



Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira

Broodstock management and control of reproduction in marine fishes of the Brazilian coast

Vinicius Ronzani Cerqueira^{1,6}, Cristina Vaz Avelar de Carvalho², Eduardo Gomes Sanches³, Gabriel Passini¹, Manecas Baloi⁴, Ricardo Vieira Rodrigues⁵

¹Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Nilton Lins - INPA, Manaus, AM, Brasil.

³Instituto de Pesca, APTA, SAA, Ubatuba, SP, Brasil.

⁴Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Universidade Eduardo Mondlane, Quelimane, Moçambique.

⁵Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil.

⁶Correspondência: vinicius.cerqueira@ufsc.br

Resumo

No Brasil alguns peixes marinhos são criados desde o século XVII. Entretanto, o conhecimento sobre o manejo de reprodutores e o controle da reprodução é recente. As pesquisas sobre peixes marinhos brasileiros começaram em 1979, com a tainha. Entretanto, não tiveram continuidade, de forma que se pudesse estabelecer a criação comercial da espécie. A partir de 1990 novas espécies passaram a ter o interesse de pesquisadores brasileiros, priorizando peixes carnívoros com alto valor de mercado. Este trabalho tem como objetivo destacar o conhecimento acumulado sobre algumas espécies (sardinha, tainha, robalo, garoupa e bijupirá), considerando sua importância econômica e ambiental. São caracterizados aspectos do controle da reprodução, incluindo o manejo de reprodutores, a indução hormonal de desova e o cuidado com ovos e larvas. Para a maioria das espécies são empregadas terapias hormonais para obtenção da desova, destacando-se o uso de análogo do LH-RH. No caso do bijupirá, as desovas podem ser espontâneas. As cinco espécies tem elevada fecundidade, mas ovos e larvas são pequenos e frágeis, tornando a larvicultura um processo ainda custoso devido aos baixos índices de sobrevivência. Contudo, apesar da necessidade de mais estudos, já se encontram à disposição do setor produtivo tecnologias que permitem a produção em escala comercial de diversos peixes marinhos nativos.

Palavras-chave: desova, indução hormonal, ovos marinhos, larvicultura, peixe nativo.

Abstract

In Brazil some marine fishes are being reared since the 17th century. However, knowledge about broodstock management and control of reproduction is recent. Research on Brazilian marine fishes began in 1979 with mullet. However, they were discontinued, so that the commercial rearing of this species could not be established. From 1990, new species became interesting to Brazilian researchers, giving priority to carnivorous fishes with high market value. The present paper aims to highlight the accumulated knowledge about some species (sardine, mullet, snook, grouper and cobia), considering its economic and environmental relevance. Some aspects of the control of reproduction, including broodstock management, hormonal induction of spawning and about eggs and larvae care, are reviewed. For most species hormonal therapies are used to obtain spawning, especially using LH-RH analogues. In the case of cobia, spawnings can be spontaneous. All species have high fecundity, but eggs and larvae are small and fragile, making larviculture a costly process due to low survival rates. Despite the need for further studies, technologies that allow the commercial production of several native marine fishes are already available to the productive sector.

Keywords: spawning, hormonal induction, marine fish eggs, larviculture, native fish.

Introdução

A utilização de peixes marinhos na Aquicultura é muito antiga (Shepherd e Bromage, 1988), e mesmo no Brasil algumas espécies (tainha, robalo e carapeba) foram sistematicamente exploradas desde o século XVII (Cavalli e Hamilton, 2009). Entretanto, o conhecimento mais aprofundado sobre o manejo de reprodutores e o controle da reprodução de espécies marinhas é mais recente se compararmos com muitas espécies de água doce (Cerqueira, 2004). Entre as espécies utilizadas na piscicultura marinha, cujo número é bastante elevado (FAO, 2016), as estratégias reprodutivas são muito variadas, o que implica em conhecimento e sistema de produção específicos.

A grande maioria dos peixes marinhos hoje cultivados apresenta diversas características comuns em sua estratégia reprodutiva: bissexuados, ausência de dimorfismo sexual, desovas parciais em ambiente marinho, ovos

livres e planctônicos, alta fecundidade, período curto de embriogênese e larvas planctônicas pequenas e frágeis. Algumas destas características podem ser consideradas positivas, como a alta fecundidade. Entretanto, outras, como a fragilidade das larvas, trazem grandes dificuldades para a produção de juvenis em escala produtiva. Além disso, algumas espécies fogem destas características, apresentando por exemplo hermafroditismo, que pode ser simultâneo ou sequencial, o que em alguns casos também dificulta o controle da reprodução.

Em todo caso, em diversas partes do mundo, grandes avanços foram obtidos nas últimas décadas, possibilitando a criação comercial de um número considerável de espécies. E apesar de que este conhecimento tenha sido desenvolvido, em sua maior parte, com espécies de águas temperadas, como o robalo e o pargo europeu (Carrillo, 2009), algum esforço foi feito com peixes tropicais, alguns inclusive presentes nas águas brasileiras, como o bijupirá, robalo e garoupa. Esse conhecimento vindo de fora do Brasil tem sido muito valioso para o estudo de nossas espécies, considerando os aspectos abordados nesta revisão, como o manejo de reprodutores (Bromage e Roberts, 1995; Mylonas et al., 2010) e terapias hormonais mais eficientes (Mañanos et al., 2008; Mylonas et al., 2010), que possibilitam estudos sobre a criação das larvas.

Portanto, este trabalho tem como objetivos caracterizar aspectos específicos do controle da reprodução de peixes marinhos, incluindo o manejo de reprodutores, a indução hormonal de desova e o cuidado com ovos e larvas; destacando o conhecimento acumulado sobre algumas espécies da costa brasileira (sardinha, tainha, robalo, garoupa, bijupirá), considerando sua importância econômica e ambiental.

