

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ZOOTECNIA**

**ALTERAÇÕES ESQUELÉTICAS E DESENVOLVIMENTO ZOOTÉCNICO DE
LARVAS E JUVENIS DE PEIXES MARINHOS DE INTERESSE DA
PISCICULTURA**

GITONILSON ANTONIO MOREIRA TOSTA

**SALVADOR-BAHIA
SETEMBRO DE 2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ZOOTECNIA**

**ALTERAÇÕES ESQUELÉTICAS E DESENVOLVIMENTO ZOOTÉCNICO DE
LARVAS E ALEVINOS DE PEIXES MARINHOS DE INTERESSE DA
PISCICULTURA**

GITONILSON ANTONIO MOREIRA TOSTA

**SALVADOR-BAHIA
SETEMBRO DE 2016**

GITONILSON ANTONIO MOREIRA TOSTA

**ALTERAÇÕES ESQUELÉTICAS E DESENVOLVIMENTO ZOOTÉCNICO DE
LARVAS E JUVENIS DE PEIXES MARINHOS DE INTERESSE DA
PISCICULTURA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Castelo Branco Albinati
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

**SALVADOR-BA
SETEMBRO DE 2016**



FICHA
CATALOGRÁFICA

GITONILSON ANTONIO MOREIRA TOSTA

**ALTERAÇÕES ESQUELÉTICAS E DESENVOLVIMENTO ZOOTÉCNICO DE
LARVAS E JUVENIS DE PEIXES MARINHOS DE INTERESSE DA
PISCICULTURA**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 30 de setembro de 2016.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Castelo Branco Albinati – UFBA
Universidade Federal da Bahia
Presidente

Prof. Dr. Jodnes Sobreira Vieira
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Eduardo Luiz Trindade Moreira
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Carlos Eduardo Copatti
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Luiz Vitor Oliveira Vidal
Universidade Federal da Bahia

**SALVADOR-BA
SETEMBRO DE 2016**

Dedicatória

Este trabalho é dedicado à minha família e aos meus amigos, pelo incentivo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos pelo apoio em todos os momentos e por entenderem que a minha ausência foi justificada.

Mais uma vez, gostaria de manifestar a minha gratidão a Ranulpho Martins (Gordo) e a José Alberto da Silva Cavalcanti (Doutor) pelos incentivos que nunca cessaram e por tudo que fizeram por mim.

Ao Professor Ricardo Castelo Branco Albinati, meu orientador, pela pessoa maravilhosa, pelo exemplo, pela presença e pelo fortalecimento da amizade ao longo desses anos, sem deixar de ressaltar o quanto ele é querido pela equipe do LASOA e por todos que realmente o conhecem.

Ao Professor Eduardo Gomes Sanches, meu coorientador e amigo pelo incentivo, cobranças e imensa ajuda.

À Professora Dra. Caterina Muramoto por suas contribuições e amizade.

À equipe do LASOA, Silene, Jaci, Lívia, Alê, Seldon, Uriel, pela convivência, disponibilidade para me ajudar e contribuir com suas experiências e conhecimentos.

A Fabíola Rios Vasconcelos pela amizade e ajuda prestada ao longo desses anos.

Ao Professor Vinícius Cerqueira, ao Gabriel Passini e equipe do LAPMAR pela presteza e contribuições, bem como por ter disponibilizado material para pesquisa.

A Marcelo Palma pela amizade, apoio, incentivo, pelo enfrentamento e triunfo sobre as injustiças a mim praticadas.

A todos os meus amigos que incentivaram, reconheceram e compreenderam a necessidade das minhas ausências nesse período.

A Deus pela vida e aos irmãos de outros planos, pela energia, conselhos, sabedoria e proteção.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

	Página
Tabela 1. Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.	60
Tabela 2. Medidas da coluna vertebral de juvenis de garoupa verdadeira, colhidas na radiografia em conjunto com o animal diafanizado.	63

Capítulo 2

	Página
Tabela 1. Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.	86
Tabela 2. Quantidade de deformidades esqueléticas encontradas em larvas de carapeba <i>Eugerres brasilianus</i> entre o DAE 1 e DAE 15.	90
Tabela 3. Ganho de Crescimento Médio - GCM e Taxa de Crescimento Médio - TCM, calculados a partir do comprimento médio inicial - Ci e comprimento médio final - Cf, no período DAE 1 e DAE 15.	91
Tabela 4. Correlação entre duas variáveis morfométricas das larvas de carapeba no período entre DAE 1 e DAE 15, para $P < 0,05$.	92
Tabela 5. Relações morfométricas encontradas em larvas de carapeba para a altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão e diâmetro do olho em relação ao comprimento da cabeça.	93
Tabela 6. Relação alométrica e crescimento alométrico das larvas de carapeba identificado pelos valores do coeficiente alométrico (b) e coeficiente de determinação (R^2) para as características: Comprimento Padrão (CP), Altura do Corpo (AC), Comprimento da cabeça (CC) e Diâmetro do Olho (DO).	94

Capítulo 3

	Página
Tabela 1. Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.....	102
Tabela 2. Ganho de Crescimento Médio - GCM e taxa de Crescimento Médio - TCM, calculados a partir do comprimento médio inicial - Ci e comprimento médio final - Cf, para larvas de bijupirá, no período DAE 1 e DAE 15.	105
Tabela 3. Correlação entre duas variáveis morfométricas das larvas de bijupirá no período entre DAE 1 e DAE 15. Para $P < 0,05$.	106
Tabela 4. Relações morfométricas encontradas em larvas de bijupirá para a altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão e diâmetro do olho em relação ao comprimento da cabeça.	108
Tabela 5. Valores de Intercepto (Log a); coeficiente de regressão (b); coeficiente de determinação (r^2) e tipo de crescimento entre as características: Comprimento Padrão (CP), Altura do Corpo (AC), Comprimento da cabeça (CC) e Diâmetro do Olho (DO).	109

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura

	Página
Figura 1. Carapeba (<i>Eugerres brasilianus</i>).....	36
Figura 2. Bijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>)	37
Figura 3. Garoupa (<i>Epinephelus marginatus</i>).....	38

Capítulo 1

	Página
Figura 1. Lote de juvenis de garoupa verdadeira <i>Epinephelus marginatus</i> com e sem alterações esqueléticas.	62
Figura 2. Imagens de exemplares de juvenis de garoupa verdadeira <i>Epinephelus marginatus</i> , após a radiografia e diafanização, expondo os desvios da coluna vertebral (nº 1 a 9) e com morfologia normal (nº 10).	64

Capítulo 2

	Página
Figura 1. Diagrama de representação dos marcos para medidas das variáveis alométricas em larvas de carapeba, sendo CP- comprimento padrão, CC- comprimento da cabeça, AC- altura do corpo e DO- diâmetro do olho.	87
Figura 2. Figura 1. Larvas de carapeba <i>Eugerres brasilianus</i> coletadas entre os Dias Após Eclosão - DAE 1, 5, 10 e 15, apresentando diferentes graus de deformidades esqueléticas. As setas indicam as malformações L- Lordose, C- cifose e E- Escoliose.	90

Figura 3.	Equações de crescimento das variáveis: Comprimento padrão, altura do corpo, comprimento da cabeça, diâmetro do olho da carapeba entre o DAE 1 e DAE 15, com nível de significância $P < 0,0001$.	92
Figura 4..	Relação alométrica entre as variáveis altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em função do comprimento padrão e diâmetro do olho em função ao comprimento da cabeça de larvas de carapeba.	93

Capítulo 3

	Página	
Figura 1.	Diagrama de representação dos marcos morfométricos para medidas das variáveis alométricas em larvas de bijupirá, sendo CP- comprimento padrão, CC- comprimento da cabeça, AC- altura do corpo e DO- diâmetro do olho.	103
Figura 2.	Figura 2. Equações de crescimento das variáveis: Comprimento padrão, altura do corpo, comprimento da cabeça, diâmetro do olho da bijupirá entre o DAE 1 e DAE 15, com nível de significância $P < 0,0001$	106
Figura 3.	Relação alométrica entre as variáveis altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em função do comprimento padrão e diâmetro do olho em função ao comprimento da cabeça de larvas de bijupirá.	108

SUMÁRIO**Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas e juvenis de peixes marinhos de interesse da piscicultura**

	Página
Resumo.....	15
Abstrat	16
1. Introdução Geral.....	17
2. Revisão de Literatura	18
2.1. Esqueletogênese	18
2.2. Alterações esqueléticas em peixes	19
2.3. Fatores Geradores de deformidades	20
2.3.1. Fatores abióticos.....	20
2.3.2. Insuflação da bexiga natatória.....	21
2.3.3. Salinidade	22
2.3.4. Temperatura	23
2.3.5. Oxigênio	24
2.3.6. Cor, tamanho e forma do tanque	25
2.3.7. Luz.....	26
2.3.8. Troca d'água.....	27
2.3.9. Poluição sonora	27
2.4. Fatores bióticos	28
2.4.1. Genética.....	28
2.4.2. Doenças e parasitismo.....	28
2.4.3. Fatores nutricionais	29
2.4.4. Vitamina A	29
2.4.5. Vitamina C	30
2.4.6. Vitamina D	31
2.4.7. Vitamina K.....	31
2.4.8. Aminoácidos	32
2.4.9. Lipídios e ácidos graxos.....	32
2.4.10. Fosfolipídios.....	32
3. Morfometria	33
4. Caracterização de estágios larvais.....	34

5. Relações corporais	34
6. Caracterização das espécies estudadas.....	35
6.1. Carapeba <i>Eugerres brasilianus</i>	35
6.2. Bijupirá <i>Rachycentron canadum</i>	36
6.3. Garoupa <i>Epinephelus marginatus</i>	37
Referências.....	38

CAPÍTULO 1

Desvios na coluna vertebral em juvenis de garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*, Lowe, 1834)

Resumo.....	56
Abstrat	57
Introdução	58
Material e Métodos	59
Resultados e Discussão	61
Conclusão.....	65
Agradecimentos.....	66
Referências.....	66

CAPÍTULO 2

Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de carapeba (*Eugerres brasilianus*, CUVIER, 1830)

Resumo.....	83
Abstrat	84
Introdução	85
Material e Métodos	85
Resultados e Discussão	89
Conclusão.....	95
Referências.....	95

CAPÍTULO 3

Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de bijupirá

(Rachycentron canadum, LINNAEUS, 1766)

Resumo.....	99
Abstrat.....	100
Introdução	101
Material e Métodos	101
Resultados e Discussão	105
Conclusão.....	109
Referências.....	109
Considerações Finais.....	112

RESUMO

A reprodução de espécies marinhas em cativeiro tem deparado com uma alta incidência de deformidades esqueléticas nas larvas, significativas perdas econômicas e baixa qualidade do produto. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento zootécnico e alterações morfológicas em larvas e juvenis de espécies marinhas de interesse para a piscicultura. Foram selecionadas, garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus*, a carapeba *Eugerres brasilianus* e o bijupirá *Rachycentron canadum*. Os juvenis de garoupa verdadeira foram obtidos por desova natural no Instituto de Pesca de São Paulo – Ubatuba. Após 60 dias de cultivo, restaram 700 juvenis, dos quais, 42% apresentavam malformações esqueléticas. Foram coletados aleatoriamente dez exemplares de garoupas verdadeiras com comprimento total de $6,4 \pm 0,8$ cm e peso de $5,0 \pm 1,4$ g. Eutanasiados, fixados com injeção de formaldeído a 10% e, posteriormente diafanizados. Foi possível identificar a ocorrência de lordose, cifose e escoliose em nove dos dez exemplares coletados, com 8 a 12 desvios por animal, cujas medidas dos ângulos dos desvios cifolordóticos variaram de 65° a 154° , enquanto os ângulos dos desvios laterais (escoliose) variaram de 61° a 135° . Larvas de carapeba foram produzidas no Laboratório de Piscicultura Marinha da UFSC, por desova induzida por hormônios e larvas de bijupirá fornecidas pela empresa Bahia Pesca em Santo Amaro, Bahia. As larvas foram coletadas nos dias 1, 5, 10 e 15 após a eclosão, sendo 15 exemplares de cada espécie a cada dia. Foram tomadas as medidas do comprimento padrão (CP), comprimento da cabeça (CC), altura do corpo (AC) e diâmetro do olho (DO), em um experimento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos a regressão, transformados em logaritmo e correlacionados, obtendo o padrão alométrico das variáveis estudadas. As larvas de carapeba apresentaram 25% de deformidades esqueléticas. Não foram encontradas deformidades nas larvas de bijupirá. As larvas de carapeba e de bijupirá, tiveram crescimento alométrico positivo para a altura do corpo e comprimento da cabeça em função do comprimento padrão, seguido de crescimento alométrico negativo para diâmetro do olho em função do comprimento da cabeça, indicando que as partes do corpo alteram-se de maneira desigual, com prioridade para as estruturas da cabeça.

Palavras-chave: Bijupirá, garoupa, carapeba, deformidades, malformações esqueléticas

ABSTRACT

The reproduction of maritime species in captivity has resulted in a high incidence of skeletal deformities in the larvae, which has led to significant economic losses and a product of low quality. The aim of this work is to evaluate the zootechnical development and morphological alterations in larvae and juveniles of maritime species that are used in fish farming. The species selected were *Epinephelus marginatus*, *Eugerres brasiliensis* and *Rachycentron canadum*. Young *Epinephelus marginatus* were obtained through natural spawning at the Fishing Institute of São Paulo (Instituto de Pesca de São Paulo – Ubatuba). After 60 days of cultivation, there were 700 juveniles of which 42% showed skeletal malformations. Ten samples of *Epinephelus marginatus* were collected randomly with a total length of 6.4 ± 0.8 cm and a weight of 5.0 ± 1.4 g. They were euthanized and fixed with an injection of formaldehyde at 10% e, later made diaphanization. It was possible to identify the occurrence of lordose, kyphosis and scoliosis in nine of the ten samples collected with 8 to 12 deviations per animal, whose measurements of the cyphorlodotic deviation angles varied between 65° to 154° , while the lateral angle deviations (scoliosis) varied between 61° to 135° . Larvae of *Eugerres brasiliensis* were produced in the Sea Fish Farm Laboratory at UFSC (Laboratório de Piscicultura Marinha da UFSC), where the spawning was induced by hormones and the larvae of *Rachycentron canadum* were provided by the company Bahia Pesca in Santo Amaro, Bahia. The larvae were collected on days 1, 5, 10 and 15 after hatching, having 16 samples of each species for each day. Measurements were taken of the standard length (SL), head length (HL), body height (BH) and the eye diameter (ED) in an entirely randomized experiment. The data was submitted to regression analysis, transformed into logarithms and correlated, obtaining a standard allometry of the varieties studied. The larvae of the *Eugerres brasiliensis* had 25% skeletal deformities. There were no deformities encountered in the larvae of the *Rachycentron canadum*. The larvae of the *Eugerres brasiliensis* and *Rachycentron canadum* had positive allometric growth for the height of the body and length of the head as a function of standard length, followed by negative allometric growth for the diameter of the eye as a function of the length of the head, indicating that parts of the body changed in an unequal manner, with priority for the structures in the head.

Key Words: *Epinephelus marginatus*, *Eugerres brasiliensis*, *Rachycentron canadum*, skeletal deformities and malformations

1. INTRODUÇÃO GERAL

A redução dos estoques pesqueiros nos oceanos é uma realidade decorrente das ações antrópicas ao meio ambiente, comprometendo o ciclo reprodutivo de várias espécies (BEZERRA *et al.*, 2001). Fato este que tem aberto questionamentos sobre as fontes de produção de pescado.

No relatório apresentado pela FAO (2016), a produção mundial da pesca e aquicultura, em 2014, foi de 167,2 milhões de toneladas, sendo 93,4 milhões de toneladas de produtos originários da pesca (55,8%), e 73,8 milhões de toneladas originárias da aquicultura (44,2%). O crescimento da pesca entre 2007 e 2014, foi de 2%, a aquicultura cresceu de 47,8%, ratificando que a produção pesqueira permanece relativamente estável.

No Brasil, nos últimos 20 anos, os investimentos na piscicultura ficaram concentrados em áreas dulcícolas, tendo os estados da Bahia e Ceará como os maiores produtores nacionais. Em contraste, a piscicultura marinha, é uma atividade ainda incipiente, onde algumas espécies começam a ganhar destaque, mas ainda com um baixo volume nacional, sendo apenas alvo de estudos (TEIXEIRA *et al.*, 2013; PEREIRA e ROCHA, 2015).

Cavalli *et al.* (2011); Ferraz *et al.* (2013) listaram várias espécies de ocorrência no litoral brasileiro, como de interesse para a piscicultura marinha, dentre elas a carapeba (*Eugerres brasilianus*), a garoupa (*Epinephelus marginatus*), e o bijupirá (*Rachycentron canadum*).

Contudo, a larvicultura de peixes marinhos é um sistema bastante complexo, que simula as condições de ambiente e alimentação para estimular o crescimento das larvas, cuja produção depende de estudos que acompanhem o desenvolvimento morfológico e funcional até a fase de comercialização (FERRAZ *et al.*, 2009).

Peixes cultivados são frequentemente afetados por anomalias esqueléticas, com a incidência variando entre espécies, estágio de desenvolvimento e protocolos de cultivo (BOGLIONE *et al.*, 2014). Tem sido reportado valores entre 50-100% dos animais com anomalias esqueléticas (HAGA *et al.*, 2011), repercutindo na morfologia e na sobrevivência (GAVAIA *et al.*, 2002), causando problemas na larvicultura de peixes marinhos e, conseqüentemente, grande impacto econômico negativo na cadeia produtiva da piscicultura marinha (KAYIM *et al.*, 2010).

As informações aqui produzidas com relação ao desenvolvimento morfométrico de espécies marinhas como a carapeba *E.brasilianus*, o bijupirá *R.canadum* e a garoupa *E.marginatus*, identificadas como espécies de interesse para a aquicultura comercial brasileira e alvo de experimentos de cultivo, predominantemente, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Santa Catarina, (CAVALLI e HAMILTON, 2009; KERBER *et al.*, 2012; FERRAZ *et al.*, 2013) poderão contribuir para o ajuste nas tecnologias de produção de juvenis para cultivo em cativeiro. Sendo assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento zootécnico e alterações morfológicas em larvas e juvenis de espécies marinhas de interesse para a piscicultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Esqueletogênese

A esqueletogênese é um processo complexo que é dividido em várias etapas: especificação, migração, condensação mesenquimal (células osteocondroprogenitor) e diferenciação para condrócito ou osteoblastos com deposição de matriz extracelular (HAGA *et al.*, 2011). Segundo Boglione *et al.* (2013a) os tecidos esqueléticos em peixes inclui vários tipos de ossos, muitos tipos de cartilagens que são intermediárias entre tecido conectivo e ossos, e entre ossos e cartilagens.

Como os peixes não possuem tecido hematopoiético dentro da medula óssea, os espaços da medula são preenchidos por tecido adiposo, podendo apresentar vasos sanguíneos (WITTEN e HUYSSEUNE, 2009).

Nos estágios iniciais e nos mais avançados, os teleósteos não apresentam osteoclastos multinucleados. A maioria dos osteoclastos são pequenos e mononucleados (BOGLIONE *et al.*, 2013a).

Segundo Ytteborg *et al.* (2012) e Boglione *et al.* (2013a) os teleósteos apresentam os seguintes tipos de ossificação:

Pericondral - Mais comum nos peixes. Inicia com a transformação do pericôndrio em periósteo. Ex.: osso que envolve a cartilagem dos arcos branquiais.

Endocondral - Cartilagem matriz é substituída ou remodelada para formar o osso.

Paracondral - Quando o osso se forma em volta da cartilagem, formando lâminas sem se integrar a ela.

