.** A canulação como opção para determinação do estágio de maturação gonadal: avaliação do desenvolvimento ovocitário de jaú *Zungaro jahu* In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1., 2007, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. CD-ROM
- Peter RE, Yu KL.** Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. *Rev Fish Biol Fish*, v.7, p.173-197, 1997.
- Rad F, Bozaoğlu S, Gözükara SE, Karahan A, Gulderen K.** Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.255, p.292-300, 2006.
- Rodríguez L, Zanuy S, Carrillo M.** Influence of day length on the age at first maturity and somatic growth in

- male sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, v.196, p.159-175, 2001.
- Romagosa E, Ayroza LMS, Sanches EG, Novato, PFC., Narahara, MW.** Informes preliminares sobre a reprodução induzida do matrinhã, *Brycon cephalus*. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisas em Medicina Veterinária, 1., 1994. *Anais...* São Paulo: FMVZ/USP, 1994. p.111. (Resumo).
- Romagosa E, Paiva P, Cestarolli MA.** Reprodução induzida de pacu *Colossoma mitrei*, Berg, 1895, mantido em condições de cultivo intensivo. *Ciênc Cult*, v.37, p.849, 1985a. (Resumo).
- Romagosa E, Paiva P, Godinho HM.** Pattern of oocyte diameter frequency distribution in females of the pacu *Piractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) (= *Colossoma mitrei* Berg, 1895) induced to spawn. *Aquaculture*, v.86, p.105-110, 1990.
- Romagosa E, Paiva P, Godinho HM, Donola, E, Torloni, CEC.** Indução da reprodução de pacu, *Colossoma mitrei* Berg., 1895, em primeira maturação gonadal, mantido sob condições de cultivo intensivo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 1985, Curitiba. *Anais...* Curitiba: CBEP, 1985b. p.55. (Resumo).
- Rurangwa E, Kime DE, Olleviera F, Nash JP.** The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, v. 234, p.1-28, 2004.
- Rottmann RW, Shireman JV, Chapman FA.** *Hormonal control of reproduction in fish for induced spawning*. Stoneville, Miss: Southern Regional Aquaculture Center, 1991. 4p. (SRAC Publication, n.424).
- Sanches EA, Baggio DM, Bombardelli RA, Souza BE, Piana PA, Vidal E.** Fertilização artificial de ovócitos de pacu *piaractus mesopotamicus* por meio de diferentes volumes de água. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1, 2007, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. CD-ROM.
- Sato Y, Cardoso EL, Godinho AL.** Hypophysation of the fish *Prochilodus affinis* from the Rio São Francisco basin, Brazil. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.48, p.55-62, 1996a.
- Sato Y, Cardoso EL, Godinho AL.** Hypophysation parameter of the neotropical fish *Prochilodus margravii* obtained in hatchery conditions. *Rev Bras Biol*, v.56, p.59-64, 1996b.
- Sherwood N, Eiden L, Brownstein M, Spiess J, Rivier J, Vale W.** Characterization of a teleost gonadotropin releasing hormone. *Proc Nat Acad Sci*, v.80, p.2794-2748, 1983.
- Shimoda E, Andrade DR, Vidal Júnior MV, Godinho HP, Yasui GS.** Determinação da razão ótima de espermatozoides por ovócitos de piabanha *Brycon insignis* (pisces - characidae). *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.59, p.877-882, 2007.
- Silva JMA.** *Características reprodutivas de curimba (Prochilodus lineatus), Pacu (Piaractus mesopotamicus) e Piracajuba (Brycon orbignyanus)*. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- Souza BE, Sanches EA, Baggio DM, Romagosa E, Bombardelli RA, Piana PA, Vidal E.** Interação entre a relação de espermatozóide. ovócito e o volume de água empregados na fertilização artificial de ovócitos de curimatá (*Prochilodus lineatus*) In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1, 2007, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2007. CD-ROM.
- Sykora RM, Baggio DM, Sanches EA, Bombardelli RA, Souza BE, Vidal E.** Estudo de parâmetros influentes no método de fertilização artificial de ovócitos de jundiá cinza (*Rhamdia quelen*): relação entre volume de água e volume de ovócitos. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1, 2007, Dourados. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2007a. CD-ROM.
- Sykora RM, Sanches EA, Baggio DM, Souza BE, Bombardelli RA, Vidal E.** Efeito da relação volume de sêmen: volume de água sobre o tempo de ativação espermática em jundiá cinza (*Rhamdia quelen*). In: Congresso Nacional de Engenharia de Pesca, Engenharia Química e Química, 1, 2007, Toledo. *Anais...* Toledo, PR: Centro de Engenharias e Ciências Exatas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007b. CD-ROM.
- Vinatea JE.** *Acicultura continental: peces-artemias y daphnias, camarones y langostinos*. Lima: Liberia Studium, 1982. 229p.
- Wildhaber ML, Papoulias DM, Delonay AJ, Tillitt DE, Bryan JL, Annis ML, Allert JA.** Gender identification of shovelnose sturgeon using ultrasonic and endoscopic imagery and the application of the method to the pallid sturgeon. *J Fish Biol*, v.67, p.114-132, 2005.
- Yamamoto N.** Three gonadotropin – releasing hormone neural groups with special reference to teleosts. *Anat Sci Int*, v.78, p.139-155, 2003.
- Young G, Adashi S, Nagahama Y.** Role of ovarian thecal and granulosa layers in gonadotropin-induced synthesis of a salmonid maturation-inducing substance (17 α ,20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one). *Dev Biol*, v.118, p.1-8. 1986.
- Zaniboni Filho E, Weingartner M.** Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. *Rev Bras Reprod Anim*, v.31, p.367-373, 2007.