Histórico e conhecimento da reprodução controlada de peixes marinhos no Brasil

Estudos sobre reprodução controlada e larvicultura em laboratório de peixes marinhos brasileiros começaram em 1979, com a tainha *Mugil liza*, no Rio de Janeiro (Benetti e Fagundes Netto, 1980), e na sequência em Santa Catarina (Andreatta et al., 1981). Posteriormente, outros estudos foram feitos em São Paulo (Godinho et al., 1993). Entretanto, nenhum deles teve continuidade, de forma que se pudesse estabelecer a criação comercial da espécie. Por outro lado, o setor produtivo estava mais interessado em desenvolver a carcinicultura marinha, com ciclo de produção mais curto do que a piscicultura e mais rentável.

Na década de 1990 novas espécies, como peixe-rei marinho *Odonthestes argentinensis*, robalo-peva *Centropomus parallelus* e linguado *Paralichthys orbignyanus*, começaram a ser estudadas (Cerqueira, 2004), mas também não passaram a ter uma produção comercial. A partir de 2000 novas espécies passaram a ter o interesse de pesquisadores brasileiros (Cavalli e Hamilton, 2009), sempre priorizando peixes carnívoros com alto valor de mercado (como por exemplo ariocó *Lutjanus synagris*, carapeva *Eugerres brasiliensis* e cioba *Lutjanus analis*). Dentre aquelas com estudos mais recentes, este trabalho aborda os principais avanços obtidos com cinco espécies (Tabela 1), que representam diversas estratégias reprodutivas dos peixes marinhos.

Tabela 1. Características principais da estratégia reprodutiva de cinco espécies de peixes marinhos da costa brasileira com tecnologia desenvolvida para reprodução em confinamento.

Espécie	Peso de 1 ^a maturação (kg)	Mecanismo Reprodutivo	Migração reprodutiva	Temperatura de desova (°C)	Fecundidade (ovos/kg)	Diâmetro de ovo (mm)	Comprimento de larva (mm)
Sardinha	0,15	Bissexuado	Não	23-24	200.000	1,2	3,5
Tainha	0,5	Bissexuado	Sim	23	830.000	0,8	2,5
Robalo	0,3	Hermafrodita	Não	26-28	250.000	0,7	1,8
Garoupa	2,5	Hermafrodita protândrico protogínico	Não	26	120.000	0,8	1,5
Bijupirá	2,5	Bissexuado	Não	24-28	180.000	1,3	3,5

Sardinha-verdadeira

A sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), geograficamente isolada dos demais grupos do gênero *Sardinella* no Oceano Atlântico (Cergole e Dias-Neto, 2011), é encontrada ao longo da costa brasileira entre os Estados de Rio de Janeiro (Cabo de São Tomé) e de Santa Catarina (ao sul do Cabo de Santa Marta). É um dos recursos pesqueiros mais importantes do Brasil (MPA, 2013), sendo o adulto utilizado como alimento e o juvenil como isca-viva para capturar bonito-listrado *Katsuwonus pelamis*, o tunídeo com a maior produção pesqueira mundial. No entanto, como o estoque de sardinha-verdadeira está sobre-explotado (Cergole et al., 2002), a produção de isca-viva em cativeiro é uma alternativa interessante para minimizar este problema.

Este peixe é um planctívoro de pequeno porte, que forma grandes cardumes em águas costeiras, mas entra em baías e estuários (Cergole e Dias-Neto, 2011). O seu ciclo de vida é curto (até quatro anos), crescimento rápido, alta taxa de fecundidade e indivíduos com tamanho máximo de 270 mm (Cergole e

Valentini, 1994; Cergole e Dias-Neto, 2011). Atinge a maturidade sexual com comprimento total entre 160-170 mm e aproximadamente um ano e meio de vida, estando todos os indivíduos maduros com 210-220 mm (Cergole e Dias-Neto, 2011). O processo de maturação, desova e recuperação gonadal ocorre na primavera-verão (outubro-março), sendo o pico de desova nos meses de dezembro e janeiro, quando se observa frequência máxima de indivíduos desovando. Estas desovas ocorrem em massas de água do oceano com temperatura relativamente estável, entre 22 e 26°C (Matsuura, 1983). A desova é parcelada, cada fêmea libera vários lotes de ovócitos maduros numa única estação, com fecundidade parcial entre 30.000 e 40.000 ovócitos por fêmea, por desova. O intervalo de desovas varia de quatro a onze dias. Os ovos são livres, planctônicos, esféricos, com diâmetro médio de 1,2 mm (Saccardo e Rossi-Wongtschowski, 1991).

Quanto aos locais de desova e crescimento, ovos e larvas ocorrem ao longo de toda a sua área de distribuição, indicando uma ampla área reprodutiva (Garcia et al., 2015). As desovas são à noite, e a eclosão leva aproximadamente 19 h a 24°C. A maior densidade de ovos é encontrada na região costeira, até 20 milhas náuticas, enquanto que a maior concentração de larvas é geralmente observada desde a região costeira até próximo à margem da plataforma continental (Matsuura, 1998). O estágio larval abrange indivíduos planctônicos de 3,5 a 19,0 mm, após o que inicia-se o estágio pré-juvenil com uma considerável mudança nas proporções corporais (até 30 mm), e com 45 dias, os juvenis já podem medir até 40 mm (Yoneda, 1987).