Intermembrana - Os osteoblastos formam o osso a partir de um tecido mesenquimal, sem envolver a cartilagem, podendo dar origem aos ossos dérmicos (Dentes, osso dermal cranial, escamas, placas dérmicas pós craniais, raios das nadadeiras, dentre outros).

Os fatores nutricionais são de grande importância para o desenvolvimento normal dos ossos. Em peixes, a completa mineralização dos ossos requer um suprimento suficiente de cálcio, fósforo e outros minerais (BERGE *et al.*, 2009). Todavia, na maioria dos teleósteos, o cálcio do esqueleto somente é mobilizado no caso de deficiência extrema. Isso ocorre porque o peixe geralmente obtém o cálcio da água via brânquia (LEWIS-MCCREA e LALL, 2010).

2.2 . Alterações esqueléticas em peixes

As larvas de peixes marinhos passam por um dos mais importantes eventos no estágio inicial de desenvolvimento, a metamorfose (BOGLINO *et al.*, 2014), período em que tanto a ontogenia quanto o crescimento podem provocar mudanças substanciais na estrutura, na fisiologia, tamanho e morfologia (ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2010), além do que, severos fatores podem interferir no desenvolvimento normal da larva e na qualidade dos alevinos (CAHU *et al.*, 2003; BOGLINO *et al.*, 2014).

Larvas de importantes espécies comerciais cultivadas em laboratório demonstram malformações esqueléticas (HAGA *et al.*, 2011). A incidência dessas malformações é um dos mais importantes fatores que afetam a larvicultura de peixes marinhos, com efeito nos custos de produção, sendo que cerca de 50-60% das larvas apresentam pelo menos uma severa e extremamente detectável malformação esquelética (BOGLIONE *et al.*, 2009).

A incidência de malformações esqueléticas é altamente variável, em diferentes espécies e sob diferentes condições de cultivo (BOGLIONE *et al.*, 2013b). As taxas de deformidades esqueléticas em Sea Bream, Gilthead Sea Bream, European Seabass,

Atlantic Cod, Grouper, Japanese Flounder, Senegalese Sole, Atlantic Salmon, e Rainbow Troute, tem sido entre 50 e 100% da produção total (HATTORI *et al.*, 2004; BOGLIONE *et al.*, 2009; HAGA *et al.*, 2011). No Brasil, SANCHES *et al.*(2013) observaram as primeiras deformidades na coluna vertebral de juvenis de robalo-flecha *Centroponus undecimalis* numa taxa de 17,9%.

A curvatura espinhal é a deformidade mais comum em muitas espécies de peixes. Avery *et al.* (2009) observaram que as deformações larvais mais frequentes em Atlantic Cod, *Gabus morhua* foram as curvaturas na espinha (escolioses e lordoses) e nadadeiras subdesenvolvidas. Essas deformações larvais foram encontradas em larvas de Atlantic Cod provenientes de ovos com os padrões normais e anormais de clivagem.

Deformações vertebrais têm sido frequentemente observadas em peixes selvagens e da aquicultura provocadas por inúmeras causas (DIVANACH *et al.*, 1997). O problema persiste e muitas hipóteses ainda são discutidas, porque diferentes fatores causadores de malformações podem promover uma sintomatologia e frequência agindo sinergicamente (BOGLIONE *et al.*, 2013a).

2.3 . Fatores geradores de deformidades

2.3.1 Fatores abióticos

A primeira publicação sobre anormalidades esqueléticas em peixes cultivados em fazendas, envolveu a espécie Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) e foi publicada no início da década de 1970 (BOGLIONE *et al.*, 2013a).

As causas mais prováveis para algumas deformidades são fatores abióticos desfavoráveis durante o desenvolvimento embrionário, como a baixa concentração de oxigênio dissolvido, mudanças repentinas de temperatura durante a coleta, transporte, incubação (HATTORI *et al.*, 2004), salinidade, deficiências nutricionais, genéticas, inadequadas condições de cultivo durante a fase de larvicultura e à baixa insuflação da bexiga natatória (CHATAIN, 1994; BOGLIONE *et al.* 2009; KAYIM *et al.*,2010; COBCROFT *et al.*, 2012; SANCHES *et al.*, 2013), sem ser excluída a origem congênita, embora poucos experimentos evidenciem esta possibilidade (CHATAIN, 1994).

Além dos fatores citados anteriormente, Boglione *et al.* (2013b) informaram que as condições das matrizes, a qualidade dos ovos, densidade estocada, condições de crescimento rápido, estresse ao manuseio, hidrodinamismo, turbulência da água, taxa de renovação de água, regime de luz, fatores mecânicos, filme de óleo sobre a superfície da água, níveis de O₂, CO₂, pH, trauma físico, estresse mecânico, patógenos, parasitos, toxinas, radiação, tipo de substrato, características do tanque (volume, cor, forma, material), antibióticos e xenobióticos, como fatores que podem impactar as células esqueléticas, cartilagens, desenvolvimento da matriz óssea e a mineralização óssea em larvas e juvenis cultivados.

A ocorrência de malformações em larvas cultivadas é reconhecida como um problema recorrente na larvicultura de peixes e representa tanto um desafio ético, quanto econômico para as indústrias (DIONÍSIO *et al.*, 2012; TAKLE *et al.*, 2005).

2.3.2. Insuflação da bexiga natatória

A bexiga natatória é um importante órgão que contribui para a capacidade de um peixe manter a flutuabilidade neutra a uma determinada profundidade. Desenvolve-se como uma invaginação do trato digestivo e sua inflação inicial ocorre quando as larvas engolem ar na superfície da água (PRESTINICOLA *et al.*, 2014). Algumas espécies apresentam a bexiga natatória do tipo fisostoma, a qual apresenta uma conexão direta com o esôfago, ao contrário da fisoclista que não apresenta duto de ligação ao esôfago e sim, conectado a uma rede de capilares onde ocorre a troca gasosa, (LAGLER *et al.*, 1990; BALDISSEROTO *et al.*, 2014).

A insuflação da bexiga natatória ocorre em períodos predeterminados quando o duto pneumático conecta a bexiga natatória ao estômago numa discreta janela de tempo antes da degeneração do duto pneumático (WOOLLEY e QIN, 2010; WOOLLEY *et al.*, 2014). Summerfelt *et al.* (2013) identificaram que a não insuflação da bexiga natatória pode ser causada por uma película de óleo na superfície dos tanques de cultivo que impede a larva de romper a tensão superficial e engolir ar e inflar a bexiga natatória. Este mesmo processo de capturar bolhas de ar na superfície também foi observado por Woolley

et al. (2014) para larvas de Yellowtail kingfish. Peixes sem bexiga natatória desenvolvida são mais suscetíveis ao aparecimento de lordose. (CHATAIN, 1994).

Além da intensidade luminosa, outros fatores influenciam a insuflação da bexiga natatória: qualidade dos ovos, qualidade da água, fluxo da água, salinidade e temperatura (CHATAIN e GUSCHEMANN, 1990; WOOLLEY, *et al.*, 2010; SUMMERFELT *et al.*, 2013). Segundo Boglione *et al.* (2009) a insuflação em excesso da bexiga natatória promove alterações morfológicas na coluna vertebral por exercer uma força mecânica para cima, deformando a coluna. Outro efeito dessa insuflação é o aumento da pressão entre a coluna vertebral e os órgãos, como se fosse um enchimento exagerado do trato digestivo, afetando as larvas. Por último, a redução da pressão hidrostática também pode promover deformações.

Segundo Woolley *et al.* (2014), poucas informações estão disponíveis para comparar a insuflação da bexiga natatória com o crescimento e sobrevivência das larvas de peixe, associando a insuflação da bexiga natatória com as fontes de luz natural e artificial, frequentemente correlacionadas com altas taxas de crescimento e sobrevivência.

2.3.3. Salinidade

Sampaio e Bianchini, (2002) explicam que a variação da salinidade na região estuarina exige gasto de energia para a osmorregulação e que, certos ambientes salinos podem maximizar o crescimento e/ou reprodução, pela redução do gasto da energia despendida no processo da osmorregulação. Em seus estudos, Sampaio *et al.* (2007) registraram os efeitos da salinidade sobre a reprodução, incubação e larvicultura de *P. orbignyanus* bem como a tolerância à salinidade à medida em que as larvas crescem até fase juvenil. Em experiências anteriores, demonstrou que numa salinidade entre 26 e 28‰, a flutuabilidade foi neutra para larvas de *P. orbignyanus*.

Segundo Okamoto *et al.* (2009) a salinidade alta afeta a curvatura espinhal na larva de Lingcod, *Ophiodon elongatus*, enquanto que baixa salinidade aumenta a incidência de curvatura espinhal em Navaga, Polar Cod, Artic Founder e Petra Sole. Contudo, tanto a alta quanto a baixa salinidade afetam a curvatura espinhal de English Sole.

2.3.4. Temperatura

A temperatura é um fator que tem influência marcante sobre o metabolismo e conseqüentemente sobre o desenvolvimento, incluindo a plasticidade ontogênica na larva (DIONÍSIO *et al.* 2012) e na sobrevivência do embrião (DAS *et al.*, 2006). É um fator crítico para a produção em laboratório (WOOLLEY, *et al.*, 2014), todavia, um aumento da temperatura acelera o crescimento e o desenvolvimento da larva de peixe. Esse aumento da taxa de desenvolvimento dos embriões com aumento na temperatura ocorre, somente, dentro dos limites térmicos aceitáveis (DAS *et al.*, 2006; WOOLLEY *et al.*, 2014), mas a temperatura alta pode causar exaustão e mortalidade (WOOLLEY *et al.*, 2014).

A inabilidade de regular o seu metabolismo e sua temperatura é própria dos ectotérmicos. A temperatura ambiente é um fator onipresente nos processos fisiológicos (PROCHAZKA, 2009) e, junto com a salinidade e o pH, também afetam diretamente a fisiologia do peixe e a natureza física da água (capacidade de conter gás dissolvido, características de solvente, viscosidade e dinâmica dos fluidos) os quais tem impacto direto sobre o peixe ou afetam a bioquímica e características toxicológicas de potenciais poluentes presentes na água (FINN, 2007).

O desenvolvimento embrionário e larval na maioria das espécies de peixes são processos rápidos, ambos dentro dos ovos na coluna d'água. Embora muitas trajetórias sejam fixas, a influência da temperatura modula e altera o tempo de eventos como a ontogenia (CHAMBERS e LEGGETT, 1987). O estresse pela temperatura é reconhecido como um fator teratogênico que induz deformidades durante o desenvolvimento embrionário de teleósteos (TAKLE *et al.*, 2005). Baixas temperaturas podem reduzir a embriogênese e levar ao aumento da mortalidade se estiver fisiologicamente abaixo dos parâmetros tolerados (LIN *et al.*, 2006; SMALL e BATES, 2001). Inversamente, temperaturas externas mais quentes, acima dos parâmetros tolerados, podem provocar deformidades morfológicas (LAURENCE e ROGERS, 1976).

Diferentes condições de temperatura avaliadas durante o início da ontogênese afeta o desenvolvimento normal da larva de *Senegalese sole*, incluindo a performance de crescimento e a qualidade da larva pela avaliação do índice de deformidades (DIONÍSIO *et al.*, 2012). O estresse pela temperatura é reconhecido como um fator teratogênico que

induz deformidades durante o desenvolvimento embrionário dos teleósteos (TAKLE *et al.*, 2005). Para BROWN *et al.* (2011) o pequeno tamanho das larvas de Gulf Killi *Fundulus grandis* esta relacionado com a alta temperatura que acelerou o desenvolvimento embrionário acelerado e a eclosão ocorre independente do estágio de desenvolvimento da larva.

Larvicultura com temperatura abaixo da ótima resulta em um desenvolvimento embrionário a taxas muito lentas (LIN *et al.*, 2006), enquanto que temperaturas altas, acima da ótima podem resultar em embriões que se desenvolvem mais rápido (DAS *et al.*, 2006).

A relação entre a temperatura da água e a ocorrência de deformidades até o estágio de absorção do vitelo em enguias japonesas foi observada por KUROKAWA *et al.* (2008), concluindo que em baixas temperaturas há um aumento da incidência de deformidades como o edema pericárdico e pouca deformidade na mandíbula, e que a temperatura ótima para o cultivo de ovos, embriões e larvas de enguia japonesa foi 24-26°C. Por outro lado, Das *et al.* (2006) concluíram que embriões de *Labeo rohita* podem se acomodar às mudanças climáticas até 33°C, sem dificultar a reprodução e o desenvolvimento embrionário.

A interação entre temperatura e salinidade pode influenciar a embriogênese alterando a resposta biológica, aumentando a vulnerabilidade para fatores abióticos tipicamente encontrados, induzindo deformidades nas larvas (PETEREIT *et al.*, 2008; OKAMOTO *et al.*, 2009; BROWN *et al.*, 2011). O efeito da temperatura sobre o desenvolvimento aumenta à medida que a salinidade do meio de incubação também aumenta (BROWN *et al.*, 2011). Todavia, o estresse causado pelo tempo de desenvolvimento alterado pelas condições sub-ótimas podem aumentar a ocorrência de deformações fatais e mortalidade. (DAS *et al.*, 2006; BROWN *et al.*, 2011).

2.3.5. Oxigênio

Os peixes teleósteos (cerca de 27.000 espécies) são o maior e mais diversificado grupo de vertebrados. Eles estão em contato direto com os ambientes aquáticos, e susceptíveis às variações temporais e espaciais em relação ao oxigênio (ZHU *et al.*, 2013).

A deficiência de oxigênio durante a somitogênese pode causar deformidades, antigamente chamada de fusão de vértebras, em red sea bream *Pargus major* (HATTORI *et al.*, 2004). Sánchez *et al.* (2011) constataram um aumento da frequência de deformidades na coluna vertebral em larvas de *Salmo salar* expostas à hipóxia durante o período inicial de incubação, pela mudança da disposição de colágeno e posterior mineralização em parte de sua bainha que constitui o centro da coluna vertebral.

2.3.6. Cor, tamanho e forma do tanque

Os ambientes artificiais são muito diferentes do habitat natural dos peixes e pode agir negativamente afetando a atividade alimentar, crescimento, saúde, bem estar, se os peixes estiverem sob condições de estresse (IMANPOOR e ABDOLLAHI, 2011).

Nos testes realizados com larvas normais de Striped trupeter com 15 DAE (dias após eclosão) e 7,5 mm de comprimento, Cobcroft *et al.* (2012), verificaram que as larvas foram afetadas pela cor do tanque. Os peixes cultivados em tanques brancos com alimentos vivos enriquecidos tiveram altos níveis de malformação comparados com os cultivados em tanques pretos, com água verde e alimento não enriquecido. Anteriormente com a mesma espécie, Cobcroft e Battaglene, (2009) encontraram que tanques brancos e água clara estavam associados com malformações na mandíbula. Juvenis de Atlantic salmon (*Salmo salar*) mantidos em tanques nas cores cinza e verde não apresentaram diferenças de crescimento, independentemente do espectro de luz (IMANPOOR e ABDOLLAHI, 2011). Posteriormente, cultivaram juvenis de *Caspian Kutum* em tanques de cor preta e concluíram ser considerado estressante e que dentre as cores, branco, vermelho, azul, amarelo e preto, a cor do tanque amarelo apresentou baixa taxa de alimentação, o melhor peso final, menor nível de estresse e seu efeito positivo sobre a cor da pele.

Ambientes de cores escuras podem apresentar um fraco contraste com a presa e todavia, aumentar o esforço para alimentação de algumas espécies de peixes (LIN, LIN, e HUANG, 2009). Em águas verdes, o aumento da ingestão de alimento está associado com o aumento do contraste de luz na água verde comparada com a água clara do ambiente (COBCROFT *et al.*, 2001).

Segundo Sanches *et al.* (2013) os tanques com grande volume são mais adequados à larvicultura de peixes marinhos por proporcionarem um ambiente mais estável e, conseqüentemente, menor incidência de malformações esqueléticas. O tamanho do tanque, forma e cor pode afetar a sobrevivência da larva de garoupa cultivada intensivamente (RIMMER, 2000).

2.3.7. Luz

A luz é um fator ambiental que sincroniza todos os estágios da vida dos peixes, desde o desenvolvimento embrionário até a maturação sexual (VILLAMIZAR *et al.*, 2011a). Embora as respostas do organismo à luz, muitas vezes tenha sido atribuída a um processamento visual, a regulação do ciclo circadiano levou à descoberta de fotorreceptores não visuais envolvidos em processos fisiológicos relacionados com a percepção de informações sazonais do período do dia (VILLAMIZAR *et al.*, 2011b).

Algumas evidências de que a manipulação do fotoperíodo pode ter impacto negativo sobre a qualidade dos ovos foram comprovadas por Bonnet *et al.* (2007), que relacionaram com o aumento na incidência de deformidades morfológicas em larvas recém eclodidas, especialmente a absorção anormal do saco vitelino, torção da coluna vertebral, gêmeos siameses e não insuflação da bexiga natatória.

Stuart e Drawbridge (2011) informaram que as larvas de peixes são sensíveis à luz durante os estágios iniciais de desenvolvimento e, no ambiente natural os peixes são capazes de mover-se livremente seguindo a intensidade da luz ideal. Larvas também tem a habilidade de fazer migrações diurnas, tanto para seguir as presas quanto para evitar os predadores, demonstrando que a visão é chave, não somente para alimentação, mas também para outros aspectos de sobrevivência.

Na aquicultura é necessário manipular a luz dentro de um sistema de cultivo artificial. A luz influencia tanto o comportamento das larvas de peixes quanto o das presas, em eventos sequenciais como procurar, encontrar, atacar e capturar as presas, principalmente larvas de peixes marinhos por serem caçadoras visuais (UTNE-PALM, 1999; STUART e DRAWBRIDGE, 2011; WOOLLEY *et al.*, 2014).

Para Woolley *et al.* (2014) os níveis de intensidade da luz utilizada em laboratório de cultivo, são muito mais prejudiciais do que a luz natural à qual as larvas são expostas em condições de oceano. A intensidade da luz natural e fotoperíodo são difíceis de serem manipulados para melhorar a insuflação da bexiga natatória durante curto tempo, enquanto a luz artificial permite tais manipulações para adequar às exigências de uma determinada espécie de larvas de peixe. As mudanças na intensidade da luz podem causar impacto na alimentação e na sobrevivência da larva durante o estágio inicial de desenvolvimento. Para uma espécie predadora, é necessário considerar que a biologia e o comportamento da presa são influenciados pela variação da luz (VILLAMIZAR *et al.*, 2011a). As larvas de garoupa são sensíveis à luz durante o estágio inicial do seu desenvolvimento e são geralmente mantidas em condições de escuro (RIMMER, 2000).

2.3.8. Troca d'água

A aquicultura intensiva requer altas taxas de troca de água para aumentar a diluição de oxigênio e catabólitos, conseqüentemente, a turbulência e as correntes são frequentes durante o cultivo (DIVANACH *et al.*, 1997). Segundo Sanches *et al.* (2013) o motivo para elevar a velocidade da água nos tanques de larvicultura seria a maior facilidade na limpeza dos mesmos. Uma corrente mais intensa carrega os dejetos para a saída de água, diminuindo a necessidade do trabalho de sifonagem para limpeza dos tanques. Algumas conseqüências desse sistema de cultivo em relação à velocidade da água nos tanques de larvicultura, foi atribuída por Chatain, (1994) como causadora de uma elevada incidência de lordose no robalo-europeu e no pargo-europeu, quando muitos peixes desenvolvem a lordose na forma inicial e sem a bexiga natatória estar desenvolvida. Concluiu que essa deformidade varia de acordo com as condições hidrodinâmicas do tanque onde estão estocadas as larvas.