Os trabalhos de reprodução artificial feitos até o momento foram experimentais, não havendo produção massiva de alevinos de forma comercial. O primeiro ciclo produtivo de juvenis em laboratório foi realizado em 2012 (Passini et al., 2013). Juvenis selvagens ($1,3 \pm 0,1$ g e $5,9 \pm 0,2$ cm) foram capturados por traineiras comerciais em 2011 ao longo do litoral de Florianópolis (Santa Catarina, Brasil), mantidos em laboratório por dois anos, até alcançarem tamanho de primeira maturação. Os peixes são mantidos em tanques circulares de 8.000 L com fluxo contínuo de água, aeração constante, fotoperíodo e temperatura naturais, e alimentados até a saciedade aparente com dietas comerciais (45% PB).

Como os adultos maduros não apresentam dimorfismo sexual externo e não se consegue obter ovócitos das fêmeas por canulação, devido ao seu pequeno tamanho, machos e fêmeas não são separados para a indução da desova. O hormônio utilizado é um análogo sintético do hormônio liberador do hormônio luteinizante, LH-RHa [(des-Gly¹⁰, D-Ala⁶]-LH-RH ethylamide acetate salt hydrate, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA), em dosagem única de 75 µg/kg. Cerca de 40 indivíduos ($87,0 \pm 10,7$ g) recebem uma injeção intraperitoneal e são mantidos em um tanque de 2.000 L com fluxo contínuo de água. A desova e a fertilização são naturais, 24 h após a indução hormonal. O ovos são coletados a partir de uma saída de água na parte superior do tanque dos reprodutores, conectada a uma incubadora cilindro-cônica de 36 L com tela de 200 µm na parte inferior. A taxa de fertilização é de 85%, produzindo 41.212 ovos embrionados, com $1,16 \pm 0,05$ mm de diâmetro. O tempo de incubação é de 18 h a 24°C, e a taxa de eclosão de 68,25%.

Os ovos são estocados em tanque de 5000 L (volume útil) em densidade de 6/L. Nesta água é adicionada a microalga *Nannochloropsis oculata* ($2,0 \times 10^5$ células/mL). A alimentação inicial das larvas é o rotífero (*Brachionus rotundiformis*) do 2º dia após a eclosão até o 15º dia. Náuplio de *Artemia* sp é fornecido do 10º dia até o 29º dia. Uma co-alimentação com alimento vivo e dieta artificial granulada (desmame) inicia no 12º dia, permanecendo somente a dieta artificial a partir do 30º dia. Neste momento a sobrevivência é de 60%, os indivíduos são juvenis, com a metamorfose completa, com peso de $0,86 \pm 0,1$ g e comprimento de $4,90 \pm 0,19$ cm.

Tainha

A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836, até há pouco denominada *M. platanus* (Menezes et al., 2010), espécie mais comum no litoral sudeste-sul, é um peixe costeiro, encontrado em todo o litoral brasileiro, que forma cardumes e possui hábitos migratórios. Quando adultos são oceânicos e os juvenis vivem em estuários. São catádromos (se reproduzem no mar), eurialinos (salinidade 0 a 90) e também euritérmicos (3 a 36°C). O hábito alimentar passa de planctófago, quando jovens, a iliófago (principalmente de matéria vegetal retirada do lodo ou areia) na fase adulta. Podem atingir cerca de 1 m de comprimento e 6 kg de peso, sendo comuns exemplares de 50 cm (Menezes e Figueiredo, 1985; Ledo et al., 1993; Oliveira e Soares, 1996). A reprodução ocorre do final de outono ao início de inverno (maio a agosto), com pico em maio e junho. A desova se passa em mar aberto, entre o norte do Rio Grande do Sul e São Paulo, com temperatura da água de 19 a 21°C.

O tamanho de primeira maturação é de 33 cm para os machos e 38 cm para as fêmeas. A fecundidade varia de 1,0 a 1,5 milhão de ovos/kg de peso corporal. Os ovos são pelágicos com diâmetro em torno de 0,83 mm e uma gota de óleo. Os ovos e as larvas são dispersos pelas correntes para a costa sul. Os juvenis deslocam-se mais tarde para estuários e lagunas costeiras, locais de recrutamento.

Além da saborosa carne, a gônada feminina (ova) da tainha também é bastante apreciada no Brasil e em outros países (Taiwan, França, Grécia, Itália e Espanha) sendo conhecida como o “caviar brasileiro” (Ferreira et al., 2006). O cultivo de Mugilideos é uma realidade em várias regiões do mundo, sendo o Egito o maior produtor de *Mugil cephalus* (FAO, 2011).

No Brasil, estudos sobre reprodução induzida e larvicultura em laboratório de *M. liza* começaram no final da década de 1970 (Benetti e Fagundes Netto, 1980; Andreatta et al., 1981), e novas pesquisas foram realizadas uma década mais tarde (Godinho et al., 1993). Nestes estudos, adultos maduros eram capturados na época de reprodução, e induzidos a desovar com hormônio. Havia muita dificuldade na manutenção e maturação dos reprodutores em laboratório e no cultivo das larvas.

Em 2014 as pesquisas sobre reprodução controlada desta espécie foram retomadas (Passini et al., 2015). Os reprodutores, 45 a 56 cm de comprimento e 1,6 a 2,5 kg de peso, são mantidos em tanques circulares de 10.000 L. As fêmeas estão maduras e prontas para indução com diâmetro médio dos ovócitos maior que 600 μm . A primeira injeção é aplicada nas fêmeas (20 mg/kg de Extrato de Hipófise de Carpa) e 24 h depois a segunda (300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de um análogo do hormônio liberador do hormônio luteinizante, LH-RHa). Os machos recebem uma injeção com 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de LH-RHa. A desova e a fertilização são naturais e ocorrem de 54 a 57 h após a primeira injeção, a 20°C. Os ovos, pelágicos e translúcidos com diâmetro médio de $846,29 \pm 14,34 \mu\text{m}$, são incubados em tanques cilindro-cônicos com volume variado (60 a 2.000 L), com densidade de até 1.000/L. A incubação dura 45 h a 20°C e salinidade 35, com taxas de eclosão de até 96%.