2.3.9. Poluição sonora

Há uma crescente preocupação de que a intensidade de sons antropogênicos no ambiente marinho pode potencialmente causar impacto sobre os organismos marinhos (MCCAULEY, 2003). Muito pouco se conhece sobre o efeito do barulho no estágio inicial de desenvolvimento da vida marinha. Contudo, Soto *et al.*(2013) citam que os barulhos antropogênicos causam malformações e retardo no desenvolvimento de larvas de peixes marinhos, bem como, provocam alterações fisiológicas e comportamentais que podem causar outros efeitos como as alterações de DNA ou expressão gênica, danos irreversíveis em tecidos e órgãos vitais.

2.4. FATORES BIÓTICOS

2.4.1. Genética

Fatores genéticos subjacentes em anomalias ósseas em peixes cultivados, na maioria deles, surgem secundariamente durante programas de seleção genética visando alcançar uma rápida taxa de crescimento (BOGLIONE *et al.*, 2013b). A sintomatologia e a frequência das malformações agindo sinergicamente torna-se difícil separar as causas de muitos fatores genéticos e não-genéticos que interagem com organismos aquáticos, ficando um problema em aberto (BOGLIONE *et al.*, 2013b). As alterações de padrões genéticos para produção de peixes transgênicos possibilitam a ocorrência de deformidades em relação ao efeito da superexpressão do hormônio do crescimento (GH), levando a uma curvatura espinhal de peixes (HILSDORF *et al.*, 2014).

2.4.2. Doenças e parasitismo

Kelly *et al.* (2010) indicaram que malformações esqueléticas em peixes podem ser causadas por infecções por trematódeos. Dessa forma, apoiaram essa afirmação, demonstrando que a infecção pelo trematoda *Telogaster Opisthorchis* mais comum na Nova Zelândia é uma causa de malformação da coluna vertebral no *Galaxias anomalus*, espécie não migratória, e que o aumento da intensidade da infecção aumenta a extensão

da malformação da coluna vertebral. Situações semelhantes foram informadas por McLean *et al.* (2008) quando citaram que doenças parasitárias cujos agentes a classes diferenciadas, atingem o bijupirá *Rachycentron canadum* ao longo das fases de cultivo, podendo causar lesões em várias partes do animal, podendo levar à morte ou mesmo, deformidades na coluna vertebral.

2.4.3. Fatores nutricionais

O fator nutricional das larvas também é apontado como provável causa das morfamações esqueléticas (CAHU *et al.*, 2003), cujas deficiências proteicas, lipídicas e especificamente das vitaminas A, C e D podem ser a causa das malformações em peixes marinhos (ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2010).

A ocorrência de malformações em larvas cultivadas tem sido associada a uma nutrição desbalanceada (COBCROFT *et al.*, 2012), como ocorre em larvas de Atlantic cod *Gadus morhua* (GROTMOL *et al.*, 2005).

Okamoto *et al.* (2009) trabalhando com larvas de enguias japonesas *Anguilla japonica* cultivadas em laboratório, observaram uma alta frequência de deformidade na fase final da absorção do vitelo, isto seria possivelmente a causa para uma baixa taxa de sobrevivência.

Para Cunha *et al.* (2009) o sucesso da larvicultura depende apenas da disponibilidade de alimentos nutricionalmente adequados. Espécies cultivadas em mesocosmo, apresentam sobrevivência decorrente de uma grande variedade de presas que atendem às suas exigências nutricionais.

2.4.4. Vitamina A

As exigências de vitamina A variam para a maioria dos peixes ósseos (NUTRIAQUA, 2012). A deficiência de vitamina A leva a um retardo no crescimento das larvas, redução da visão, hemorragias na pele, exoftalmia e alterações no índice

hepatosomático (HAGA *et al.*, 2011). A maioria dos retinoides ingeridos nos alimentos dos peixes é através dos ésteres retinil que são abundantes nos copépodes ou misis.

Há alguns anos que o papel da vitamina A e sua atividade metabólica é suspeita como causadora de anormalidades esqueléticas de larvas de peixes produzidas em laboratório, que segundo Cahu *et al.* (2003) e Zambonino-Infante e Cahu, (2010), o nível de vitamina A na emulsão para enriquecimento da *Artemia* pode induzir a um aumento na concentração de vitamina A no alimento vivo, resultando em grande incidência de deformidades ósseas, provavelmente pela acelerada maturação da cartilagem, degeneração das células epifisárias da cartilagem e substituição simultaneamente rápida por osso.

Para Haga *et al.* (2011) já está bem documentado que os ovos de teleósteos possuem grande quantidade de retinoide. A maior quantidade de vitamina A encontrada no vitelo dos ovos está na forma de retinal em peixes marinhos e de água doce. Trabalhos com larvas de várias espécies marinhas tem confirmado a influência do ácido retinóico e a nutrição com vitamina A sobre vários tipos de deformidades esqueléticas (COBCROFT *et al.*, 2012).

Os retinóides reduzem a síntese de colágeno e formação óssea, o que acelera o *turnover* ósseo, causando mineralização precoce (LALL e LEWIS-MCCREA, 2007). A vitamina A tem influência sobre a proliferação e diferenciação celular, reprodução, visão, desenvolvimento embrionário, e resistência a infecções. Todavia a ingestão de largas doses causa hipervitaminose A incluindo sinais de intoxicação como a redução do crescimento, aumento da mortalidade, fígado amarelo-pálido e redução dos níveis de hematócrito e hemoglobina (POSTON *et al.*, 1965; HILTON, 1983).

O consumo de ácido retinoico em excesso aumenta a reabsorção óssea pelo aumento do número de osteoclastos, causando inibição da formação do osso e aumento do volume esquelético (HOUGH *et al.*, 1988). A toxicidade da vitamina A induz deformidades esqueléticas incluindo curvatura vertebral, compressão vertebral, fusão vertebral e deformidades na mandíbula (LEWIS-MCCREA e LALL, 2010).

2.4.5. Vitamina C

As implicações referentes às ações da vitamina C (ácido ascórbico) sobre as funções fisiológicas, em peixes foram abordadas por Cahu *et al.* (2003), como fator que promove alterações no crescimento, desenvolvimento esquelético, resistência a toxinas, estresse e imunotividade. O suprimento de ácido ascórbico na dieta é crucial para o desenvolvimento das larvas de peixes, pois a maioria das espécies são incapazes de sintetizar essa vitamina. A ausência ou a quantidade inadequada de vitamina C pode alterar seriamente o metabolismo de colágeno nos ossos e, desta maneira, provocar sérias lordoses e escolioses (CHATAIN, 1994). A deficiência de vitamina C em salmão e truta, provoca deformidades (escoliose, lordose, anormalidades na cartilagem dos olhos, brânquias e nadadeiras), hemorragias e sinais não específicos como anorexia e letargia (NRC, 2011).

2.4.6. Vitamina D

Fundamental para a regulação do metabolismo do cálcio e fósforo (DELUCA, 2004) a vitamina D age diretamente nos osteoblastos, células responsáveis pela formação e remodelação óssea (SUTTON *et al.*, 2015).

Variações na concentração ótima desta vitamina, podem desencadear graves distúrbios fisiológicos envolvidos na formação de osteoblastos maduros para a mineralização óssea, atraso na maturação do sistema digestório, comprometendo a absorção de cálcio e aparecimento de deformidades esqueléticas (DARIAS *et al.*, 2010).

Em truta (*Oncorhynchus mykiss*), o excesso de vitamina D pode causar deformidades esqueléticas pelas alterações no balanço mineral nos ossos através da excessiva mobilização de cálcio e fósforo (CHATAIN, 1994). Malformações esqueléticas também pode ser induzida por um inadequado nível de vitamina D3 na dieta (ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2010).

2.4.7. Vitamina K

A vitamina K age sinergicamente com a vitamina D, regula a formação do osso através da síntese da osteocalcina pelos osteoclastos. Enquanto a vitamina D induz a

reabsorção óssea, a vitamina K diminui a excreção de cálcio pela urina (HAMRE *et al.*, 2010).

2.4.8. Aminoácidos

A importância da disponibilização de alimentos ricos em aminoácidos para a larvicultura de peixes foi reportada por RONNESTAD *et al.*, (2003), quando consideraram que a larva de peixe tem um crescimento instantâneo quando comparado primariamente, com peixes no estágio adulto, pela deposição de proteína no músculo.

É recomendada a inclusão de proteína hidrolisada como componente da dieta das larvas de peixes, desde que eles aumentem a digestibilidade e o valor nutricional do alimento (KOLKOVSKI, 2008).

2.4.9. Lipídios e ácidos graxos

Na nutrição de larvas de peixes, os lipídios e seus constituintes ácidos graxos são provavelmente os nutrientes mais estudados (BOGLIONE *et al.*, 2013b) e podem ser divididos em diferentes classes: triacilgliceróis, ésteres céticos, fosfolipídios, esfingolipídios e esteróis. Todos contêm ácidos graxos com a exceção do colesterol. Todos os ácidos graxos podem servir como fonte de energia, mas alguns ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (PUFAs) desempenham funções essenciais no metabolismo do osso (POULSEN *et al.*, 2007). Peixes marinhos têm exigência absoluta para PUFA, como o ácido eicosapentaenoico, ácido docosaenoico e ácido araquidônico, por sendo incapazes de produzir estes ácidos graxos a partir dos seus precursores de ácido alfa-linolênico. A deficiência de ácidos graxos essenciais, induz a mortalidade, reduz a resistência ao estresse e alterações anatômicas por distúrbios nutricionais (HAMRE *et al.*, 2013).

2.4.10. Fosfolipídios

A relação entre a incidência de anormalidades esqueléticas e a dieta de lipídios tem sido amplamente estudada em larvas de peixes e juvenis (TOCHER *et al.*, 2008). Zambonino-Infante *et al.* (2010) citam que os estudos referentes ao requerimento de fosfolipídios pelas larvas iniciaram em 1981. Os fosfolipídios, constituintes das membranas celulares, são essenciais para o desenvolvimento das larvas de peixes. São indicados para prevenção de malformações esqueléticas e deformações na mandíbula. Espécies de peixes como o Atlantic herring (*Clupes harengus*), Cod (*Gadus morhua*), Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) e Plaice (*Pleuronectes platessa*) não possuem o glóbulo de óleo nos seus ovos e, conseqüentemente, apresentam altos níveis de fosfolipídios que são utilizados durante a embriogênese e no desenvolvimento inicial das larvas de peixes marinhos e de água doce (TOCHER *et al.*, 2008).

3. MORFOMETRIA

A morfometria historiada por Teixeira *et al.* (2005), tem registros desde a mais remota antiguidade, quando o homem veio desenvolvendo a sua habilidade para reproduzir as formas encontradas na natureza. Ele teve a capacidade de desenvolver e efetuar medidas relativamente seguras para ter sucesso em suas construções, medições astronômicas com finalidades religiosas e também com finalidades agrônômicas. A tentativa mais recente de padronização dos pesos e medidas data da Revolução Industrial, com a introdução na França do Sistema Métrico Decimal.

A morfometria de um modo geral pode ser definida como estudo da forma e do tamanho, e de como estas duas variáveis se relacionam entre si. Assim, constitui uma ferramenta para entender a relação destas com diversas outras variáveis, como, por exemplo idade, o sexo, ou as relações históricas entre os organismos estudados (MORAES, 2003). Embora o termo tenha aplicação ampla na ciência, o sentido em biomedicina, em última análise seria a “Atividade de medir estruturas anatômicas”, cujos resultados obtidos em pesquisas e na rotina de laboratório permitem ainda se relacionar as diferentes estruturas anatômicas com as funções (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Durante muito tempo, o termo morfometria foi utilizado de forma indiscriminada para qualquer estudo que analisava quantitativamente a variação da morfologia

encontrada nos organismos (MONTEIRO e REIS, 1999). Em uma de suas definições mais clássicas, a morfometria designa qualquer análise quantitativa da variação morfológica dos organismos (ARAÚJO *et al.*, 2012), cujos caracteres morfométricos e merísticos são mensurações lineares de todo ou parte do peixe. Essa a técnica, é provavelmente a mais utilizada nos estudos da biologia de peixes (JAYAPRAKASH, 1989).

4. CARACTERIZAÇÃO DE ESTÁGIOS LARVAIS

A definição dos diferentes estágios iniciais de desenvolvimento das espécies, foram classificadas por Eiras-Stofella e Fanta, (1991), e adaptada por Agostinho *et al.* (2003) em função do desenvolvimento da nadadeira caudal e seus elementos de suporte.

Larval vitelino - compreendido entre a eclosão e início da alimentação exógena, apresentando olho completo ou parcialmente pigmentado, abertura da boca e ânus;

Pré-flexão – vai do início da alimentação exógena até a flexão da notocorda e aparecimento dos elementos de suporte da nadadeira caudal;

Flexão – desde a flexão da notocorda, aparecimento de elementos de suporte da nadadeira caudal até a completa flexão da mesma, aparecimento do botão da nadadeira pélvica e início da segmentação dos raios das nadadeiras dorsal e anal;

Pós-flexão – caracterizado pela completa flexão da notocorda, surgimento do botão da nadadeira pélvica e início da segmentação dos raios das nadadeiras dorsal e anal até a completa formação dos raios da nadadeira peitoral e o aparecimento de escamas.

Juvenil – Exemplares que concluíram a metamorfose.

5. RELAÇÕES CORPORAIS

A transição de larvas para juvenil (metamorfose) está associada com uma mudança no crescimento alométrico ou forma, juntamente com mudanças bruscas ou graduais nos caracteres morfológicos (KUPREN *et al.*, 2015), mas algumas diferenças podem ser encontradas no tempo relativo à ontogenia (ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2010).

Observações referentes às relações corporais para o comprimento padrão, altura do corpo, comprimento de cabeça, diâmetro do olho e outras partes, foram adaptadas por NAKATANI *et al.*, (2001), padronizando critérios para citações dimensionais:

- a) Altura do Corpo (AC) em função do Comprimento Padrão (CP):
 - Corpo muito longo (AC < 10% do CP);
 - Corpo longo (AC entre 10,01 e 20% do CP);
 - Corpo moderado (AC entre 20,01 e 40% do CP);
 - Corpo alto (AC entre 40,01 e 70% do CP);
 - Corpo muito alto (AC > = 70,01 do CP).
- b) Comprimento da Cabeça (CC) em função do Comprimento Padrão (CP):
 - Cabeça pequena (CC < 20% do CP);
 - Cabeça moderada (CC entre 20,01 e 33 % CP);
 - Cabeça grande (CC ≥ 33,01 do CP).
- c) Diâmetro do Olho (DO) em função do Comprimento da Cabeça (CC):
 - Olho pequeno (DO < 25% do CC);
 - Olho moderado (DO entre 25,01 e 33% do CC);
 - Olho grande (DO ≥ 33,01 do CC).

6. CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

6.1. CARAPEBA *Eugerres brasilianus*

A espécie *Eugerres brasilianus* (CUVIER,1830) pertence à família Gerridae. É muito apreciada e conhecida nas comunidades litorâneas (CRAVEIRO *et al.*, 2013).. Tem o corpo comprimido lateralmente, cabeça pequena, focinho pontudo, boca protrátil. A reprodução ocorre normalmente na primavera e no verão. Tem hábito alimentar onívoro (EIRAS-STOFELLA e CHARVET-ALMEIDA, 2000), é a maior espécie da família Gerridae (EIRAS-STOFELLA e FANTA, 1991), alcançando mais de 40 cm (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980).

Conhecida no Brasil como carapeba, acará-tinga, carapeva, carapeba-rajada, carapeba de listra, está distribuída no Atlântico Ocidental, é um importante recurso

pesqueiro em vários países da América Latina, especialmente Brasil, Cuba e México, habita estuários, lagos e litoral (MENEZES e FIGUEIREDO, 1980; NELSON, 2006; BORDIN *et al.*, 2007) considerada com uma espécie potencial para cultivo em cativeiro (CAVALLI e HAMILTON, 2009), com possibilidade de serem utilizadas em policultivos em viveiros (CAVALLI e HAMILTON, 2007).

Figura 1. Carapeba (*Eugerres brasilianus*)



Fonte: www.fishbase.org

6.2. BIJUPIRÁ, *Rachycentron canadum*

Único representante da Família Rachycentridae, o bijupirá *Rachycentron canadum* (LINNAEUS, 1766), é uma espécie pelágica, migratória, porte médio a grande, atinge mais de 60Kg e 2 metros de comprimento (FIGUEIREDO e MENEZES 2000; MCLEAN *et al.*, 2008). No Brasil, o bijupirá está presente em todo o litoral, incluindo o aquípélago de Trindade (MENEZES *et al.*, 2003).

A morfologia da espécie é descrita por SHAFFER e NAKAMURA (1989) como indivíduos de corpo alongado, fusiforme, cabeça muito longa, deprimida, focinho largo, boca terminal moderada, mandíbula inferior projetada saliente e grande, com dentes viliformes nas garras, no céu da boca e na língua, escamas pequenas, 7 – 9 espinhas dorsais depressível em um sulco e ausência de bexiga natatória.

Possui cor marrom-escura no dorso, marrom claro nos lados e abaixo, uma faixa preta lateral na largura do olho, estendendo-se do focinho à base da caudal, mais evidente

no juvenil, limitada acima e abaixo por faixas mais claras anal e manchas cinzas ou escuras e superfície ventral branco acinzentado (SHAFFER e NAKAMURA, 1989).

Figura 2. Bijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Autor

A primeira maturação ocorre próximos dos 52 cm e dois anos para machos e 69,6 cm e três anos para fêmeas (SCHWARZ, *et al.*, 2007). Em regiões subtropicais a reprodução ocorre nos meses de verão, enquanto em latitudes mais baixas o período de desova pode ser mais estendido (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). É precoce em cativeiro, possibilitando obter desovas de indivíduos com menos de dois anos de vida (HOLT *et al.*, 2007). Esta espécie se adapta bem ao confinamento e às dietas comerciais disponíveis (SCHWARZ, 2003).

6.3. GAROUPA - *Epinephelus marginatus*

Espécie da família Serranidae, a garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*, LOWE, 1834), apresenta uma ampla distribuição geográfica com ocorrência no Mar Mediterrâneo, e ao longo do oceano Atlântico, desde a costa das ilhas Britânicas até o Sul da África (GLAMUZINA *et al.*, 1998), no Brasil sua ocorrência estende-se pela costa Sudeste-Sul (FIGUEIREDO e MENEZES, 2000).

Figura 3. Garoupa (*Epinephelus marginatus*)



Fonte: www.fishbase.org

A garoupa verdadeira é hermafrodita protogínica, ou seja, matura como fêmea com 38 cm e 2,5 Kg (± 5 anos de idade) e em determinado momento de sua vida, com aproximadamente 11,0 Kg e 57 cm (± 7 anos de idade) sofre inversão sexual, tornando-se macho (CUNHA *et al.*, 2013). A mudança de sexo é sócio-demograficamente controlada.

O período de agregação e desova é bem definido e torna as garoupas suscetíveis à sobrepesca (WHAYLEN *et al.*, 2004). No Brasil esta espécie está incluída na lista de peixes marinhos sobre-explotados ou ameaçados (MMA, 2014) e na lista vermelha da “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” (IUCN, 2012), como espécie ameaçada. A pesca da garoupa e de outras espécies ameaçadas foi retomada pela derrubada da Portaria 445 de 17/12/2014 do MMA.

É considerada por Sanches *et al.*, (2006) como de significativa importância econômica devido a um elevado valor de mercado e pelo grande interesse dos pescadores esportivos e turismo subaquático.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; *et al.* Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação (CD-ROM). 1a Edição ed. Maringá, PR, 2003.

ANDRADES, J.; BECERRA, J.; FERNANDEZ-LLEBREZ, P. Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, v. 141, p. 1–11, 1996.

ARA, R.; AMIN, S. M. N.; MAZLAN, A. G.; ARSHAD, A. Morphometric variation among six families of larval fishes in the seagrass-mangrove ecosystem of *Gelang patah*, Johor, Malaysia. *Asian Journal of animal and Veterinary Advances*, v. 8, n. February, p. 247–256, 2013.

ARAÚJO, A. S. DE; LIMA, L. T. B. DE; NASCIMENTO, W. S. DA; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Características morfológicas-morfológicas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triplophysa angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amazônia*, v. 2, p. 59–73, 2012.

ARBUATTI, A.; SALDA, L. DELLA; ROMANUCCI, M. Spinal deformities in a wild line of *Poecilia wingei* bred in captivity: report of cases and review of the literature. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 3, n. 3, p. 186–190, 2013.

AVERY, T. S.; KILLEN, S. S.; HOLLINGER, T. R. The relationship of embryonic development, mortality, hatching success, and larval quality to normal or abnormal early embryonic cleavage in Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, v. 289, n. 3-4, p. 265–273, 2009.

BALDISSEROTO, B.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce. Jaboticabal, FUNEP, UNESP. 336 p. 2014.

BARROS, B.; SAKAI, Y.; PEREIRA, P. H. C.; GASSET, E.; BUCHET, V.; MAAMAATUAI AHUTAPU, M.; READY, J. S.; OLICEIRA, Y.; GIARRIZZO, T.;

VALLINOTO, M. Comparative allometric growth of the mimetic ehippid reef fishes *Chaetodipterus faber* and *Platax orbicularis*. *Plos One*, p. 1–16, 2015.

- BASARAN, F.; OZBILGIN, H.; OZBILGIN, Y. D. Effect of lordosis on the swimming performance of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Aquaculture Research*, v. 38, p. 870–876, 2007.
- BERGE, G. M.; WITTEN, P. E.; BAEVERFJORD, G.; VEGUSDAL, A.; WADSWORTH, S.; RUYTER, B. Diets with different n-6/n-3 fatty acid ratio in diets for juvenile *Atlantic salmon*, effects on growth, body composition, bone development and eicosanoid production. *Aquaculture*, v. 296, n. 3-4, p. 299–308, 2009.
- BEZERRA, R. DE S.; VIEIRA, V. L. A.; SANTOS, A. J. G. Ciclo Reprodutivo da Carapeba Prateada *Diapterus Rhombeus* (Cuvier, 1829) no litoral de Pernambuco - Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 29, n. L, p. 67–78, 2001.
- BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; NAKA. Caracterização morfológica e distribuição temporal de larvas e juvenis de *Apareiodon affinis* (Steindachner) (Osteichthyes, parodontidae) no alto rio Paraná, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 15, n. 4, p. 1037–1047, 1998.
- BOGLINO, A.; WISHKERMAN, A.; DARIAS, M. J.; IGLESIA, P.; ESTÉVEZ, A.; ANDREE, K. B.; GISBERT, E. The effects of dietary arachidonic acid on *Senegalese sole* morphogenesis: A synthesis of recent findings. *Aquaculture*, v. p, p. 10, 2014.
- BOGLIONE, C.; GAGLIARDI, F.; SCARDI, M.; CATAUDELLA, S. Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L. 1758). *Aquaculture*, v. 192, p. 1–22, 2001.
- BOGLIONE, C.; GAVAIA, P.; KOUMOUNDOUROS, G.; GISBERT, E.; MOREN, M.; FONTAGNÉ, S.; WITTEN, P. E. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 1: normal and anomalous skeletogenic processes. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. 99–120, 2013.
- BOGLIONE, C.; GISBERT, E.; GAVAIA, P.; WITTEN, P. E.; MOREN, M.;

KOUMOUNDOUROS, G. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. 121–167, 2013.

BOGLIONE, C.; MARINO, G.; GIGANTI, M.; LONGOBARDI, A.; DE MARZI, P.; CATAUDELLA, S. Skeletal anomalies in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) juveniles reared with different methodologies and larval densities. *Aquaculture*, v. 291, n. 1-2, p. 48–60, 2009.

BOGLIONE, C.; PULCINI, D.; SCARDI, M.; PALAMARA, E.; RUSSO, T.; CATAUDELLA, S. Skeletal anomaly monitoring in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) reared under different conditions. *Plos One*, v. 9, n. 5, 2014.

BONNET, E.; FOSTIER, A.; BOBE, J. Characterization of rainbow trout egg quality: A case study using four different breeding protocols, with emphasis on the incidence of embryonic malformations. *Theriogenology*, v. 67, p. 786–794, 2007.

BORDIN, D.; COSTA, M. D. P.; DUARTE, L.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M.; SPACH, H. L. Estágios iniciais do ciclo de vida de Gerridae ocorrentes em duas praias estuarinas do litoral de Santa Catarina (Baía da Babitonga, São Francisco do Sul). *Sociedade de Ecologia do Brasil*, p. 23–24, 2007.

BOZZANO, A.; PANKHURST, P. M.; SABATÉS, A. Early development of eye and retina in lanternfish larvae. *Visual Neuroscience*, v. 24, p. 423–436, 2007.

BROWN, C. A.; GOTHREAUX, C. T.; GREEN, C. C. Effects of temperature and salinity during incubation on hatching and yolk utilization of Gulf killifish *Fundulus grandis* embryos. *Aquaculture*, v. p., p. 1–5, 2011.

CAHU, C.; ZAMBONINO INFANTE, J.; TAKEUCHI, T. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, v. 227, n. 1-4, p. 245–258, 2003.

CAVALLI, R. O.; DOMINGUES, E. D. C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios Development of

open ocean marine fish farming in Brazil: possibilities and constraints. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 155–164, 2011.

CAVALLI, R. O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. *Revista Brasileira Reprodução animal*, v. 6, p. 64–69, 2009.

CAVALLI, R.O. e HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil: Afinal, quais as espécies boas para cultivar? *Revista Panorama da Aquicultura*, 17: 50-55. 2007.

CHATAIN, B. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture*, v. 119, p. 371–379, 1994.

CHATAIN, B.; GUSCHEMANN, N. O. Improved rate of initial swim bladder inflation in intensively reared *Sparus auratus*. *Aquaculture*, v. 84, p. 345–353, 1990.

COBCROFT, J. M.; BATTAGLENE, S. C. Jaw malformation in striped trumpeter *Latris lineata* larvae linked to walling behaviour and tank colour. *Aquaculture*, v. 289, n. 3-4, p. 274–282, 2009.

COBCROFT, J. M.; PANKHURST, P. M.; SADLER, J.; HART, P. R. Jaw development and malformation in cultured striped trumpeter *Latris lineata*. *Aquaculture*, v. 199, p. 267–282, 2001.

COBCROFT, J. M.; SHU-CHIEN, A. C.; KUAH, M.-K.; JAYA-RAM, A.; BATTAGLENE, S. C. The effects of tank colour, live food enrichment and greenwater on the early onset of jaw malformation in striped trumpeter larvae. *Aquaculture*, v. 356-357, p. 61–72, 2012.

COSTA, W. DE M.; CARVALHO, C. V. A. DE; PASSINI, G.; TELES, A.; CERQUEIRA, V. R. First feeding of *Eugerres brasiliensis* (Carapeva) larvae with *Acartia tonsa* (Copepod) nauplii increases survival and resistance to acute stress. *Boletim da Indústria Animal*, v. 72, p. 277–283, 2015.

CRUZ-AGÜERO, J. D. E. L. A.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J.; CRUZ-AGÜERO, G. D. E. L. A.; DÍAZ-MURILLO, B. P. Identification of Gerridae species (Actinopterygii:

Perciformes: Gerridae) from the Pacific coast of Mexico Based on Sagittal Otolith morphology analysis. *Acta Ictthyologica et piscatoria*, v. 42, p. 297–306, 2012.

CUNHA, M. E.; QUENTAL, H.; BARRADAS, A.; CABRITA, E.; ENGROLA, S. Rearing larvae of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), (Pisces: Serranidae) in a semi-extensive mesocosm. *Scientia Marina*, p. 201–202, 2009.

CUNHA, M. E.; FERREIRA, H.Q., GAVAIA, P. J.; POUSÃO-FERREIRA, P.; Larval and juvenile development of dusky grouper *Epinephelus marginatus* reared in mesocosms. *Journal of Fish Biology* *Journal of Fish Biology*. v 83, p. 448-465, 2013.

DAS, T.; PAL, A. K.; CHAKRABORTY, S. K.; MANUSH, S. M.; DALVI, R. S. Thermal dependence of embryonic development and hatching rate in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *Aquaculture*, v. 255, p. 536–541, 2006.

DIONÍSIO, G.; CAMPOS, C.; VALENTE, L. M. P.; CONCEIÇÃO, L. E. C.;

CANELA, M. L.; GAVAIA, P. J. Effect of egg incubation temperature on the occurrence of skeletal deformities in *Solea senegalensis*. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 28, p. 471–476, 2012.

DIVANACH, P.; PAPANDROULAKIS, N.; ANASTASIADIS, P. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus Labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, v. 156, p. 145–155, 1997.

EIRAS-STOFELLA, D. R.; FANTA, E. Ontogenesis of *Eugerres brasiliensis* (Cuvier, 1830) (Pisces- Gerridae) obtained by fertilation “in vitro”. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, p. 21–35, 1991.

FAO. The State of World Fisheries and aquaculture. Rome, 2016.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2014.

- FERRAZ, E. DE M.; PETERSEN, R. L.; PASSINI, G.; CERQUEIRA, V. R. Híbridos Recíprocos obtidos por cruzamentos entre os robalos *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*. Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53–61, 2013.
- FERRAZ, E. DE M.; TELES, A.; FLORINDO, I., I.; CERQUEIRA, V. R. Avaliação de larvas de Robalo-peva, *Centropomus parallelus*, em sistemas de larvicultura. 2009.
- FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 111 p., 2000.
- FINN, R. N. The physiology and toxicology of salmonid eggs and larvae in relation to water quality criteria. Aquatic Toxicology, v. 81, n. 0166, p. 337–354, 2007.
- GAVAIA, P. J.; DINIS, M. T.; CANCELA, M. L. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). Aquaculture, v. 211, n. 1, p. 305–323, 2002.
- GLAMUZINA, B.; SKARAMUCA, B.; KOZUL, V.; DULCIC, J.; KRALJEVIC, M. Egg and early larval development of laboratory reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae). Scientia Marina, v. 62, n. 4, p. 373–378, 1998.
- GONZÁLEZ-ACOSTA, A. F.; CRUZ-AGÜERO, J. DE; CASTRO-AGUIRRE, J. L. A review of the marine western atlantic species of the Genus *Eugerres* (Perciformes: Gerridae). Bulletin of Marine Science, v. 80, n. 1, p. 109–124, 2007.
- GRAY, R. S.; WILM, T. P.; SMITH, J.; BAGNAT, M.; DALE, R. M.; TOPCZEWSKI, J.; JOHNSON, S. L.; SOLNICA-KREZEL, L. Loss of col8a1a function during zebrafish embryogenesis results in congenital vertebral malformations. Developmental biology, v. 386, n. 1, p. 72–85, 2014.
- GROTMOL, S.; KRYVI, H.; TOTLAND, G. K. Deformation of the notochord by pressure from the swim bladder may cause malformation of the vertebral column in

cultured Atlantic cod *Gadus morhua* larvae: a case study. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 65, p. 121–128, 2005.

GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; VELOSO-JÚNIOR, V. C.; SALES, N. G.; OLIVEIRA, D. A. A.; SANTOS, J. E. Allometric growth patterns in hatchery-reared larvae of the catfish *Lophosilurus alexandri* (Pisces: Pseudopimelodidae). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, v. 66, p. 284–288, 2014.

HAGA, Y.; DU, S.-J.; SATOH, S.; KOTANI, T.; FUSHIMI, H.; TAKEUCHI, TOSHIO. Analysis of the mechanism of skeletal deformity in fish larvae using a vitamin A-induced bone deformity model. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 26–33, 2011.

HAMRE, K.; KROSSÖY, C.; LOCK, E.; MOREN, M.; HAMRE, K.; KROSSÖY, C.; LOCK, E.; MOREN, M. Roles of lipid-soluble vitamins during ontogeny of marine fish larvae. *Aquaculture Research*, v 41. p. 745-750. 2010.

HAMRE, K.; YÚFERA, M.; RØNNESTAD, I.; BOGLIONE, C.; CONCEIÇÃO, LUIS E. C.; IZQUIERDO, M. Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. S26–S58, 2013.

HAN, D.; XIE, S.; LEI, W.; ZHU, X.; YANG, Y. Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). *Aquaculture*, v. 248, n. 1-4, p. 299–306, 2005.

HATTORI, M.; SAWADA, Y.; KURATA, M.; YAMAMOTO, S.; KATO, K. Oxygen deficiency during somitogenesis causes centrum defects in red sea bream, *Pagrus major* (Temminck et Schlege). *Aquaculture Research*, v. 35, p. 850–858, 2004.

HILSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G.; MARTINS, L. F. *Biologia e fisiologia de peixes de água doce - Capítulo 3: Genética dos processos fisiológicos*. 2014.

HILTON, J.W. Hypervitaminosis-A in rainbow-trout (*Salmo-gairdneri*) - toxicity signs and maximum tolerable level. *Journal of Nutrition*. v. 113, p. 1737-1745, 1983.

HOUGH, S.; AVIOLI, L. V.; MUIR, H.; et al. Effects of hypervitaminosis A on the bone and mineral metabolism of the rat. *Endocrinology*, v. 122, n. 6, p. 2933–2939, 1988.

IMANPOOR, M. R.; ABDOLLAHI, M. Effects of tank color on growth, stress response and skin color of juvenile Caspian Kutum *Rutilus frisii* Kutum. *Global Veterinária*, v. 6, n. 2, p. 118–125, 2011.

IUCN-International Union for Conservation of Nature and Natural Resources - IUCN, The IUCN Red List of Threatened Species.2012, acesso em 08 de setembro de 2016, www.iucnredlist.org/.

JAYAPRAKASH, A. A. Morphometric and meristic characters of fishes. Central Marine Fisheries Research Institute, p. 1–11, 1989.

KARACHLE, P. K.; STERGIU, K. I. Morphometrics and allometry in fishes. In: P. C. Wahl (Ed.); *Morphometrics*. p.65–86, 2012.

KAYIM, M.; CAN, E.; GÜNER, Y. Is it possible to transform Hatchery-Reared Abnormal Juveniles of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.1758) into Normal Individuals? *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 5, p. 327–338, 2010.

KELLY, D. W.; THOMAS, H.; THIELTGES, D. W.; POULIN, R.; TOMPKINS, D. M. Trematode infection causes malformations and population effects in a declining New Zealand fish. *The Journal of animal ecology*, v. 79, n. 2, p. 445–52, 2010.

KOLKOVSKI, S. Advances in marine fish larvae diets. *Avances en Nutrición Acuicola IX*, p. 20–45, 2008.

KOUMOUNDOUROS, G.; ORAN, G.; DIVANACH, P.; KENTOURI, M. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus auratus* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture*, v. 156, p. 165–177, 1997.

- KERBER, C. E.; SILVA, H. K. A.; SANTOS, P. A. DOS; SANCHES, E. G.
Reproduction and Larviculture of Dusky Grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) in Brazil. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v. 2, p. 229–234, 2012.
- KUPREN, K.; NOWOSAD, J.; ŻARSKI, D.; TARGOŃSKA, K.;
HAKUĆBLAZOWSKA, A.; KUCHARCZYK, A. Early development and allometric growth in laboratory-reared european chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 398, p. 391–398, 2015.
- KUPREN, K.; TRABSKA, I.; ZARSKI, D.; KREJSZEFF, S.; KUCHARCZYK, D.;
PALINSKA-ZARSKA, K. Early development and allometric growth patterns in turbot *Lota lota* L. *Aquacult Int*, p. 29–39, 2014.
- KUROKAWA, T.; OKAMOTO, T.; GEN, K.; UJI, S.; MURASHITA, K.; UNUMA, T.; NOMURA, K.; MATSUBARA, H.; KIM, S. –K.; OHTA, H.; TANAKA, H.
Influence of water temperature on morphological deformities in cultured larvae of japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 39, n. 6, p. 726–735, 2008.
- LAGLER, K. F.; BARDACH, J. E.; MILLER, R. R.; PASSINO, D. R. M. *Ictiología*.
Primera Ed ed. México, 1984.
- LEWIS-MCCREA, B. L. M.; LALL, S. P. Effects of phosphorus and vitamin C deficiency, vitamin A toxicity, and lipid peroxidation on skeletal abnormalities in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Journal of Applied Ichthyology*, v. 26, p. 334–343, 2010.
- LIN, J. H.-Y.; CHEN, T.-Y.; CHEN, M.-S.; CHEN, H.-E.; CHOU, R.-L.; CHEN, T.-I.; SU, M.-S.; YANG, H.-L. Vaccination with three inactivated pathogens of cobia (*Rachycentron canadum*) stimulates protective immunity. *Aquaculture*, v. 255, n. 1-4, p. 125–132, 2006.
- LIN, Q.; LIN, J.; HUANG, L. Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. *Aquaculture*, v. 298, n. 1-2, p. 157–161, 2009.

- LIN, Q.; LU, J.; GAO, Y.; SHEN, L.; CAI, J.; LUO, JUNNING. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, v. 254, p. 701–713, 2006.
- MAZURAS, D.; DARIAS, M.; ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Transcriptomics for understanding marine fish larval development. *Revue Canadienne de Zoologie*, v. 89, p. 599–611, 2011.
- MCCAULEY, R. D. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *J. Acoustical Society of America*, v. 113, n. January, p. 638–642, 2003.
- MCLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S. R. Parasites, diseases and deformities of cobia. *Coden Ribaeg*, v. 66, n. 1, p. 1–16, 2008.
- MENDES, P. DE P. *Estatística aplicada a Aquicultura*. Recife, 1999.
- MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L. DE; MOURA, R. L. DE. *Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil*. 2003.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. *Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil IV. Teleostei*. 3a ed. São Paulo: Museu de Zoologia /USP, 1980.
- MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. DOS. *Princípios de Morfometria Geométrica*. 1a edição ed. Ribeirão Preto - SP, 1999.
- MORAES, D. A. DE. A Morfometria Geométrica e a “Revolução na Morfometria” localizando visualmente mudanças na forma dos organismos. *Bioletim*, v. Ano III, N, p. 1–5, 2003.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. *Ovos e larvas de peixes de água doce - Desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá, PR. Brasil: EDUEM, 2001.
- NELSON, J. S. *Fishes of the world*. 4 th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.

NRC – National Research Council of the National Academies. Nutrient requirements of fish and shrimp / Committee on the Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, Board on Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies. The National Academies Press, Washington, D.C., 376 p., 2011

NUTRIAQUA. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis – Sociedades Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p., 2012.

OKAMOTO, T.; KUROKAWA, T.; GEN, K.; MURASHITA, K.; NOMURA, K.; KIM, S.-K.; MATSUBARA, H.; OHTA, H.; TANAKA, H. Influence of salinity on morphological deformities in cultured larvae of Japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. *Aquaculture*, v. 293, n. 1-2, p. 113–118, 2009.

PASSINI, G.; VAZ, C.; CARVALHO, A. DE; COSTA, W. D. M.; CERQUEIRA, V. R. Indução hormonal da desova da Carapeva *Eugerres brasilianus* em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 39, n. 4, p. 433–438, 2013.

PEREGRINO JR., R. B.; HAMILTON, S.; DOMINGUES, E. C.; CAVALLI, R. O. Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, p. 681–687, 2014.

PEREIRA, L. A.; ROCHA, R. M. DA. A maricultura e as bases econômicas, social e ambiental que determinam seu desenvolvimento e sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, v. XVIII, p. 41–54, 2015.