As larvas eclodem com comprimento de 2,5 mm. A larvicultura pode ser feita em tanques circulares com volume de 1.000 a 5.000 L e densidade de 15 larvas/L. A temperatura entre 20 e 23°C e a salinidade inicial de 35 e final de 16. A primeira alimentação é feita 3 dias após a eclosão com o rotífero *Brachionus rotundiformis* (5 a 30/mL). A reserva vitelina se extingue após 5 dias e a gota de óleo após 8 a 11 dias. Náuplios de *Artemia* sp (2 a 3/mL) são oferecidos a partir de 17 dias. A água de cultivo é mantida verde com adição diária de microalgas ($2,0$ a $5,0 \times 10^5$ células/mL). Uma dieta artificial (alimento para larva de peixe carnívoro), com tamanho de 100 μm , pode ser oferecida a partir do 18º dia. A larvicultura termina com 45 a 60 dias, com juvenis de 20 a 30 mm de comprimento, tendo as nadadeiras formadas e o corpo coberto com escamas. São resistentes e podem ser estocados em viveiros para engorda. As taxas de sobrevivência obtidas até então foram de no máximo 20%.

Robalo-flecha

Os robalos são peixes da família Centropomidae, encontrados em águas costeiras do Sudeste dos EUA até o Sul do Brasil, em regiões marinhas, estuarinas, lagunares e em rios próximos à costa (Rivas, 1986). No Brasil, dentre as várias espécies do gênero *Centropomus*, duas delas tem sido objeto de pesquisas para criação em cativeiro, o robalo-flecha *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1790) e o robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860 (Cerqueira e Tsuzuki, 2009). Entretanto, a primeira tem a preferência para empreendimentos comerciais por alcançar tamanhos maiores.

Os reprodutores de robalo-flecha desovam no mar, em enseadas próximas a desembocaduras de rios, com pouca profundidade, temperatura de 25 a 30°C, e salinidade em torno de 35, independente da maré ou ciclo lunar (Taylor et al., 1998). A espécie é hermafrodita protândrica, ou seja, peixes que iniciam a vida reprodutiva como machos, a partir de 124 mm, mudam posteriormente para fêmeas, a partir de 397 mm (Taylor et al., 2000).

O robalo-flecha é um carnívoro com diversas características que o qualificam como espécie marinha emergente para a piscicultura intensiva, pois apresenta alto valor de mercado, se adapta bem ao cativeiro, é eurialino, aceita com facilidade alimentos inertes e tem boa taxa de conversão alimentar (Tucker, 1987; Rhody et al., 2014). Além disso, é um peixe importante para a pesca esportiva no continente americano (Lowerre-Balbieri et al., 2003).

No Brasil os estudos sobre reprodução controlada desta espécie começaram a ter sucesso recentemente (Passini et al., 2013). Os reprodutores utilizados foram capturados na costa do litoral do Estado de Santa Catarina. Outra alternativa, é utilizar indivíduos nascidos em cativeiro, no entanto são vários anos para se obter fêmeas aptas à reprodução. A mudança de sexo espontânea dos reprodutores não é comum, mas pode ocorrer entre as estações reprodutivas. O peso dos reprodutores é de $3,5 \pm 1,2$ kg para machos e $6,5 \pm 2,9$ kg para fêmeas. A proporção sexual é de três machos para cada fêmea. Os indivíduos maturam em tanques circulares (5,1 m de diâmetro e 1,8 m de altura) de 36.000 L, em sistema de recirculação, numa densidade de 2,5 kg/m³. Também é possível obter maturação em tanques circulares de 12.000 L, com a mesma proporção sexual e densidade. Os peixes são alimentados com uma mistura de carne de peixe, lula e camarão, misturada a uma ração em pó (45% PB).

Os reprodutores estão aptos para indução hormonal a partir de meados de novembro até o início de março. Para facilitar o manejo (biometrias, canulação, etc.) recomenda-se o uso de anestésico. As fêmeas são induzidas tendo diâmetro médio de ovócito acima de 400 μm . Os machos são selecionados quando liberam sêmen (pequena quantidade) após massagem abdominal. O hormônio utilizado para a indução de desova é um análogo sintético do hormônio liberador do hormônio luteinizante LH-RHa ([des-Gly¹⁰, D-Ala⁶]-LH-RH ethylamide acetate salt hydrate, Sigma-Aldrich, Inc., St. Louis, EUA), em dosagem única de 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para fêmeas e até 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para machos. Após, os peixes retornam ao tanque de maturação. As desovas, com fertilização natural, ocorrem de 36 a 60 h após indução, com temperatura em torno de 26°C. Os resultados obtidos, em termos de qualidade das desovas, são excelentes, com alta fluatibilidade dos ovos, taxa de fertilização de $95,43 \pm 1,72\%$ e taxa de eclosão de $92,5 \pm 4,1\%$.

Os ovos fertilizados são incubados diretamente nos tanques de larvicultura com densidade de 20-50 ovos/L. A eclosão ocorre em cerca de 16-18 h (a 26°C). A larvicultura é conduzida em tanques circulares (5.000 L) ou retangulares (8.000 L). A larva recém-eclodida tem cerca de 1,7 mm de comprimento e cerca de 2,5 mm após três dias, consumindo apenas suas reservas. Não há renovação de água nos primeiros 7 dias, após esse período a renovação de água diária inicia com 10% e ao final (45 dias) é de 100%. Utiliza-se o sistema de água verde com adição diária da microalga *Nannochloropsis oculata* (500.000 células/mL) até o 10º dia. A temperatura da água é mantida entre 26 e 30°C. O primeiro alimento da larva é o rotífero, *Brachionus rotundiformis* (1 a 10/mL), preferencialmente com comprimento de lóricas de 150 a 200 µm. Após 15 dias pode-se fornecer náuplio de *Artemia* sp (0,5 a 1,0/mL), e com 20 dias metanáuplio (1,0 a 5,0/mL) enriquecido com ácidos graxos. Após aproximadamente 30 dias pode-se iniciar a transição alimentar para o alimento inerte (desname). Nesta fase o canibalismo entre as larvas é muito elevado. Deve ser fornecida uma dieta formulada para peixes carnívoros marinhos, em grãos pequenos (200 a 600 µm) com conteúdo mínimo de 60% de proteína de peixe e ácidos graxos insaturados de cadeia longa (n-3 e n-6).