PETEREIT, C.; HASLOB, H.; KRAUS, G.; CLEMMESSEN, C. The influence of temperature on the development of Baltic Sea sprat (*Sprattus sprattus*) eggs and yolk sac larvae. *Mar Biol* 154, p. 295–306, 2008.

POULSEN, R. C.; MOUGHAN, P. J.; KRUGER, M. C. Long-Chain polyunsaturated fatty acids and the regulation of bone metabolism. *Experimental Biology and Medicine*, p. 1275–1288, 2007.

PRESTINICOLA, L.; BOGLIONE, C.; CATAUDELLA, S. Relationship between uninflated swim bladder and skeletal anomalies in reared gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 2014.

PROCHAZKA, E. Incidence of malformations in fish embryos/larvae (review). Smart Water Research Facility, Griffith University, p. 1–11, 2009.

RIBEIRO, C. A. DE O.; REIS FILHO, H. S. DOS; GRÖTZERNER, S. R. Técnicas e Métodos para Utilização Prática em Microscopia. 2014.

RIMMER, M. A. Review of grouper hatchery technology. SPC Live Reef Fish Informaiton Bulletin, v. 7, n. May, p. 14–19, 2000.

ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. DE A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. DAS D. F. DA. Relações entre características de crescimento no curimbatá (*Prochilodus lineatus*), considerando as famílias de meio-irmãos maternos. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v. 8, n. 2, p. 113–116, 2015.

RONNESTAD, I.; TONHEIM, S. K.; FYHN, H. J.; KAMISAKA, Y.; KOVEN, W.; FINN, R. N.; TERJESEN, B.F.; BARR, Y.; CONCEIÇÃO, L.E.C. The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. *Aquaculture*, v. 227, p. 147–164, 2003.

RONNESTAD, I.; YÚFERA, M.; UEBERSCHÄR, B.; RIBEIRO, L.; SÆLE, O.; BOGLIONE, C. Feeding behaviour and digestion physiology in larval fish - current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. S59–S98, 2013.

ROO, J.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, H.; HERNÁNDEZ-CRUZ, C. M.; MESA-RODRIGUEZ, A.; SHHUCHARDT, D.; IZQUIERDO, M First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *Seriola rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine finfish aquaculture diversification. *Aquaculture Research*, p. 1–12, 2012.

RUSSO, T.; BOGLIONE, C.; MARZI, P.; CATAUDELLA, S. Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-

intensive conditions: A contribution addressing the domestication of this species. *Aquaculture*, v. 289, n. 3-4, p. 289–296, 2009.

RUSSO, T.; SCARDI, M.; BOGLIONE, C.; CATAUDELLA, S. Application of the Self-Organizing Map to the study of skeletal anomalies in aquaculture: The case of dusky grouper (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834) juveniles reared under different rearing conditions. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 69–77, 2011.

SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 269, p. 187–196, 2002.

SAMPAIO, L. A.; FREITAS, L. S.; OKAMOTO, M. H.; LOUZADA, L. R.; RODRIGUES, R.V.; ROBALDO, R. B. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement. *Aquaculture*, v. 262, p. 340–346, 2007.

SANCHES, E. G.; COSTA, S. F. DA; HERRERA, L. A. Anormalidades Esqueléticas em Meros. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 41, n. 1, p. 191–198, 2015.

SANCHES, E. G.; HENRIQUES, M. B.; FAGUNDES, L.; SILVA, A. A. Viabilidade Econômica do Cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, Região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, v. 36, p. 15–25, 2006.

SANCHES, E. G.; MELLO, G. L. DE; JUNIOR, H. A. Primeira ocorrência de malformação na coluna vertebral em juvenis de Robalo-flecha. *Boletim Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 39, n. 1, p. 77–83, 2013.

SANCHES, E. G.; VOM SECKENDORFF, R. W. Grouper culture in Brazil. *Marine Finfish Aquaculture Network*, v. XIV, n. 3, p. 2, 2009.

SÁNCHEZ, R. C.; OBREGÓN, E. B.; RAUCO, M. R. Hypoxia is like an ethiological factor in vertebral column deformity of salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 316, n. 1-4, p. 13–19, 2011.

SCHWARZ, M.H. Marine finfish larviculture. *Aquaculture Magazine*, p.1-3, 2003.

- SCHWARZ, M.H.; CRAIG, S. R.; MCLEAN, E.; SAMPAIO, L. A. Research-industry links assist cobia farming production. *Global Aquaculture Advocate*, p. 56-58, 2007.
- SHAFFER, R. V.; NAKAMURA, E. L. Synopsis of Biological Data on the Cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). 1989.
- SMALL, C.; BATES, D. Effect of low-temperature incubation of channel catfish *Ictalurus punctatus* eggs on development, survival, and growth. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 32, n. 2, p. 189–194, 2001.
- SMITH, D. G.; WILBURN, C.; MCCARTHY, R. A. Methoprene photolytic compounds disrupt zebrafish development, producing phenocopies of mutants in the sonic hedgehog signaling pathway. *Marine Biotechnology*, v. 5, n. 2, p. 201–212, 2003.
- SOTO, N. A. DE; DELORME, N.; ATKINS, J.; et al. Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Scientific reports*, v. 3, p. 2831, 2013.
- STUART, K. R.; DRAWBRIDGE, M. The effect of light intensity and green water on survival and growth of cultured larval California yellowtail (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, v. 321, n. 1-2, p. 152–156, 2011.
- SUMMERFELT, ROBERT C. KESTEMONT, PATRICK DABROWSKI, K. Biology and culture of percid fishes - Principles and Practices. New York: Springer, 2013.
- TAKLE, H.; BAEVERFJORD, G.; LUNDE, M.; KOLSTAD, K.; ANDERSEN, Ø. The effect of heat and cold exposure on HSP70 expression and development of deformities during embryogenesis of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 249, n. 1-4, p. 515–524, 2005.
- TEIXEIRA, B.; ACAUAN, R. C.; KREMER, L. P.; SOUZA, R.; VOLPI, A. Cultivo experimental de Carapeba (*Diapterus rhombeus*) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, SC., 2013. Instituto Federal de Santa Catarina.

TEIXEIRA, V. P. A.; PEREIRA, S. A. L.; RODRIGUES, D. B. R.; JÚNIOR, R. S. L.; OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, E. C. C.; REIS, M. A. Princípios básicos e aplicações da morfometria, 2005.

TOCHER, D. R.; BENDIKSEN, E. Å.; CAMPBELL, P. J.; BELL, J. G. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, v. 280, n. 1-4, p. 21–34, 2008.

TORRES-SILVA, C. M. Caracterização dos aspectos reprodutivos e desenvolvimento larval da carapeba listrada *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830), 2015. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

UTNE-PALM, A. C. The effect of prey mobility, prey contrast, turbidity and spectral composition on the reaction distance of *Gobiusculus flavescens* to its planktonic prey. *Journal of Fish Biology*, v. 54, p. 1244–1258, 1999.

VILLAMIZAR, N.; BLANCO-VIVES, B.; MIGAUD, H.; DAVIE, A.; CARBONI, S.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: A review. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 86–94, 2011.

VILLAMIZAR, N.; GARCÍA-MATEOS, G.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Behavioral responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and *Artemia* sp. exposed to constant light or darkness vs. light / dark cycles of white, red or blue wavelengths. *Aquaculture*, v. 317, n. 1-4, p. 197–202, 2011.

WHAYLEN, L.; PATTENGILL-SEMMENS, C. V.; SEMMENS, B. X.; BUSH, P. G.; BOARDMAN, M. R. Observations of a Nassau grouper, *Epinephelus striatus*, spawning aggregation site in Little Cayman, Cayman Islands, including multi-species spawning information. *Environmental Biology of Fishes*, n. Allee 1931, p. 305–313, 2004.

WITTEN, P. E.; HANSEN, A.; HALL, B. K. Features of mono-and multinucleated bone resorbing cells of the Zebrafish *Danio rerio* and their contribution to skeletal

development, remodeling, and growth. *Journal of Morphology*, v. 207, p. 197–207, 2001.

WITTEN, P. E.; HUYSSEUNE, A. A comparative view on mechanisms and functions of skeletal remodelling in teleost fish, with special emphasis on osteoclasts and their function. *Biological Reviews*, v. 84, p. 315–346, 2009.

WOOLLEY, L. D.; FIELDER, D. S.; QIN, J. G. Swimbladder inflation, growth and survival of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833) larvae under different temperature, light and oxygen conditions. *Aquaculture Research*, v. 45, n. 9, p. 1489–1498, 2014.

WOOLLEY, L. D.; QIN, J. G. Swimbladder inflation and its implication to the culture of marine finfish larvae. *Reviews in Aquaculture*, v. 2, p. 181–190, 2010.

YTTEBORG, E.; TORGERSEN, J.; BAEVERFJORD, G.; TAKLE, H. The Atlantic Salmon (*Salmo salar*) vertebra and cellular pathways to vertebral deformities. *Health and Environment in Aquaculture*. p.329–358, 2009.

ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Effect of nutrition on marine fish development and quality. *Recent advances in aquaculture research*, p. 103–124, 2010.

ZHU, C.; WANG, Z.; YAN, B. Strategies for hypoxia adaptation in fish species: a review. *J Comp Physiol B*, p. 9, 2013.

CAPÍTULO 1

**Desvios na coluna vertebral em juvenis de garoupa verdadeira
(*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834)**

Desvios na coluna vertebral em juvenis de garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834)

RESUMO

A garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus* é uma espécie de serranídeo do Atlântico com grande importância comercial, elevado potencial para cultivo em cativeiro e atualmente encontra-se sobrexplotada. O objetivo deste trabalho foi relatar a ocorrência de anomalias esqueléticas em garoupas produzidas em laboratório. No verão de 2014 foi realizada a reprodução desta espécie no laboratório do Instituto de Pesca em Ubatuba-SP, a partir de exemplares mantidos em cativeiro. Após a larvicultura foram identificados exemplares com malformações do esqueleto, apresentando desvios de eixos ventrais, laterais e dorsais. A escoliose, lordose e cifose, foram as deformidades mais frequentes, atingindo 90% dos exemplares coletados, cuja incidência dessas deformidades variou de 7 a 12 por juvenil, sendo necessários ajustes nos protocolos de reprodução e larvicultura, a fim de minimizar a ocorrência de malformações e os impactos econômicos na produção de juvenis.

Palavras-chave: Deformidades esqueléticas, malformações, piscicultura

Deviations in the spine of juveniles *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834)

ABSTRACT

The *Epinephelus marginatus* is an Atlantic Seranid species of major economic importance and high potential for cultivation in captivity and currently finds itself over-exploited. The objective of this study was to report on the occurrence of skeletal abnormalities in *Epinephelus marginatus* produced in laboratories. In the summer of 2014, reproduction of this species was performed in the laboratory of the Fishing Institute in Ubatuba-SP (Instituto de Pesca em Ubatuba-SP), from samples maintained in captivity. After the larviculture, samples with skeletal malformations were identified on the ventral, lateral and dorsal axes. Scoliosis, lordose and kyphosis were the most frequent deformities, afflicting 90% of the samples collected and the incidence of these deformities varied from 7 to 12 per juvenile, and adjustments in the reproduction and larviculture protocols were necessary in order to minimize the occurrence of malformations and the economic impacts of the production of juveniles.

Key Words: Skeletal deformities, malformations, fish farming

INTRODUÇÃO

A garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) é uma espécie da família Serranidae que apresenta ampla distribuição geográfica com ocorrência no Mar Mediterrâneo e oceano Atlântico (GLAMUZINA et al., 1998). No Brasil sua ocorrência estende-se pela costa Sudeste-Sul (MENEZES; FIGUEIREDO, 1980). É uma espécie hermafrodita protogínica, de crescimento lento e maturação tardia. O período de desova bem definido, torna os serranídeos muito suscetíveis à sobrepesca (WHAYLEN et al., 2004). A garoupa verdadeira encontra-se incluída na lista vermelha da “International Union for Conservation of Nature and Natural Resources” (IUCN, 2012), e no Brasil, na lista de peixes marinhos sobre-explotados ou ameaçados (RODRIGUES FILHO et al., 2009), por causa da importância econômica, elevado valor de mercado e grande interesse dos pescadores esportivos e turismo subaquático (SANCHES et al., 2006).

Embora já se tenha disponível na literatura científica um razoável conhecimento sobre a biologia da garoupa verdadeira, existem algumas lacunas que estão entre os fatores limitantes para a implantação de cultivos para a reprodução, larvicultura e criação desta espécie (SANCHES e VON SECKENDORFF, 2009; RAMOS et al., 2012).

A produção de peixes marinhos através da aquicultura é dependente do fornecimento confiável de juvenis de alta qualidade. Um fator determinante da qualidade dos juvenis é a incidência de malformações esqueléticas (COBCROFT et al., 2012) que afetam a larvicultura marinha com efeito sobre os custos de produção (KAYIM et al., 2010). A presença de anomalias esqueléticas em teleósteos cultivados é um problema comum na aquicultura mundial (BOGLIONE et al., 2013b), afetando a larvicultura de espécies marinhas consolidadas para a aquicultura como salmão, robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) e pargo (*Sparus aurata* L.), de forma que 50-60% dos juvenis de laboratórios apresentam no mínimo uma severa e detectável malformação (RUSSO et al., 2009) e representa tanto um desafio ético quanto econômico para a indústria (TAKLE et al., 2005).

Deformidades como a lordose, escoliose, cifose e fusão de corpos vertebrais são patologias que envolvem a absorção e remodelagem óssea em resposta a uma carga mecânica (SANCHES et al., 2015) sofrida na fase embrionária e larval (KOUMOUNDOUROS et al., 1997; GAVAIA et al., 2002), muitas vezes correlacionado

ao inadequado hidrodinamismo dentro dos tanques de cultivo e ao esforço natatório em função da velocidade da corrente (DIVANACH *et al.*, 1997; YTTEBORG *et al.*, 2009), também constatado por Basaran *et al.* (2007) quando trabalharam com o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) submetidos a intensas correntes de água por longos períodos, registraram elevada incidência de lordose em juvenis do robalo europeu.

Os estudos desenvolvidos por Gavaia *et al.* (2002) ; Finn, (2007); Boglione *et al.* (2014) questionam a origem das malformações esqueléticas, cujas pesquisas avançam em busca de conhecer até que ponto as malformações são decorrentes de fatores abióticos ou fatores bióticos. O objetivo deste estudo foi registrar a existência de malformações esqueléticas em juvenis de garoupa verdadeira produzidos em cativeiro no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

No verão de 2014 foi realizada a reprodução da garoupa verdadeira, partindo de reprodutores mantidos em cativeiro no Instituto de Pesca de São Paulo, em Ubatuba- SP. As matrizes desovaram em condições naturais, sem manipulação hormonal, um total de 1 milhão de ovos viáveis. Após a eclosão, as larvas foram estocadas em um tanque circular de fibra de vidro, volume de 3.000 litros, com 1 metro de profundidade, paredes na cor preto e fundo branco, num sistema de água verde, e densidade de 5 larvas/litro, sem trocas de água até o DAE-8 (dia após eclosão), depois, as trocas diárias foram aumentando gradativamente entre 10% a 50% do volume do tanque no período DAE-8 e DAE-15, daí em diante, as trocas atingiram 150%. A larvicultura ocorreu sob uma iluminação de 1000 lux e sombreamento de 80% da luz natural. A oxigenação ocorreu utilizando pedras porosas ao longo do tanque. As larvas foram alimentadas a partir do DAE-2 com rotíferos (*Brachionus rotundiformes*) numa densidade de 5 a 10 ind/L⁻¹ e DHA Protein Selco, conforme recomendações do fabricante, além de nauplius e *Artemia sp.* enriquecida com DC DHA Selco, INVE a partir do DAE-16, seguindo em paralelo com a dieta artificial (NDR INVE), até o DAE-60.

O acompanhamento da qualidade da água de cultivo mensurou os níveis de salinidade, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água na unidade de cultivo foram

medidas através de sonda multiparâmetro marca HANNA, modelo HI 9828 e a amônia total através do ALFAKIT (Florianópolis, SC, Brasil) (tabela 1).

Ao final da fase de larvicultura (60 dias) restaram 700 juvenis, dos quais, 42% apresentavam malformações esqueléticas. Foram coletados aleatoriamente dez exemplares de garoupas verdadeiras com comprimento total de $6,4 \pm 0,8$ cm e peso de $5,0 \pm 1,4$ g (Figura 1).

No presente caso, as garoupas tiveram acesso ao alimento vivo constituído de artemia *Artemia sp.*, rotíferos *Brachionus plicatilis* e ração comercial no momento do desmame, o que não descarta a possibilidade de que fatores nutricionais possam ser responsáveis pela ocorrência das anomalias esqueléticas neste estudo.

Tabela 1. Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.

Variáveis	Valores
Salinidade (‰)	33 – 35
Oxigênio (mg/L)	6 – 7
pH	7,7 – 7,8
Temperatura (°C)	25 – 27
Amônia Tóxica (mg/L)	< 0,2

Os peixes foram eutanasiados com benzocaína a $0,1\text{gL}^{-1}$, posteriormente sofreram injeção intramuscular de solução de formalina a 10% e, após 24 horas, colocados em solução alcoólica a 70% e encaminhados para captura de imagem radiográfica.

As radiografias foram realizadas em projeção latero-lateral direita e dorso-ventral, cujas imagens foram adquiridas por sistema de radiografia computadorizada (KODAK®), com digitalizador AGFA – Health Care, modelo CR 30x, utilizando técnica radiográfica de 45kVp, 100mA e 0.025s. em hospital veterinário particular (SEMEVE, Salvador, BA)

As imagens radiográficas avaliadas através do software Osirix versão 4.0 32-bit, permitiram medir os ângulos dos desvios da coluna vertebral, o comprimento em linha reta e o comprimento total da coluna, seguindo o seu eixo.

O grau de encurtamento da coluna vertebral foi calculado pela relação entre o comprimento em linha reta e o comprimento total na projeção latero-lateral medida ao longo do seu eixo. Levou-se em consideração que podem haver pequenas variações no comprimento total da coluna vertebral, calculado na projeção latero-lateral, em função da sobreposição de vértebras e desvios laterais do tipo escoliose.

Complementando as avaliações, os animais foram diafanizados pela técnica de Ribeiro *et al.* (2014), iniciando com a lavagem dos exemplares em água corrente para retirada do excesso da solução alcoólica, em seguida, colocados em solução de hidróxido de potássio (KOH) para dissolver os tecidos sendo observados diárias até apresentarem aspecto translúcido. O tempo de exposição ao KOH variou entre os espécimes por causa da sua massa muscular. Retirados da solução, foram lavados e expostos à Alizarina S por 24 horas para colorir e visualizar as escamas antes de serem removidas por raspagem utilizando uma lâmina de bisturi. Voltaram à solução de Alizarina S até que as estruturas ósseas estivessem coloridas por esse indicador. Todo o processo teve duração de trinta dias.