A maior parte das larvas que sobrevivem nos primeiros 7 dias de larvicultura chegam até a metamorfose. Desde 2011, os resultados de sobrevivência obtidos no Laboratório de Piscicultura Marinha da UFSC foram promissores, com taxas entre 7 e 15% para juvenis com 80 a 90 dias de idade. Com aproximadamente 60 dias, comprimento de 50 mm e 0,8 g de peso, os juvenis podem ser estocados em tanques berçários, alimentados somente com dieta artificial.

Garoupa-verdadeira

A garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) apresenta elevado valor comercial e resultados promissores na produção em cativeiro (Sanchez et al., 2014). Pesquisas visando o desenvolvimento do cultivo comercial desta espécie vem sendo realizadas no Brasil desde 2005 (Sanchez et al., 2009). Mais recentemente, um empreendimento privado, a Redemar Alevinos, vem obtendo sucesso nas fases de reprodução e larvicultura (Kerber et al., 2012), estimulando maricultores a iniciarem o cultivo de garoupas nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

A garoupa-verdadeira é uma espécie hermafrodita protogínica, pois as fêmeas maturam com 2,5 kg e 38 cm (cinco anos de idade) e invertem o sexo com aproximadamente 11,0 kg e 57 cm (sete anos de idade), apresentando baixa resiliência e alta vulnerabilidade à exploração humana (Cunha et al., 2013). Este comportamento reprodutivo implica na adoção de um complexo protocolo em cativeiro para a produção de formas jovens. As pesquisas abordando a reprodução e a larvicultura desta espécie sob condições controladas ocorreram na Itália (Marino et al., 2003), com desovas induzidas por hormônio, posteriormente foram obtidas desovas espontâneas nas Ilhas Canárias (Jerez, 2015).

No Brasil, os trabalhos com reprodução da garoupa são muito recentes (Kerber et al., 2012). Os reprodutores são obtidos através de captura com anzol e linha em meio natural e mantidos em tanques com capacidade entre 60 e 80 m³. A alimentação consiste de sardinha e lula, até a saciedade, uma vez ao dia (Kerber et al., 2012). As fêmeas são selecionadas para a reprodução por meio de biópsia ovariana com canulação. Exemplares que apresentarem ovócitos com diâmetro acima de 325 µm são separados para a indução hormonal (Kerber et al., 2012). Para a indução de desova é utilizado um análogo sintético do hormônio liberador do hormônio luteinizante (LH-RHa) na dosagem de 50 µg/kg em única aplicação. Os machos são obtidos pela técnica de inversão sexual, sendo o sêmen coletado e criopreservado (Sanchez et al., 2009). Os ovócitos maduros são extrusados e a fertilização artificial.

Um dos maiores desafios para a produção de formas jovens da garoupa-verdadeira reside na larvicultura. As larvas apresentam boca muito pequena e um reduzido saco vitelino, além de serem muito sensíveis a modificações ambientais, o que implica em baixas taxas de sobrevivência (Kohno et al., 1997). A larvicultura é realizada com densidades de 10 a 50 larvas/L. O protocolo de larvicultura encontra-se em constante aprimoramento, entretanto, compreende a utilização de rotíferos (*Brachionus rotundiformis*) enriquecidos (1 a 10/mL) e microalgas (*Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata* e *Tetraselmis chui*) em densidade de 1,0 a 2,0 x 10⁵ células/mL. A partir do 16º dia é introduzido náuplio de *Artemia* sp enriquecido (0,1 a 0,7/mL). Rações extrusadas são introduzidas a partir do 20º dia (partículas de 80 a 200 µm). Gradativamente o diâmetro das partículas vai sendo ampliado até 800 µm, quando o fornecimento de alimento vivo é interrompido, finalizando o processo de larvicultura, com sobrevivência média de 3 a 5% (Kerber et al., 2012).

As pesquisas vem buscando ampliar as taxas de sobrevivência e possibilitar ganhar escala no processo produtivo. Um avanço importante viria com a utilização de copépodes na larvicultura. Estudos preliminares demonstraram que larvas de garoupas necessitam de um alimento inicial com tamanho inferior a 100 µm (Doi et al., 1997; Toledo et al., 2002). Náuplios de copépodes atendem a esta necessidade e tem valor nutricional superior aos rotíferos (McKinnon et al., 2003), sendo uma alternativa promissora de alimento vivo.



Bijupirá

O bijupirá *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), única espécie da família Rachycentridae, é pelágico, migrador, podendo alcançar 2 m de comprimento e mais de 60 kg. A espécie possui uma ampla distribuição geográfica nos mares tropicais e subtropicais, com exceção da parte central e oriental do Oceano Pacífico (Shaffer e Nakamura, 1989). No Brasil, o bijupirá está presente em todo o litoral (Figueiredo e Menezes, 1980).

O primeiro relato sobre a aquicultura do bijupirá é da década de 70, onde ovos foram coletados do ambiente natural e juvenis foram produzidos em laboratório (Hasller e Rainville, 1975). Porém, foi apenas na década de 90 que a reprodução do bijupirá foi dominada em cativeiro e a espécie passou a ser comercialmente produzida em Taiwan (Liao et al., 2004). Devido a suas excepcionais características zootécnicas, como um crescimento de até 6 Kg em um ano (Liao et al., 2004) e elevada qualidade de carne, atualmente é uma espécie que vem sendo produzida em diversos países ao redor do mundo. No Brasil é o único peixe marinho produzido comercialmente.

A formação do plantel de reprodutores de bijupirá pode ser realizada a partir da coleta de peixes oriundos da natureza (Benetti et al., 2008; Peregrino Jr. et al., 2014), assim como a partir de juvenis produzidos em cativeiro (Sampaio et al. 2016). O bijupirá é bissexuado com desova parcelada, contudo a presença de exemplares hermafroditas foi observada recentemente em peixes produzidos em sistema de recirculação e em fluxo contínuo (Dutney et al. 2017). Os autores atribuíram essa condição a um possível disruptor endócrino não estabelecido. Esse aspecto tem que ser levado em consideração quando ocorrer a seleção de reprodutores obtidos a partir de peixes produzidos em cativeiro.

Os reprodutores devem ser mantidos a uma proporção sexual de 1 a 2 machos para cada fêmea (Sampaio et al., 2016). A alimentação é realizada com alimento fresco (peixe, camarão e lula) a uma taxa de 2 a 5% da biomassa (Peregrino et al., 2014), mas uma ração comercial pode ser utilizada, desde que suplementada pelo alimento fresco (Sampaio et al. 2016).

A eficiência da indução hormonal da reprodução do bijupirá já foi demonstrada por Caylor et al. (1994), com dosagem de 275 UI/Kg de hCG (gonadotrofina coriônica humana). Weirich et al. (2006) com a utilização de implante intramuscular de 14,6 µg/Kg de LH-RHa (análogo do hormônio liberador do hormônio luteinizante) obtiveram desovas fertilizadas naturalmente em viveiros. Contudo, esta prática é pouco utilizada, pois a desova espontânea em laboratório ocorre com facilidade. Para isto, é necessário o controle da temperatura e do fotoperíodo. O bijupirá desova em temperatura de 24 a 28°C e fotoperíodo entre 12 e 14 h de luz (Peregrino Jr. et al., 2014).

No Brasil a reprodução do bijupirá foi obtida com sucesso em tanques de fibra de vidro de 70 m³ em sistema de fluxo contínuo de água (Peregrino Jr. et al., 2014), assim como em sistema de recirculação de água em tanques de 15 m³ (Sampaio et al., 2016). As desovas ocorrem nas primeiras horas após o anoitecer. Os ovos são pelágicos, esféricos, com uma única gota de óleo e diâmetro de 1,2 a 1,4 mm. Eles são coletados com uma tela de 500 µm (Peregrino et al. 2014) e transferidos para tanques de incubação, onde a densidade máxima é de 500 ovos/L, temperatura de 26-28°C e salinidade 30-35 (Benetti et al., 2008). A fecundidade média é de aproximadamente 1.200.000 ovos, com taxa de fertilização média de 90% e taxa de eclosão entre 75 e 85% (Peregrino Jr. et al., 2014). Ao eclodirem, após 24 h a 28°C, as larvas apresentam aproximadamente 3,5 mm e são estocadas nos tanques de larvicultura, em densidade de 10/L.

Existem muitos protocolos de larvicultura do bijupirá disponíveis e que refletem as diferentes realidades onde o bijupirá é produzido. No Brasil o protocolo de larvicultura intensivo (Sampaio et al., 2016) compreende a primeira alimentação com rotífero (*B. plicatilis*) enriquecido entre os dias 3 e 8 após a eclosão das larvas (1-10 rotíferos/mL), em sistema de "água verde" com inoculação da microalga *N. oculata* (1-2×10⁵ células/mL). Entre os dias 6 e 9 ocorre co-alimentação de náuplio de *Artemia* sp (0,1-1,0/mL). Do 10º ao 27º dia metanáuplio de *Artemia* sp enriquecida (1-10/mL). Do 16º ao 27º dia co-alimentação com ração comercial (300-500µm), até que as larvas possam ser alimentadas exclusivamente com ração comercial. Após 30 dias os juvenis estão com 0,5 a 1 g. Bons resultados de sobrevivência na larvicultura estão entre 20 e 35% (Benetti et al., 2008).

Considerações finais

Muito esforço foi feito no Brasil para que se desenvolva tecnologia apropriada para a reprodução controlada de espécies nativas e que permita a sua produção comercial. Até mesmo algumas dificuldades inerentes à biologia, como a reprodução por meio de hermafroditismo de algumas espécies, foram suplantadas. O país tem grande diversidade de clima, relevo, condições sócio-econômicas e de espécies. Portanto, as soluções podem ser inúmeras. As espécies estudadas até o momento atendem a todo o nosso litoral em termos climáticos, algumas mais adaptadas ao clima tropical e outras ao sub-tropical. Com respeito aos sistemas e condições de criação, também é possível atender a demandas da piscicultura semi-intensiva, com ênfase em tanques escavados em ambientes estuarinos, e da piscicultura intensiva, em tanques pequenos com alta densidade, em sistema aberto ou com recirculação de água, e inclusive em tanques-redes. Por outro lado, algumas espécies são



consideradas nobres, altamente valorizadas, próprias para sistema intensivo, e outras mais populares, com menor valor de mercado, próprias para sistema semi-intensivo. Até o presente momento, são produzidos comercialmente juvenis de duas espécies (bijupirá e garoupa) e de uma delas (bijupirá) é feita engorda comercial, ambas entretanto, em escala ainda reduzida. As demais tem produção experimental. Apesar da necessidade de mais estudos para aumentar a eficiência dos métodos de reprodução em confinamento, já se encontram à disposição do setor produtivo tecnologias que permitem a produção em escala comercial de diversos peixes marinhos nativos.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências financiadoras que deram suporte financeiro aos projetos (CNPq, CAPES, FAPESP e Ministério da Pesca e Aquicultura), e às equipes dos laboratórios (técnicos e estudantes) que colaboraram com as pesquisas.