Estatística

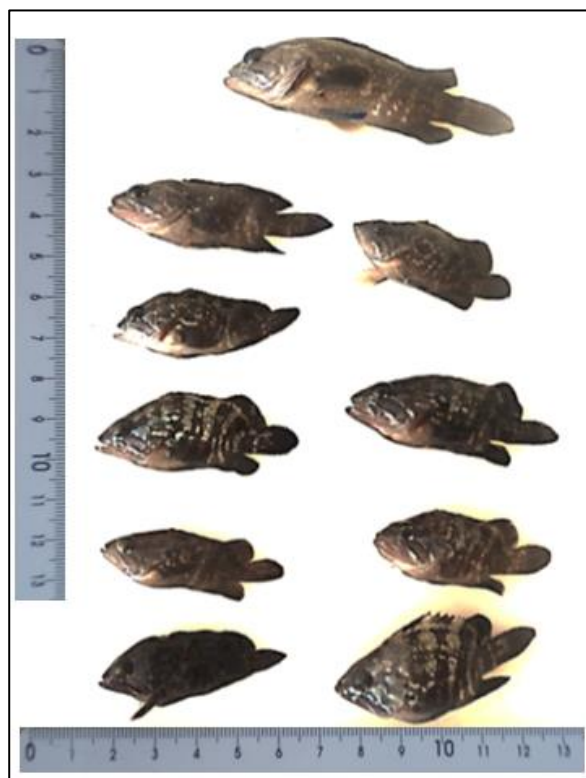
Os dados coletados foram submetidos a análise estatística descritiva com apresentação dos valores da média e desvio padrão para cada variável estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados desvios de eixo da coluna vertebral dorsais, ventrais e laterais, caracterizando diferentes graus de cifose, lordose e escoliose, respectivamente. Os ângulos dos desvios cifolordóticos variaram de 65 a 154 graus, com média e desvio padrão do menor ângulo de $83 \pm 18,4$ graus e do maior ângulo de $120,9 \pm 17,8$ graus. Os ângulos dos desvios laterais (escoliose) variaram de 61 a 135 graus com média de $83,2 \pm 13$ (menor ângulo) e $121,8 \pm 13,8$ (maior ângulo).

Do lote coletado, nove exemplares apresentaram malformações, cujo número de desvios do tipo cifose foi de 1 a 2 por animal ($1,99 \pm 0,3$), lordose de 2 a 3 ($2,3 \pm 0,5$) e escoliose de 2 a 7 desvios ($4,8 \pm 1,1$). Tais desvios da coluna vertebral levaram a diferentes graus de encurtamento do comprimento, variando de 14,3 a 34,5% com média e desvio padrão de $25,6 \pm 6,7\%$ de encurtamento.

Figura 1. Lote de juvenis de garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus* com e sem alterações esqueléticas.



Os desvios da coluna dificultaram o acompanhamento da sequência das vértebras, e uma provável diminuição generalizada da radiopacidade óssea por desmineralização. No único exemplar normal, da mesma idade dos demais, foi possível visibilizar as vértebras, que mediram cerca de 0,15cm de comprimento na projeção latero-lateral. Nos nove animais com alterações a variação de tamanho das poucas vértebras visibilizadas foi de 0,07 a 0,12cm de comprimento.

Os animais afetados apresentaram cabeça menor em relação ao animal da mesma idade que não apresentou deformidades. Neste último, o comprimento da porção dorsal do crânio foi de 1,02 cm na radiografia em projeção lateral, a altura da cabeça da parte dorsal do crânio, a porção mais ventral da mandíbula/opérculo foi de 1,5cm e o comprimento da extremidade cranial da maxila até o início da coluna vertebral foi de 2,06cm. Nos animais afetados a média e desvio-padrão desses valores foram de, respectivamente, $0,7 \pm 0,1$ cm; $1,1 \pm 0,1$ cm e $1,6 \pm 0,4$ cm. (Tabela 1).

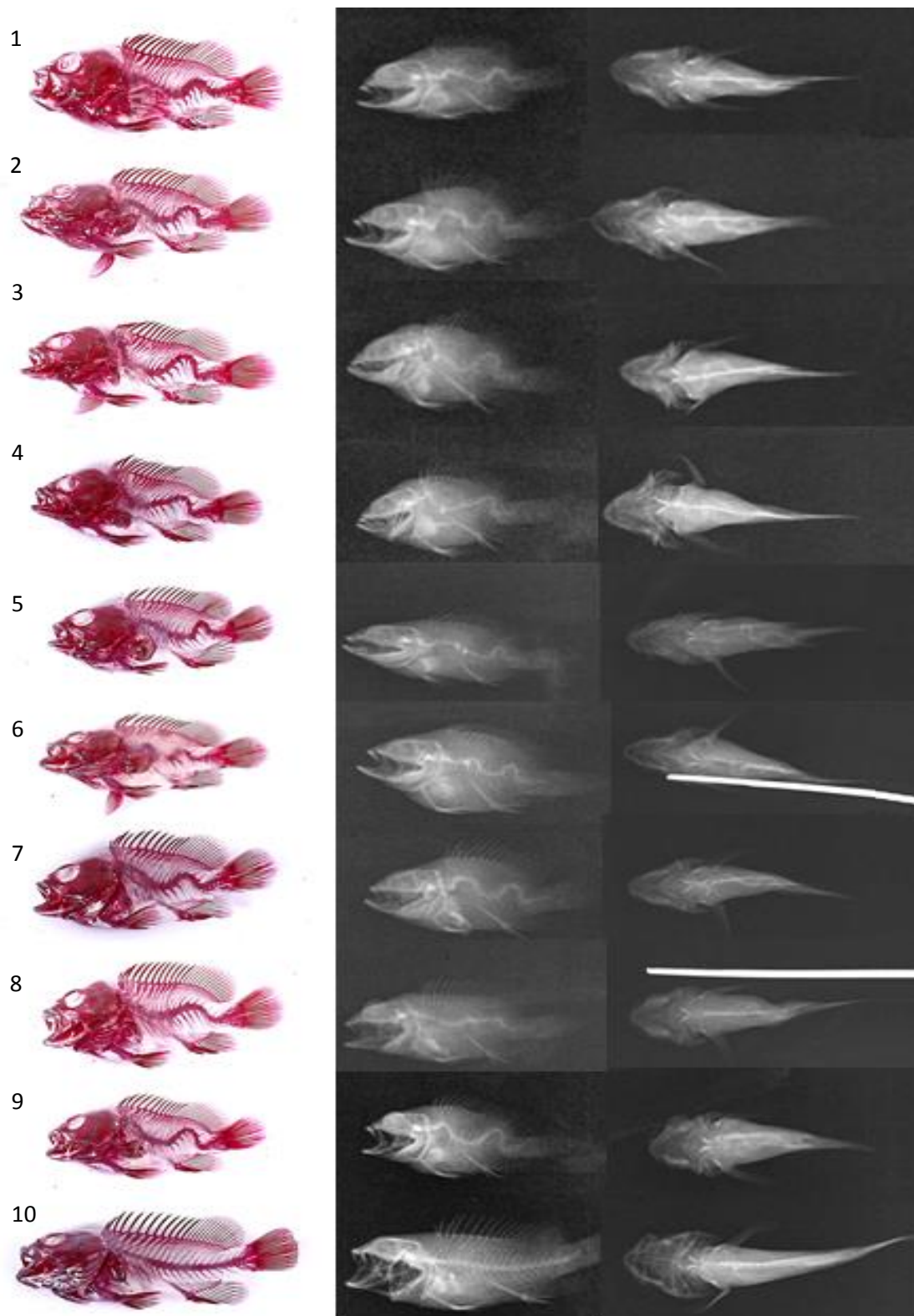
Tabela 2. Medidas da coluna vertebral de juvenis de garoupa verdadeira, colhidas na radiografia em conjunto com o animal diafanizado.

Avaliações / Animal	Animal										Média**	DP***
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10*		
CCVLR (cm)	1,67	1,8	1,89	1,96	2,1	2,38	1,98	2,4	2,1	3,5	2,2	0,5
CTCV (cm)	2,13	2,75	2,8	2,56	2,8	2,95	2,78	2,8	3,04	3,6	2,8	0,4
PECV (%)	21,6	34,5	32,5	23,4	25	19,3	28,8	14,3	30,9	2,8	23,3	9,6
NC	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	1,7	0,7
NL	3	3	2	2	3	2	2	2	2	0	2,1	0,9
NE	4	5	4	4	7	6	5	4	4	0	4,3	1,8

CCVLR - Comprimento da coluna vertebral em linha reta; CTCV - Comprimento total da coluna vertebral; PECV - Percentual de encurtamento da coluna vertebral; NC - Número de Cifoses; NL - Número de Lordoses; NE - Número de Escolioses; * Exemplar normal; **Média; *** Desvio Padrão.

Embora não se tenha identificado a causa, neste trabalho, anomalias esqueléticas são frequentemente observadas em peixes e podem ser causadas por uma variedade de fatores ambientais, como variações na salinidade, baixo índice de oxigênio dissolvido, radiação ionizante, deficiência na dieta, infecção por parasitas, temperaturas impróprias e substâncias químicas tóxicas; (ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2010; VILLAMIZAR *et al.*, 2011; RONNESTAD *et al.*, 2013). Quando ocorre em espécies selvagens, esses peixes podem ser utilizados como indicadores de poluição da água devido à sua elevada incidência em áreas poluídas (ARBUATTI *et al.*, 2013).

Figura 2. Imagens de exemplares de juvenis de garoupa verdadeira *Epinephelus marginatus*, após a radiografia e diafanização, expondo os desvios da coluna vertebral (nº 1 a 9) e com morfologia normal (nº 10).



A lordose em peixes foi descrita por Andrades *et al.* (1996), como uma curvatura dorsoventral em forma de “V” sobre o eixo do corpo, incluindo a coluna vertebral e a medula espinhal, a partir de um lote de juvenis lordóticos de pargo que exibiram a bexiga natatória não inflada, mas todos os adultos lordóticos possuíam uma bexiga natatória funcional inflada.

Segundo Kayim *et al.* (2010) a lordose, que é uma das deformações ósseas frequentemente encontrada no cultivo do robalo europeu, pode ser causada por malformações na bexiga natatória, condições ambientais desfavoráveis, fatores bacterianos, taxa de fluxo de água elevado e atividade de natação. De forma geral, para Boglione *et al.* (2009) as malformações esqueléticas promovem uma redução na performance dos peixes afetados, tais como na habilidade natatória, conversão alimentar, taxa de crescimento e susceptibilidade às condições de estresse e patógenos. (Sanchez *et al.*, 2013) encontraram 17,9% de lordose em robalos-flecha (*Centropomus undecimalis*) cultivado experimentalmente.

A cifose foi outro tipo de deformidades esqueléticas encontrada na garoupa verdadeira deste estudo, cujos fatores determinantes dessas anomalias podem estar associados à fatores genéticos e/ou incapacidade de reduzir o estresse durante o desenvolvimento (RUSSO *et al.*, 2011).

Boglione *et al.*(2009) apresentaram o primeiro informe sobre deformidades em larvas e juvenis de garoupa verdadeira sob diferentes condições de cultivo, sugerindo avaliar quais fatores agiram como contribuintes para o aparecimento de deformidades. Quando submeteram larvas de garoupa verdadeira a uma variação de densidades de estocagem (de 8 a 28 larvas L⁻¹) observaram elevada frequência de deformidades individuais (75,8%), alta ocorrência de malformações (5,5 anomalias por indivíduo) além de indivíduos com pelo menos uma anomalia severa.

CONCLUSÃO

Durante a larvicultura de garoupas, constata-se a ocorrência de alterações esqueléticas dos tipos escoliose, lordose e cifose.

Considerando que essas alterações levariam a um comprometimento da hidrodinâmica dos peixes, haveria um prejuízo na sua capacidade de movimento, afetando o seu desenvolvimento em cativeiro e sua aceitação no mercado.

Portanto, serão necessários ajustes nos protocolos de reprodução e larvicultura, a fim de minimizar a ocorrência de malformações e os impactos econômicos na produção de juvenis.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesca de São Paulo, em Ubatuba, SP., à Clínica SEMEV – Serviço Médico Veterinário, Salvador-Ba., pelo suporte e apoio.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; et al. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação (CD-ROM). 1a Edição ed. Maringá, PR, 2003.

ANDRADES, J.; BECERRA, J.; FERNANDEZ-LLEBREZ, P. Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, v. 141, p. 1–11, 1996.

ARA, R.; AMIN, S. M. N.; MAZLAN, A. G.; ARSHAD, A. Morphometric variation among six families of larval fishes in the seagrass-mangrove ecosystem of *Gelang patah*, Johor, Malaysia. *Asian Journal of animal and Veterinary Advances*, v. 8, n. February, p. 247–256, 2013.

ARAÚJO, A. S. DE; LIMA, L. T. B. DE; NASCIMENTO, W. S. DA; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Características morfométricas-merísticas e aspectos reprodutivos da sardinha de água doce, *Triporthus angulatus* (Osteichthyes: Characiformes) do rio Acauã do bioma Caatinga. *Biota Amazônia*, v. 2, p. 59–73, 2012.

ARBUATTI, A.; SALDA, L. DELLA; ROMANUCCI, M. Spinal deformities in a wild line of *Poecilia wingei* bred in captivity: report of cases and review of the literature. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 3, n. 3, p. 186–190, 2013.

AVERY, T. S.; KILLEN, S. S.; HOLLINGER, T. R. The relationship of embryonic development, mortality, hatching success, and larval quality to normal or abnormal early embryonic cleavage in Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*, v. 289, n. 3-4, p. 265–273, 2009.

BARROS, B.; SAKAI, Y.; PEREIRA, P. H. C.; GASSET, E.; BUCHET, V.; MAAMAATUAI AHUTAPU, M.; READY, J. S.; OLICEIRA, Y.; GIARRIZZO, T.;

VALLINOTO, M. Comparative allometric growth of the mimetic ehippid reef fishes *Chaetodipterus faber* and *Platax orbicularis*. *Plos One*, p. 1–16, 2015.

BASARAN, F.; OZBILGIN, H.; OZBILGIN, Y. D. Effect of lordosis on the swimming performance of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Aquaculture Research*, v. 38, p. 870–876, 2007.

BERGE, G. M.; WITTEN, P. E.; BAEVERFJORD, G.; VEGUSDAL, A.; WADSWORTH, S.; RUYTER, B. Diets with different n-6/n-3 fatty acid ratio in diets for juvenile *Atlantic salmon*, effects on growth, body composition, bone development and eicosanoid production. *Aquaculture*, v. 296, n. 3-4, p. 299–308, 2009.

BEZERRA, R. DE S.; VIEIRA, V. L. A.; SANTOS, A. J. G. Ciclo reprodutivo da carapeba prateada *Diapterus rhombeus* (Curier, 1829) no litoral de Pernambuco - Brasil. *Tropical Oceanography*, v. 29, n. L, p. 67–78, 2001.

BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; NAKA. Caracterização morfológica e distribuição temporal de larvas e juvenis de *Apareiodon affinis* (Steindachner) (Osteichthyes, parodontidae) no alto rio Paraná, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 15, n. 4, p. 1037–1047, 1998.

BOGLINO, A.; WISHKERMAN, A.; DARIAS, M. J.; IGLESIA, P.; ESTÉVEZ, A.;

ANDREE, K. B.; GISBERT, E. The effects of dietary arachidonic acid on *Senegalese sole* morphogenesis: A synthesis of recent findings. *Aquaculture*, v. p, p. 10, 2014.

BOGLIONE, C.; GAGLIARDI, F.; SCARDI, M.; CATAUDELLA, S. Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L. 1758). *Aquaculture*, v. 192, p. 1–22, 2001.

BOGLIONE, C.; GAVAIA, P.; KOUMOUNDOUROS, G.; GISBERT, E.; MOREN, M.; FONTAGNÉ, S.; WITTEN, P. E. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 1: normal and anomalous skeletogenic processes. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. 99–120, 2013.

BOGLIONE, C.; GISBERT, E.; GAVAIA, P.; WITTEN, P. E.; MOREN, M.;

KOUMOUNDOUROS, G. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. 121–167, 2013.

BOGLIONE, C.; MARINO, G.; GIGANTI, M.; LONGOBARDI, A.; DE MARZI, P.; CATAUDELLA, S. Skeletal anomalies in dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe 1834) juveniles reared with different methodologies and larval densities. *Aquaculture*, v. 291, n. 1-2, p. 48–60, 2009.

BOGLIONE, C.; PULCINI, D.; SCARDI, M.; PALAMARA, E.; RUSSO, T.; CATAUDELLA, S. Skeletal anomaly monitoring in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) reared under different conditions. *Plos One*, v. 9, n. 5, 2014.

BONNET, E.; FOSTIER, A.; BOBE, J. Characterization of rainbow trout egg quality: A case study using four different breeding protocols, with emphasis on the incidence of embryonic malformations. *Theriogenology*, v. 67, p. 786–794, 2007.

BORDIN, D.; COSTA, M. D. P.; DUARTE, L.; SOUZA-CONCEIÇÃO, J. M.; SPACH, H. L. Estágios iniciais do ciclo de vida de Gerridae ocorrentes em duas praias estuarinas do litoral de Santa Catarina (Baía da Babitonga, São Francisco do Sul). *Sociedade de Ecologia do Brasil*, p. 23–24, 2007.

BOZZANO, A.; PANKHURST, P. M.; SABATÉS, A. Early development of eye and retina in lanternfish larvae. *Visual Neuroscience*, v. 24, p. 423–436, 2007.

BROWN, C. A.; GOTHREAU, C. T.; GREEN, C. C. Effects of temperature and salinity during incubation on hatching and yolk utilization of Gulf killifish *Fundulus grandis* embryos. *Aquaculture*, v. p., p. 1–5, 2011.

CAHU, C.; ZAMBONINO INFANTE, J.; TAKEUCHI, T. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture*, v. 227, n. 1-4, p. 245–258, 2003.

CAVALLI, R. O.; DOMINGUES, E. D. C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios Development of open ocean marine fish farming in Brazil: possibilities and constraints. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 155–164, 2011.

CAVALLI, R. O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. *Revista Brasileira Reprodução animal*, v. 6, p. 64–69, 2009.

CHAMBERS, R. C., LEGGETT, W. C. Size and age at metamorphosis in marine fishes: an analysis of laboratoryreared winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) with a review of variation in other species. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 44: 1936-1947, 1987.

CHATAIN, B. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture*, v. 119, p. 371–379, 1994.

CHATAIN, B.; GUSCHEMANN, N. O.-. Improved rate of initial swim bladder inflation in intensively reared *Sparus auratus*. *Aquaculture*, v. 84, p. 345–353, 1990.

COBCROFT, J. M.; BATTAGLENE, S. C. Jaw malformation in striped trumpeter *Latris lineata* larvae linked to walling behaviour and tank colour. *Aquaculture*, v. 289, n. 3-4, p. 274–282, 2009.

- COBCROFT, J. M.; PANKHURST, P. M.; SADLER, J.; HART, P. R. Jaw development and malformation in cultured striped trumpeter *Latris lineata*. *Aquaculture*, v. 199, p. 267–282, 2001.
- COBCROFT, J. M.; SHU-CHIEN, A. C.; KUAH, M.-K.; JAYA-RAM, A.; BATTAGLENE, S. C. The effects of tank colour, live food enrichment and greenwater on the early onset of jaw malformation in striped trumpeter larvae. *Aquaculture*, v. 356-357, p. 61–72, 2012.
- COSTA, W. DE M.; CARVALHO, C. V. A. DE; PASSINI, G.; TELES, A.; CERQUEIRA, V. R. First feeding of *Eugerres brasiliensis* (Carapeva) larvae with *Acartia tonsa* (Copepod) nauplii increases survival and resistance to acute stress. *Boletim da Indústria Animal*, v. 72, p. 277–283, 2015.
- CRUZ-AGÜERO, J. D. E. L. A.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J.; CRUZ-AGÜERO, G. D. E. L. A.; DÍAZ-MURILLO, B. P. Identification of Gerridae species (Actinopterygii: Perciformes: Gerridae) from the Pacific coast of Mexico Based on Sagittal Otolith morphology analysis. *Acta Ichthyologica et Piscicultura*, v. 42, p. 297–306, 2012.
- CUNHA, M. E.; QUENTAL, H.; BARRADAS, A.; CABRITA, E.; ENGROLA, S. Rearing larvae of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), (Pisces: Serranidae) in a semi-extensive mesocosm. *Scientia Marina*, p. 201–202, 2009.
- DAS, T.; PAL, A. K.; CHAKRABORTY, S. K.; MANUSH, S. M.; DALVI, R. S. Thermal dependence of embryonic development and hatching rate in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). *Aquaculture*, v. 255, p. 536–541, 2006.
- DIONÍSIO, G.; CAMPOS, C.; VALENTE, L. M. P.; et al. Effect of egg incubation temperature on the occurrence of skeletal deformities in *Solea senegalensis*. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 28, p. 471–476, 2012.
- DIVANACH, P.; PAPANDROULAKIS, N.; ANASTASIADIS, P. Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, v. 156, p. 145–155, 1997.