Referências

- Andreatta ER, Rocha IP, Rordirgues JBR.** Ensaio sobre desova induzida de tainha, *Mugil brasiliensis* Spix et Agassiz (1931). In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2, 1981, Recife. Anais... Recife: AEP-PE, 1981. p. 463-468. Resumo.
- Benetti DD, Fagundes Netto EB.** Considerações sobre desova e alevinagem da tainha (*Mugil Liza Valenciennes, 1836*). Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas da Marinha, v.135, 26 p., 1980.
- Benetti DD, Sardenberg B, Welch A, Hoenig R, Orhun MR, Zink I.** Intensive larval husbandry and fingerling production of cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, v.281, p22-27, 2008.
- Bromage N, Roberts RJ.** *Broodstock management and egg and larval quality*. Oxford: Blackwell Science Ltd., 1995.
- Carrillo M.** (Ed.). *La reproducción de los peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura*. Madrid: Fundación Observatorio Español de Acuicultura, 2009.
- Cavalli RO, Hamilton S.** Marine fish farming in Brazil with emphasis on cobia production. *Rev Bras de Reprod Anim*, v.33, suppl. 6, p.64-69, 2009.
- Caylor RE, Biesiot PM, Franks JS.** Culture of cobia *Rachycentron canadum*: cryopreservation of sperm and induced spawning. *Aquaculture*, v.125, p.81-92, 1994.
- Cergole MC, Dias-Neto J.** Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira do Brasil. Brasília: Ibama, 180p., 2011.
- Cergole MC, Saccardo SA, Rossi-Wongtschowski CLDB.** Fluctuations in the spawning stock biomass and recruitment of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) 1977-1997. *Rev Bras Oceanogr*, v.50, p.13-26, 2002.
- Cergole MC, Valentini H.** Growth and mortality estimates of *Sardinella brasiliensis* in the southeastern Brazilian bight. *Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, v.42, n.1/2, p.113-127, 1994.
- Cerqueira VR.** Cultivo de peixes marinhos. In: Poli CR, Poli ATB; Andreatta E, Beltrame E (Eds.). *Aqüicultura: Experiências Brasileiras*. Florianópolis: Multitarefa Editora Ltda., 2004. p.369-406.
- Cerqueira VR, Tsuzuki MY.** A review of spawning induction, larviculture, and juvenile rearing of the fat snook, *Centropomus parallelus*. *Fish Physiol Biochem*, v.35, p.17-28, 2009.
- Cunha ME, Quental-Ferreira H, Gavaia PJ, Pousao-Ferreira P.** Larval and juvenile development of dusky grouper *Epinephelus marginatus* reared in mesocosms. *J Fish Biol*, v.83, p.448-465, 2013.
- Doi M, Toledo J, Golez MS, Santos M, Ohno A.** Preliminary investigation of feeding performance of larvae of early red-spotted grouper, *Epinephelus coioides*, reared with mixed zooplankton. *Hidrobiologia*, v.358, p.259-263, 1997.
- Dutney L, Elizur A, Lee P.** Analysis of sexually dimorphic growth in captive reared cobia (*Rachycentron canadum*) and the occurrence of intersex individuals. *Aquaculture*, v.468, p.348-355, 2017.
- Food and Agriculture Organisation (FAO).** Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans – Trend and prospects. Roma: FAO, 2011.
- Food and Agriculture Organisation (FAO).** The State of World Fisheries and Aquaculture. Roma: FAO, 2016. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>. Acesso em 21 jan. 2017.
- Ferreira FA.** Desenvolvimento do produto tipo caviar a base de ovas de tainha (*Mugil platanus*). 2006, 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Departamento Química, Brasil, 2006.
- Figueiredo JL, Menezes NA.** Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2). Brasil: Museu de Zoologia da USP, 1980.
- Garcia V, Reynalte-Tataje DA, Zaniboni-Filho E.** Distribuição de ovos e larvas da sardinha-verdadeira na região costeira do Estado de Santa Catarina. *Bol Inst Pesca*, v.41, n.3, p.619-631, 2015.