EIRAS-STOFELLA, D. R.; FANTA, E. Ontogenesis of *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) (Pices- Gerridae) obtained by fertilation “in vitro”. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, p. 21–35, 1991.

FAO. The State of World Fisheries and aquaculture. Rome, 2016.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2014.

FERRAZ, E. DE M.; PETERSEN, R. L.; PASSINI, G.; CERQUEIRA, V. R. Híbridos Recíprocos obtidos por cruzamentos entre os robalos *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*. Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53–61, 2013.

FERRAZ, E. DE M.; TELES, A.; FLORINDO, I., I.; CERQUEIRA, V. R. Avaliação de larvas de Robalo-peva, *Centropomus parallelus*, em sistemas de larvicultura. 2009.

FINN, R. N. The physiology and toxicology of salmonid eggs and larvae in relation to water quality criteria. Aquatic Toxicology, v. 81, n. 0166, p. 337–354, 2007.

GAVAIA, P. J.; DINIS, M. T.; CANCELA, M. L. Osteological development and abnormalities of the vertebral column and caudal skeleton in larval and juvenile stages of hatchery-reared Senegal sole (*Solea senegalensis*). Aquaculture, v. 211, n. 1, p. 305–323, 2002.

GLAMUZINA, B.; SKARAMUCA, B.; KOZUL, V.; DULCIC, J.; KRALJEVIC, M. Egg and early larval development of laboratory reared dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pices, Serranidae). Scientia Marina, v. 62, n. 4, p. 373–378, 1998.

GONZÁLEZ-ACOSTA, A. F.; CRUZ-AGÜERO, J. DE; CASTRO-AGUIRRE, J. L. A review of the marine Western Atlantic species of the Genus *Eugerres* (Perciformes: Gerridae). Bulletin of Marine Science, v. 80, n. 1, p. 109–124, 2007.

GRAY, R. S.; WILM, T. P.; SMITH, J.; et al. Loss of col8a1a function during zebrafish embryogenesis results in congenital vertebral malformations. *Developmental biology*, v. 386, n. 1, p. 72–85, 2014.

GROTMOL, S.; KRYVI, H.; TOTLAND, G. K. Deformation of the notochord by pressure from the swim bladder may cause malformation of the vertebral column in cultured Atlantic cod *Gadus morhua* larvae: a case study. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 65, p. 121–128, 2005.

GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; VELOSO-JÚNIOR, V. C.; SALES, N. G.; OLIVEIRA, D. A. A.; SANTOS, J. E. Allometric growth patterns in hatchery-reared larvae of the catfish *Lophiosilurus alexandri* (Pisces: Pseudopimelodidae). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, p. 284–288, 2014.

HAGA, Y.; DU, S.-J.; SATOH, S.; et al. Analysis of the mechanism of skeletal deformity in fish larvae using a vitamin A-induced bone deformity model. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 26–33, 2011.

HAMRE, K.; YÚFERA, M.; RØNNESTAD, I.; BOGLIONE, C.; CONCEIÇÃO, LUIS E. C.; IZQUIERDO, M. Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture*, v. 5, p. S26–S58, 2013.

HAN, D.; XIE, S.; LEI, W.; ZHU, X.; YANG, Y. Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). *Aquaculture*, v. 248, n. 1-4, p. 299–306, 2005.

HATTORI, M.; SAWADA, Y.; KURATA, M.; YAMAMOTO, S.; KATO, K. Oxygen deficiency during somitogenesis causes centrum defects in red sea bream, *Pagrus major* (Temminck et Schlege). *Aquaculture Research*, v. 35, p. 850–858, 2004.

HILSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G.; MARTINS, L. F. *Biologia e fisiologia de peixes de água doce - Capítulo 3: Genética dos processos fisiológicos*. 2014.

HOUGH, S.; AVIOLI, L. V.; MUIR, H.; et al. Effects of hypervitaminosis A on the bone and mineral metabolism of the rat. *Endocrinology*, v. 122, n. 6, p. 2933–2939, 1988.

IMANPOOR, M. R.; ABDOLLAHI, M. Effects of tank color on growth, stress response and skin color of juvenile *Caspian kutum* *Rtilus frisii* Kutum. *Global Veterinária*, v. 6, n. 2, p. 118–125, 2011.

IUCN-The IUCN Red List of Threatened Species.2012, acesso em 08 de setembro de 2016, www.iucnredlist.org/.

JAYAPRAKASH, A. A. Morphometric and meristic characters of fishes. Central Marine Fisheries Research Institute, p. 1–11, 1989.

KARACHLE, P. K.; STERGIU, K. I. Morphometrics and allometry in fishes. In: P. C. Wahl (Ed.); *Morphometrics*. p.65– 86, 2012.

KAYIM, M.; CAN, E.; GÜNER, Y. Is it possible to transform Hatchery-Reared Abnormal juveniles of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.1758) into normal individuals? *Asian Journal of Anima and Veterinary advances*, v. 5, p. 327–338, 2010.

KELLY, D. W.; THOMAS, H.; THIELTGES, D. W.; POULIN, R.; TOMPKINS, D. M. Trematode infection causes malformations and population effects in a declining New Zealand fish. *The Journal of animal ecology*, v. 79, n. 2, p. 445–52, 2010.

KOLKOVSKI, S. Advances in marine fish larvae diets. *Avances en Nutrición Acuícola IX*, p. 20–45, 2008.

KOUMOUNDOUROS, G.; ORAN, G.; DIVANACH, P.; KENTOURI, M. The opercular complex deformity in intensive gilthead sea bream (*Sparus auratus* L.) larviculture. Moment of apparition and description. *Aquaculture*, v. 156, p. 165–177, 1997.

KUPREN, K.; NOWOSAD, J.; ŻARSKI, D.; TARGOŃSKA, K.; HAKUĆBLAZOWSKA, A.; KUCHARCZYK, A. Early development and allometric

growth in laboratory-reared european chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758).
Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 398, p. 391–398, 2015.

KUPREN, K.; TRABSKA, I.; ZARSKI, D.; KREJSZEFF, S.; KUCHARCZYK, D.;
PALINSKA-ZARSKA, K. Early development and allometric growth patterns in turbot
Lota lota L. Aquacult Int, p. 29–39, 2014.

KUROKAWA, T.; OKAMOTO, T.; GEN, K.; UJI, S.; MURASHITA, K.; UNUMA,
T.; NOMURA, K.; MATSUBARA, H.; KIM, S. –K.; OHTA, H.; TANAKA, H.
Influence of water temperature on morphological deformities in cultured larvae of
japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. Journal of the World
Aquaculture Society, v. 39, n. 6, p. 726–735, 2008.

LAGLER, K. F.; BARDACH, J. E.; MILLER, R. R.; PASSINO, D. R. M. Ictiología.
Primera Ed ed. México, 1984.

LAURENCE, G. C. AND ROGERS, C. A. Effects of temperature and salinity on
comparative embryo development and mortality of Atlantic cod (*Gadus-morhua*-L) and
haddock (*Melanogrammus-aeglefinus* L). Journal Du Conseil, 36: 220-228, 1976.

LEWIS-MCCREA, B. L. M.; LALL, S. P. Effects of phosphorus and vitamin C
deficiency, vitamin A toxicity, and lipid peroxidation on skeletal abnormalities in
Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Journal of Applied Ichthyology, v. 26, p.
334–343, 2010.

LIN, J. H.-Y.; CHEN, T.-Y.; CHEN, M.-S.; CHEN, H.-E.; CHOU, R.-L.; CHEN, T.-I.;
SU, M.-S.; YANG, H.-L. Vaccination with three inactivated pathogens of cobia
(*Rachycentron canadum*) stimulates protective immunity. Aquaculture, v. 255, n. 1-4, p.
125–132, 2006.

LIN, Q.; LIN, J.; HUANG, L. Effects of substrate color, light intensity and temperature on
survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* Perry, 1810.
Aquaculture, v. 298, n. 1-2, p. 157–161, 2009.

- LIN, Q.; LU, J.; GAO, Y.; SHEN, L.; CAI, J.; LUO, JUNNING. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker. *Aquaculture*, v. 254, p. 701–713, 2006.
- MAZURAS, D.; DARIAS, M.; ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Transcriptomics for understanding marine fish larval development. *Revue Canadienne de Zoologie*, v. 89, p. 599–611, 2011.
- MCCAULEY, R. D. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *J. Acoustical Society of America*, v. 113, n. January, p. 638–642, 2003.
- MCLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S. R. Parasites, diseases and deformities of cobia. *Coden Ribaeg*, v. 66, n. 1, p. 1–16, 2008.
- MENDES, P. DE P. *Estatística aplicada a Aquicultura*. Recife, 1999.
- MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L. DE; MOURA, R. L. DE. *Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil*. 2003.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, J. L. *Manual dos peixes marinhos do Sudeste do Brasil IV. Teleostei*. 3a ed. São Paulo: Museu de Zoologia /USP, 1980.
- MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. DOS. *Princípios de Morfometria Geométrica*. 1a edição ed. Ribeirão Preto - SP, 1999.
- MORAES, D. A. DE. A Morfometria Geométrica e a “Revolução na Morfometria” localizando visualmente mudanças na forma dos organismos. *Bioletim*, v. Ano III, N, p. 1–5, 2003.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. *Ovos e larvas de peixes de água doce - Desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá, PR. Brasil: EDUEM, 2001.
- NELSON, J. S. *Fishes of the world*. 4 th ed. New Jwersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.

- OKAMOTO, T.; KUROKAWA, T.; GEN, K.; MURASHITA, K.; NOMURA, K.; KIM, S.-K.; MATSUBARA, H.; OHTA, H.; TANAKA, H. Influence of salinity on morphological deformities in cultured larvae of Japanese eel, *Anguilla japonica*, at completion of yolk resorption. *Aquaculture*, v. 293, n. 1-2, p. 113–118, 2009.
- PASSINI, G.; VAZ, C.; CARVALHO, A. DE; COSTA, W. D. M.; CERQUEIRA, V. R. Indução hormonal da desova da Carapeva *Eugerres brasiliensis* em cativeiro. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 39, n. 4, p. 433–438, 2013.
- PEREGRINO JR., R. B.; HAMILTON, S.; DOMINGUES, E. C.; CAVALLI, R. O. Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, p. 681–687, 2014.
- PEREIRA, L. A.; ROCHA, R. M. DA. A maricultura e as bases econômicas, social e ambiental que determinam seu desenvolvimento e sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, v. XVIII, p. 41–54, 2015.
- POULSEN, R. C.; MOUGHAN, P. J.; KRUGER, M. C. Long-Chain polyunsaturated fatty acids and the regulation of bone metabolism. *Experimental Biology and medicine*, p. 1275–1288, 2007.
- PRESTINICOLA, L.; BOGLIONE, C.; CATAUDELLA, S. Relationship between uninflated swim bladder and skeletal anomalies in reared gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 2014.
- PROCHAZKA, E. Incidence of malformations in fish embryos/larvae (review). *Smart Water Research Facility, Griffith University*, p. 1–11, 2009.
- RAMOS, F.M.; SANCHES, E.G.; FUJIMOTO, R.; COTTENS, F. CERQUEIRA, V.R. Crescimento de juvenis da Garoupa- verdadeira *Epinephelus marginatus* sob três diferentes dietas. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*. v.38, p.81-88, 2012
- RIBEIRO, C. A. DE O.; REIS FILHO, H. S. DOS; GRÖTZERNER, S. R. *Técnicas e Métodos para Utilização Prática em Microscopia*. 2014.

- RIMMER, M. A. Review of grouper hatchery technology. SPC Live Reef Fish Informaiton Bulletin, v. 7, n. May, p. 14–19, 2000.
- ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. DE A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. DAS D. F. DA. Relações entre características de crescimento no curimatá (*Prochilodus lineatus*), considerando as famílias de meio-irmãos maternos. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, v. 8, n. 2, p. 113–116, 2015.
- RODRIGUES FILHO, J.A.; SANCHES, E.G.; GARCIA, C.E.O.; PANNUTI, C.V.; SEBASTIANI, E.F.; MOREIRA, R.G. Threatened fishes of the world: *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Serranidae: Epinephelinae). v. 85, p. 301-302, 2009.
- RONNESTAD, I.; TONHEIM, S. K.; FYHN, H. J.; KAMISAKA, Y.; KOVEN, W.; FINN, R. N.; TERJESEN, B.F.; BARR, Y.; CONCEIÇÃO, L.E.C. The supply of amino acids during early feeding stages of marine fish larvae: a review of recent findings. Aquaculture, v. 227, p. 147–164, 2003.
- RONNESTAD, I.; YÚFERA, M.; UEBERSCHÄR, B.; RIBEIRO, L.; SÆLE, O.; BOGLIONE, C. Feeding behaviour and digestion physiology in larval fish - current knowledge, and gaps and bottlenecks in research. Reviews in Aquaculture, v. 5, p. S59–S98, 2013.
- ROO, J.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, H.; HERNÁNDEZ-CRUZ, C. M.; MESA-RODRIGUEZ, A.; SHHUCHARDT, D.; IZQUIERDO, M. First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *Seriola rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine finfish aquaculture diversification. Aquaculture Research, p. 1–12, 2012.
- RUSSO, T.; BOGLIONE, C.; MARZI, P. DE; CATAUDELLA, S. Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: A contribution addressing the domestication of this species. Aquaculture, v. 289, n. 3-4, p. 289–296, 2009.
- RUSSO, T.; SCARDI, M.; BOGLIONE, C.; CATAUDELLA, S. Application of the Self-Organizing Map to the study of skeletal anomalies in aquaculture: The case of

dusky grouper (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834) juveniles reared under different rearing conditions. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 69–77, 2011.

SAMPAIO, L. A.; BIANCHINI, A. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 269, p. 187–196, 2002.

SAMPAIO, L. A.; FREITAS, L. S.; OKAMOTO, M. H.; LOUZADA, L. R.; RODRIGUES, R. V.; ROBALDO, R. B. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement. *Aquaculture*, v. 262, p. 340–346, 2007.

SANCHES, E. G.; COSTA, S. F. DA; HERRERA, L. A. Anormalidades Esqueléticas em Meros. *Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 41, n. 1, p. 191–198, 2015.

SANCHES, E. G.; HENRIQUES, M. B.; FAGUNDES, L.; SILVA, A. A. Viabilidade Econômica do Cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, Região Sudeste do Brasil. *Informações Econômicas*, v. 36, p. 15–25, 2006.

SANCHES, E. G.; MELLO, G. L. DE; JUNIOR, H. A. Primeira ocorrência de malformação na coluna vertebral em juvenis de Robalo-flecha. *Boletim Instituto de Pesca de São Paulo*, v. 39, n. 1, p. 77–83, 2013.

SANCHES, E. G.; SECKENDORFF, R. W. VON. Grouper culture in Brazil. *Marine Finfish Aquaculture Network*, v. XIV, n. 3, p. 2, 2009.

SÁNCHEZ, R. C.; OBREGÓN, E. B.; RAUCO, M. R. Hypoxia is like an ethiological factor in vertebral column deformity of salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 316, n. 1-4, p. 13–19, 2011.

SHAFFER, R. V.; NAKAMURA, E. L. Synopsis of Biological Data on the Cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). 1989.

SMALL, C.; BATES, D. Effect of low-temperature incubation of channel catfish *Zctalurus punctatus* eggs on development, survival, and growth. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 32, n. 2, p. 189–194, 2001.

SMITH, D. G.; WILBURN, C.; MCCARTHY, R. A. Methoprene photolytic compounds disrupt zebrafish development, producing phenocopies of mutants in the sonic hedgehog signaling pathway. *Marine Biotechnology*, v. 5, n. 2, p. 201–212, 2003.

SOTO, N. A. DE; DELORME, N.; ATKINS, J.; et al. Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Scientific reports*, v. 3, p. 2831, 2013.

STUART, K. R.; DRAWBRIDGE, M. The effect of light intensity and green water on survival and growth of cultured larval California yellowtail (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, v. 321, n. 1-2, p. 152–156, 2011.

SUMMERFELT, ROBERT C. KESTEMONT, PATRICK DABROWSKI, K. *Biology and Culture of Percid Fishes - Principles and Practices*. New York: Springer, 2013.

TAKLE, H.; BAEVERFJORD, G.; LUNDE, M.; KOLSTAD, K.; ANDERSEN, Ø. The effect of heat and cold exposure on HSP70 expression and development of deformities during embryogenesis of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 249, n. 1-4, p. 515–524, 2005.

TEIXEIRA, B.; ACAUAN, R. C.; KREMER, L. P.; SOUZA, R.; VOLPI, A. *Cultivo experimental de Carapeba (Diapterus rhombeus) no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí, SC, 2013*. Instituto Federal de Santa Catarina.

TEIXEIRA, V. P. A.; PEREIRA, S. A. L.; RODRIGUES, D. B. R.; JÚNIOR, R. S. L.; OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, E. C. C.; REIS, M. A. *Princípios básicos e aplicações da morfometria*, 2005.

TOCHER, D. R.; BENDIKSEN, E. Å.; CAMPBELL, P. J.; BELL, J. G. The role of phospholipids in nutrition and metabolism of teleost fish. *Aquaculture*, v. 280, n. 1-4, p. 21–34, 2008.

TORRES-SILVA, C. M. *Caracterização dos aspectos reprodutivos e desenvolvimento larval da carapeba listrada *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830)*, 2015. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

UTNE-PALM, A. C. The effect of prey mobility, prey contrast, turbidity and spectral composition on the reaction distance of *Gobiusc ulus flavescens* to its planktonic prey. *Journal of Fish Biology*, v. 54, p. 1244–1258, 1999.

VILLAMIZAR, N.; BLANCO-VIVES, B.; MIGAUD, H.; DAVIE, A.; CARBONI, S.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: A review. *Aquaculture*, v. 315, n. 1-2, p. 86–94, 2011.

VILLAMIZAR, N.; GARCÍA-MATEOS, G.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Behavioral responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and *Artemia* sp. exposed to constant light or darkness vs. light / dark cycles of white, red or blue wavelengths. *Aquaculture*, v. 317, n. 1-4, p. 197–202, 2011.

YTTEBORG, E.; TORGERSEN, J.; BAEVERFJORD, G.; TAKLE, H. The Atlantic Salmon (*Salmo salar*) vertebra and cellular pathways to vertebral deformities. *Health and Environment in Aquaculture*, Chapter 13, p. 329-358, 2009.

WHAYLEN, L.; PATTENGILL-SEMMENS, C. V.; SEMMENS, B. X.; BUSH, P. G.; BOARDMAN, M. R. Observations of a Nassau grouper, *Epinephelus striatus*, spawning aggregation site in Little Cayman, Cayman Islands, including multi-species spawning information. *Environmental Biology of Fishes*, n. Allee 1931, p. 305–313, 2004.

WITTEN, P. E.; HANSEN, A.; HALL, B. K. Features of mono- and multinucleated bone resorbing cells of the Zebrafish *Danio rerio* and their contribution to skeletal development, remodeling, and growth. *Journal of Morphology*, v. 207, p. 197–207, 2001.

WITTEN, P. E.; HUYSSEUNE, A. A comparative view on mechanisms and functions of skeletal remodelling in teleost fish, with special emphasis on osteoclasts and their function. *Biological Reviews*, v. 84, p. 315–346, 2009.