- Godinho HM, Kavamoto ET, Andrade-Talmelli EF, Serralheiro PCS, Paiva P, Ferraz EM.** Induced spawning of the mullet *Mugil platanus* GUNTHER, 1880, in Cananéia, São Paulo, Brazil. *Bol Inst Pesca*, v.20, 59-66, 1993.
- Hassler WW, Rainville RP.** Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages, UNC Sea Grant College Program, UNC-SG-75-30, 1975.
- Jerez S.** Cultivo del mero en el Centro Oceanográfico de Canarias. *Revista del Instituto Español de Oceanografía*, v.23, p.114-123, 2015.
- Kerber CE, Azevedo Silva HK, Santos PA, Sanches EG.** Reproduction and larviculture of dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in Brazil. *J Agricult Sci Technol*, v.2, p.229-234, 2012.
- Kohno H, Ordonio-Aguillar R, Ohno A, Taki Y.** Why is grouper larval rearing difficult? An approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. *Ichthyol Res*, v.44, p.267-274, 1997.
- Liao IC, Huang TS, Tsai WS, Hsueh CM, Chang SL, Leño EM.** Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture*, v.237, p.155-165, 2004.
- Lowerre-Barbieri SK, Vose FE, Whittington JA.** Catch-and-release fishing on a spawning aggregation of common snook: Does it affect reproductive output? *T Am Fish Soc*, v.132, p.940-952, 2003.
- Mañanos E, Duncan N, Mylonas CC.** Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. In: Cabrita E, Robles V, Herráez P (Eds.), *Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species*. Boca Raton: CRC Press, p.4-63, 2008.
- Marino G, Panini E, Longobardi A, Mandich A, Finoia MG, Zohar Y, Mylonas CC.** Induction of ovulation in captive-reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), with a sustained-release GnRH_a implant. *Aquaculture*, v.219, n.1, p.841-858, 2003.
- Matsuura Y.** Estudo comparativo das fases iniciais do ciclo de vida da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) e da sardinha-cascuda *Harengula jaguana* (Pisces: Clupeidae) e nota sobre a dinâmica da população da sardinha-verdadeira na Região Sudeste do Brasil. 150 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo, 1983.
- Matsuura Y.** Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian bight over the period 1976-1993. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v.46, n.1, p.33-43, 1998.
- McKinnon AD, Duggan S, Nichols PD, Rimmer MA, Semmens G, Robino B.** The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*, v.223, p.89-106, 2003.
- Menezes N A, Figueiredo JL.** Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1985.
- Menezes NA, Oliveira C, Nirchio M.** An old taxonomic dilemma: the identity of the western South Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). *Zootaxa*, v.2519, p.59-68, 2010.
- MPA.** *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - 2011*. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013. Disponível em http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/biblioteca/download/estatistica/est_2011_bol_bra.pdf. Acesso em 08 abr. 2017.
- Mylonas CC, Fostier A, Zanuy S.** Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology*, v.165, p.516-534, 2010.
- Oliveira IR, Soares LSH.** Alimentação da tainha *Mugil platanu*, Gunther 1880 (Pisces Mugilidae) da região estuarino-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Bol Inst Pesca*, v. 23, 95-104, 1996.
- Passini G, Carvalho CVA, Landuci FS, Guinle L, Sterzelecki F, Cerqueira VR.** Primeira experiência de maturação e desova do robalo-flecha, *Centropomus undecimalis*, em cativeiro no Brasil. In: Reunião Científica do Instituto de Pesca, 11, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Pesca, 2013. p.143-145. Resumo expandido.
- Passini G, Carvalho CVA, Sterzelecki F, Baloi M, Magnotti C, Pedrotti FS, Cerqueira VR.** Reprodução e larvicultura da tainha *Mugil liza* no Estado de Santa Catarina. In: Feira Nacional do Camarão, 12, Latin American and Caribbean Aquaculture, 2015, Fortaleza. *Abstract Book...* Fortaleza: ABCC, 2015. p.410. Resumo.
- Passini G, Silva LAR, Sterzelecki F, Cerqueira VR.** Resultados preliminares das primeiras desovas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em cativeiro. In: Reunião Científica do Instituto de Pesca, 11, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Pesca, 2013. p.146-148. Resumo expandido.
- Peregrino Jr. RB, Hamilton S, Domingues JC, Manzella Jr. JC, Hazin FHV, Cavalli RO.** Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.66, n.3, p.681-687, 2014.
- Rhody NR, Puchulutegui C, Taggart JB, Main KL, Migaud H.** Parental contribution and spawning performance in captive common snook *Centropomus undecimalis* broodstock. *Aquaculture*, v.432, p.144-153, 2014.
- Rivas LR.** Systematic review of perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, v.6, p.576-611, 1986.
- Saccardo SA, Rossi-Wongtschowski CLDB.** Biologia e avaliação do estoque da sardinha *Sardinella brasiliensis*: uma compilação. *Atlântica*, v.13, n.1, p.26-43, 1991.



- Sampaio LA, Okamoto MH, Rodrigues RV, Tesser MB.** Piscicultura marinha: Criação de bijupirá em sistema de recirculação de água. Brasil: Editora da FURG, 2016.
- Sanches EG, Oliveira IR, Serralheiro PCS.** Crioconservação do sêmen da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Teleostei, Serranidae). Bol Inst Pesca, v.35, p.389-399, 2009.
- Sanches EG, Silva FC, Leite JR, Silva PKA, Kerber CE, Santos PA.** A incorporação de óleo de peixe na dieta pode melhorar o desempenho da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*? Bol Inst Pesca, v.40, p.147-155, 2014.
- Shaffer RV, Nakamura, EL.** Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). NOAA Technical Report NMFS 82.U.S. Department of Commerce, Washington, DC. 1989.
- Shepherd J, Bromage N.** *Intensive fish farming*. Oxford: BSP Professional Books, 1988.
- Taylor RG, Grier HJ, Whittington JA.** Spawning rhythms of common snook in Florida. J Fish Biol, v.53, p.502-520, 1998.
- Taylor RG, Whittington JA, Grier HJ, Crabtree RE.** Age, growth, maturation and protandric sex reversal in common snook, *Centropomus undecimalis*, from the east and west coasts of South Florida. Fish Bul, v.98, p.612-624, 2000.
- Toledo J, Caberoy N, Quintio G, Choresca C, Nakagawa H.** Effects of salinity, aeration and light intensity on oil globule absorption, feeding incidence, growth and survival of early-stage grouper *Epinephelus coioides* larvae. Fish Sci, v.68, p.478-483, 2002.
- Tucker Jr, JW.** Snook and tarpon snook culture and preliminary evaluation of commercial farming. Prog Fish Cult, v.49, p.49-57, 1987.
- Weirich CR, Stokes AD, Smith TIJ, Jenkins WE, Denson MR.** Outdoor tank and pond spawning of cobia, *Rachycentron canadum* in coastal South Carolina. J Appl Aquaculture, v.18, p.1-16, 2006.
- Yoneda NT.** Criação em laboratório de larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) e estudo dos incrementos diários nos otólitos. 1987, 92f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo, 1987.
-