WOOLLEY, L. D.; FIELDER, D. S.; QIN, J. G. Swimbladder inflation, growth and survival of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833) larvae under different temperature, light and oxygen conditions. *Aquaculture Research*, v. 45, n. 9, p. 1489–1498, 2014.

WOOLLEY, L. D.; QIN, J. G. Swimbladder inflation and its implication to the culture of marine finfish larvae. *Reviews in Aquaculture*, v. 2, p. 181–190, 2010.

YTTEBORG, E.; TORGERSEN, J.; BAEVERFJORD, G.; TAKLE, H. The Atlantic Salmon (*Salmo salar*) vertebra and cellular pathways to vertebral deformities. *Health and Environment in Aquaculture*. p. 329–358, 2009.

ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Effect of nutrition on marine fish development and quality. *Recent advances in aquaculture research*, p. 103–124, 2010.

ZHU, C.; WANG, Z.; YAN, B. Strategies for hypoxia adaptation in fish species: a review. *J Comp Physiol B*, p. 9, 2013.

CAPÍTULO 2

**Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de carapeba
(*Eugerres brasilianus*, CUVIER, 1830)**

**Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de carapeba
(*Eugerres brasilianus*, CUVIER 1830).**

RESUMO

Este estudo analisou o desenvolvimento zootécnico, morfológico e crescimento alométrico de larvas da carapeba listrada *Eugerres brasilianus* sob condições controladas de laboratório. O experimento foi realizado a partir de animais produzidos no Laboratório de Piscicultura Marinha – LAPMAR, da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis-SC. Foram coletadas aleatoriamente amostras contendo quinze larvas em quatro momentos: DAE (dias após eclosão) 1, 5, 10 e 15. e medidas sob um microscópio estereoscópico usando software ImageJ. Variáveis morfométricas de comprimento padrão (CP), comprimento da cabeça (CC), altura do corpo (AC) e diâmetro do olho (DO) foram analisadas individualmente. Em seguida foram determinados o ganho de crescimento médio e a taxa de crescimento. Também foi correlacionado o desempenho entre variáveis em relação às mudanças de proporções corporais. Os dados temporais foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com médias repetidas no tempo, também submetidos a análise de variância, com contrastes ortogonais e significância de 5%. As observações constataram que 25% das larvas de carapeba apresentavam malformações esqueléticas. O diâmetro do olho foi considerado como grande em todo o desenvolvimento, sendo que o ganho de crescimento médio e a taxa de crescimento médio, foram maiores para as variáveis comprimento da cabeça. As correlações AC - CP e CC - CP foram consideradas como alometria positiva, enquanto que, para DO - CC a alometria foi negativa.

Palavras-chave: Crescimento alométrico, desenvolvimento larval, deformidades esqueléticas.

**Skeletal alterations and zootechnical development of the larvae of *Eugerres
brasilianus* (CUVIER 1830).**

ABSTRACT

This study analyzed the zootechnical, morphological and allometric growth development of larvae of *Eugerres brasilianus* under controlled laboratory conditions. The experiment was performed with animals produced in the Maritime Fish Farm Laboratory – LAPMAR – at the Federal University of Santa Catarina in Florianópolis, SC (Laboratório de Piscicultura Marinha – LAPMAR, da Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis-SC). Samples of fifteen larvae at four points in time were randomly collected: DAH (days after hatching) 1, 5, 10 and 15 and measured under a stereoscopic microscope using ImageJ software. The morphological variables of standard length (SL), head length (HL), body height (BH) and eye diameter (ED) were analyzed individually. Next, gains in average weight and growth were determined. The performance between the variables in relation to the changes in body proportions was also correlated. Temporal data was analyzed in a completely casual design with repeated average times, and also submitted to variance analysis with orthogonal contrasts and a significance level of 5%. Observations showed that 25% of the *Eugerres brasilianus* larvae presented skeletal malformations. The eye diameter was considered large in all the development, and the average growth gain and average growth rate were larger for the variables of the head length. The correlations BH – SL and HL – SL had a positive allometry, while the ED – HL had a negative allometry.

Key Words: Allometric growth, larval development, skeletal deformities.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado registrada pela FAO (2016) alcançou 167,2 milhões de toneladas em 2014, sendo que 44,2% do total da produção mundial foram originários da aquicultura dulcícola e marinha. Mais recente do que a aquicultura dulcícola, a aquicultura marinha participou no período de 2007 a 2014 com 36% da produção de pescado e um crescimento de 9,5% nesse período. Este crescimento criou uma demanda por formas jovens e novas espécies para o cultivo em cativeiro, a exemplo da carapeba, indicada por Cavalli *et al.* (2011) e Ferraz *et al.* (2013) como espécie potencial.

A carapeba pertence à família Gerridae (CRUZ-AGÜERO *et al.*, 2012), possui corpo comprimido verticalmente, focinho pontudo e boca protrátil (NELSON, 2006; LIN *et al.*, 2006) a *Eugerres brasilianus* (carapeba-listrada) está distribuída no Atlântico Ocidental, com registro em Porto Rico, Caribe, Belize e Brasil (FIGUEIREDO e MENEZES, 2000). É uma das espécies com potencial para a piscicultura marinha no Brasil (CAVALLI *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2015), à medida que existe uma boa aceitação no mercado (BEZERRA *et al.*, 2001), é comercialmente importante para a pesca costeira e lagunar no Atlântico Oeste (GONZÁLEZ-ACOSTA *et al.*, 2007), podem atingir 50 cm de comprimento (FIGUEIREDO e MENEZES, 2000) as desovas ocorrem no período da primavera e verão.

O interesse pela produção da carapeba em cativeiro vem estimulando a realização de estudos sobre a biologia, morfologia e reprodução em cativeiro. Para Teixeira *et al.* (2013) a carapeba tem facilidade de adaptação ao cultivo e boa aceitação à ração.

O objetivo do presente trabalho foi determinar possíveis alterações esqueléticas, o desempenho zootécnico, a taxa de crescimento e as relações entre as características: comprimento padrão, altura corporal, comprimento da cabeça e diâmetro do olho em larvas de carapeba.

MATERIAIS E MÉTODOS

Locais de coleta:

Larvas de carapeba *Eugerres brasilianus* foram obtidas no período de março a maio de 2015, a partir de reprodutores nascidos em cativeiro no Laboratório de Piscicultura Marinha –LAPMAR, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis –SC.

Após as desovas, as larvas foram mantidas em incubadoras de 200 litros, com leituras diárias dos níveis de salinidade mensurado por um Salinômetro Instrutherm RTS-101ATC-03137 (São Paulo, Brasil), o pH com um pHmetro AT 300, oxigênio dissolvido e temperatura por um Oxímetro AT 150, Alfakit, Florianópolis, SC, Brasil.

Tabela 1 – Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.

Variáveis	Valores
Salinidade (‰)	35
Oxigênio (mg/l)	5,22 ± 0,61
pH	7,6 – 7,8
Temperatura (°C)	26,6 ± 0,78

As coletas aconteceram de forma aleatória, recolhendo 15 larvas por amostra nos dias 1, 5, 10 e 15 DAE (Dias Após Eclosão). Em seguida, foram eutanasiadas com benzocaína a 0,1gL⁻¹ e colocadas em uma solução de formalina a 10% e, após 24 horas, transferidas para solução alcoólica a 70% para posterior análise no LASOA – Laboratório de Aquicultura e Sanidade de Organismos Aquáticos da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia – UFBA.

Cada indivíduo foi fotografado em aumentos de 4x e 10x, no microscópio estereoscópico LEICA, modelo EZ40, equipado com máquina fotográfica. Para padronização das imagens, utilizou-se uma lâmina micrometrada de 1(um) milímetro com subdivisão equivalente a 10 µm. As imagens foram medidas utilizando o software de análise de imagem IMAGE J.

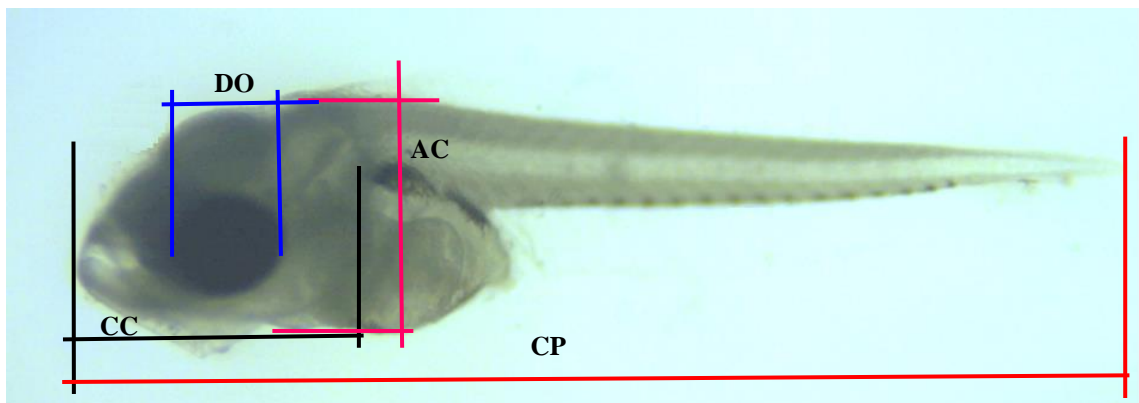
Para definição dos diferentes estágios de desenvolvimento das larvas, adotou-se a classificação adaptada por Agostinho *et al.* (2003).

As larvas foram medidas individualmente segundo critérios adaptados de (NAKATANI *et al.*, 2001; KUPREN *et al.*, 2014) para obter informações referentes às seguintes variáveis:

- Comprimento Padrão – CP (distância entre a extremidade rostral e o pedúnculo caudal);
- Diâmetro do Olho – DO (diâmetro do olho medido horizontalmente);
- Comprimento da Cabeça – CC (distância da ponta do focinho até a porção óssea posterior do opérculo);
- Altura do Corpo – AC (maior distância perpendicular entre a base da nadadeira embrionária até a região ventral da larva);

Os marcos morfométricos para CP, CC, AC e DO das larvas de carapeba seguiram os padrões apresentados por Nakatani *et al.* (2001); Kupren *et al.* (2014) (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de representação dos marcos para medidas das variáveis alométricas em larvas de carapeba, sendo CP- comprimento padrão, CC- comprimento da cabeça, AC- altura do corpo e DO- diâmetro do olho.



Para comparar o crescimento de cada variável ou parte do corpo em relação ao conjunto, os dados foram transformados para logaritmo e a equação linear no formato $\text{Log } y = b \text{ Log } (x) + \text{Log } (a)$, de acordo ROCHA *et al.*, (2015), para obtenção dos valores de b , que indicam o tipo de relação entre as variáveis ($b > 1$, alometria positiva; $b < 1 > 0$, alometria negativa; $b = 1$, isometria). De forma semelhante ao que foi trabalhado por

Bialezki *et al.* (1998) as variáveis morfométricas, altura do corpo, comprimento da cabeça e diâmetro do olho foram correlacionadas para conhecer o percentual de alteração de cada variável em função da outra.

O crescimento de peixes pode ser medido através do comprimento corporal em função da idade (ROCHA *et al.*, 2015). As mudanças morfológicas em vertebrados são conhecidas como importantes fatores de descrição dos estágios da vida, onde juvenis e adultos apresentam diferentes morfologias e são frequentemente associadas com transições ecológicas (BARROS *et al.*, 2015), além de permitir comparações de diferentes estágios de desenvolvimento entre as espécies com outras características morfológicas (GUIMARÃES-CRUZ *et al.*, 2014). As larvas das espécies estudadas, apresentaram-se dentro dos estágios de desenvolvimento larval vitelino, pré-flexão e flexão.

Outras observações referentes às relações corporais para o comprimento padrão, altura do corpo, comprimento de cabeça e diâmetro do olho foram determinadas de acordo com as categorias adaptadas por Nakatani *et al.*, (2001).

Após obtenção dos dados, foi calculado o Ganho de Crescimento Médio - GCM (em mm) e a Taxa de Crescimento Médio – TCM (em %) para as variáveis comprimento padrão (CP), comprimento da cabeça (CC), altura do corpo (AC) e diâmetro do olho (DO), utilizando as seguintes fórmulas:

$$GCM = C_f - C_i$$

$$TCM = (C_f - C_i / C_i) \times 100$$

onde: GCM é o ganho de crescimento médio (mm),

TCM é a taxa e crescimento médio (%),

C_f é o crescimento final,

C_i é o crescimento inicial.

Para visualização das estruturas internas, as larvas foram submetidas ao processo de diafanização adaptado a partir do protocolo de Ribeiro *et al.*, (2014).

Estatística

Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o pacote estatístico SAS® (SAS INSTITUTE, 2014). Os dados de comprimento médio, taxa de comprimento médio e comprimento final e a média geral das variáveis estudadas foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado utilizando-se o procedimento MIXED e os coeficientes de correlação de Pearson foram obtidos pelo comando PROC CORR.

Os dados temporais foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, através de um modelo de efeito misto. Várias estruturas de covariâncias dos erros foram ajustadas, sendo utilizadas as com menor valor para o Critério Bayesiano de Schwarz (BIC). Os graus de liberdade foram ajustados utilizando a opção Kenward-Rogers. Após os dados serem submetidos a análise de variância, contrastes ortogonais foram utilizados para testar os efeitos linear e quadrático. Significância foi declarada para $P < 5\%$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre o DAE 1 e DAE 15, foram identificadas malformações esqueléticas na coluna vertebral em 25% das larvas analisadas, sendo caracterizadas como dos tipos lordose, cifose e escoliose e quantificadas a cada avaliação (Figura 2 e Tabela 2).

As larvas apresentaram um comprimento padrão médio para o DAE 1 de $1,29 \pm 0,10$ mm e no DAE 15, de $2,77 \pm 0,15$ mm. Nesse período amostral as larvas atingiram três estágios de desenvolvimento: Larval vitelino, pré-flexão e flexão, de acordo com os critérios adotados por Agostinho *et al.* (2003).

Dentre as deformidades a lordose foi a mais constante. Contudo, a maior incidência de malformações foi registrada em larvas do DAE 5, sugerindo a ação de fatores causadores de deformidades permaneceu nos períodos subsequentes (tabela 2). No entanto, tais fatores não foram objeto desse estudo.

Figura 2. Larvas de carapeba *Eugerres brasilianus* coletadas entre os dias após eclosão - DAE 1, 5, 10 e 15, apresentando diferentes graus de deformidades esqueléticas. As setas indicam as malformações L- Lordose, C- cifose e E- Escoliose.

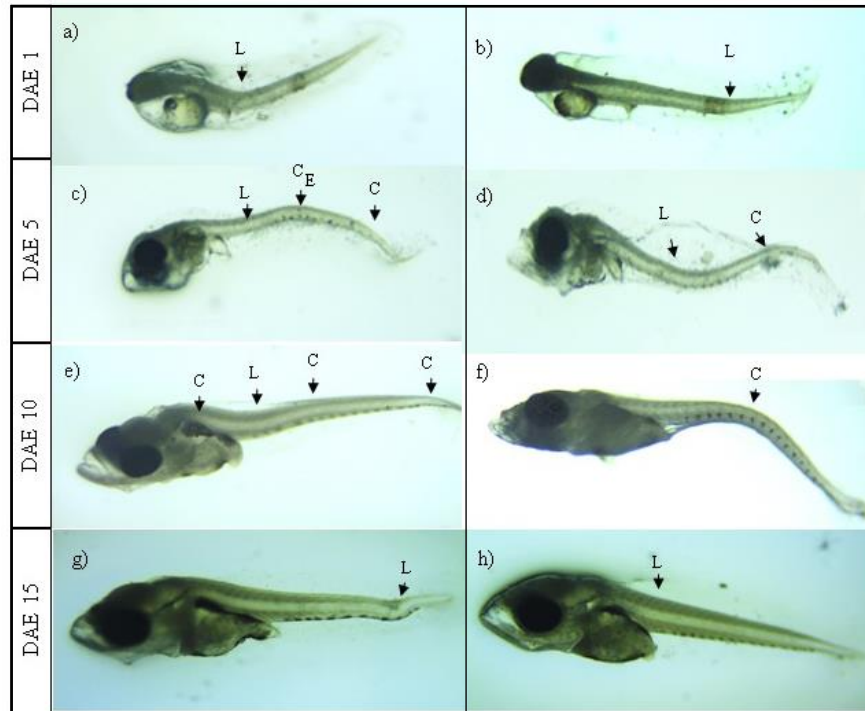


Tabela 2. Quantidade de deformidades esqueléticas encontradas em larvas de carapeba *Eugerres brasilianus* entre o DAE 1 e DAE 15.

Larva	DAE 1	DAE 5	DAE 10	DAE 15
1	-	-	-	-
2	-	-	L - C	-
3	L	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	L - C	-	-
6	-	-	-	-
7	L	L - C - E	-	-
8	-	-	-	-
9	-	L - C	-	L
10	-	-	-	-
11	L	L - C - E	-	-
12	-	L - C - E	L - C	L - C - E
13	-	-	-	L - C
14	-	L	-	L - C - E
15	-	-	-	-
TOTAL	3	6	2	4

O ganho de crescimento médio e a taxa de crescimento médio, foram percentualmente maiores para as variáveis comprimento da cabeça (311,3%) e diâmetro do olho (205%), quando comparado com os das demais variáveis estudadas (Tabela 3), o que sugere adaptação da espécie para a alimentação com organismos vivos. Para Mazurais *et al.* (2011) a cabeça e os olhos se desenvolvem mais rápido que as demais estruturas, para garantir a sobrevivência das larvas, uma vez que, necessitam localizar e capturar as suas presas. Larvas de peixes marinhos são predadores visuais no início da alimentação (BOZZANO *et al.*, 2007). De forma complementar, para Kupren *et al.* (2015) o rápido crescimento da região da cabeça, provavelmente está ligada ao desenvolvimento nervoso, sensorial, respiratório e sistema alimentar.

Tabela 3. Ganho de Crescimento Médio - GCM e Taxa de Crescimento Médio - TCM, calculados a partir do comprimento médio inicial - Ci e comprimento médio final - Cf, no período DAE 1 e DAE 15.

Variáveis	Ci (mm)	Cf (mm)	GCM (mm)	TCM (%)
CP	1,298	2,774	1,477	113,8
CC	0,167	0,687	0,52	311,3
AC	0,196	0,643	0,447	25,2
DO	0,079	0,24	0,161	205,2

O coeficiente de inclinação da reta obtido para as variáveis CP, CC, AC e DO ao longo do desenvolvimento das larvas de carapeba foram para CP = 0,1153; CC = 0,0391; AC = 0,0345 e DO = 0,0125, os quais demonstraram uma tendência de crescimento contínuo ao longo do tempo (Figura 3).

A correlação entre as variáveis morfométricas, apresentaram nível de significância para $P < 0,05$ entre as relações CC-CP; AC-CP; DO-CP; DO-CC e AC-CC, não sendo significativo para DO-AC. Dessa forma, os coeficientes de correlação de Pearson adotados por Mendes, (1999), caracterizaram esta correlação como forte para AC-CC, moderada para CC-CP; AC-CP; DO-CP e fraca para DO-CC e DO-AC. Embora AC e CP e DO e CP apresentem uma correlação positiva e forte, indicando um crescimento conjunto e sincrônico dessas variáveis, o DO mostrou-se fracamente associado ao CC e à

AC do peixe, crescendo com velocidade diferenciada e própria, para o que não foi encontrada explicação na literatura consultada.

Figura 3. Equações de crescimento das variáveis: Comprimento padrão, altura do corpo, comprimento da cabeça, diâmetro do olho da carapeba entre o DAE 1 e DAE 15, com nível de significância $P < 0,0001$.

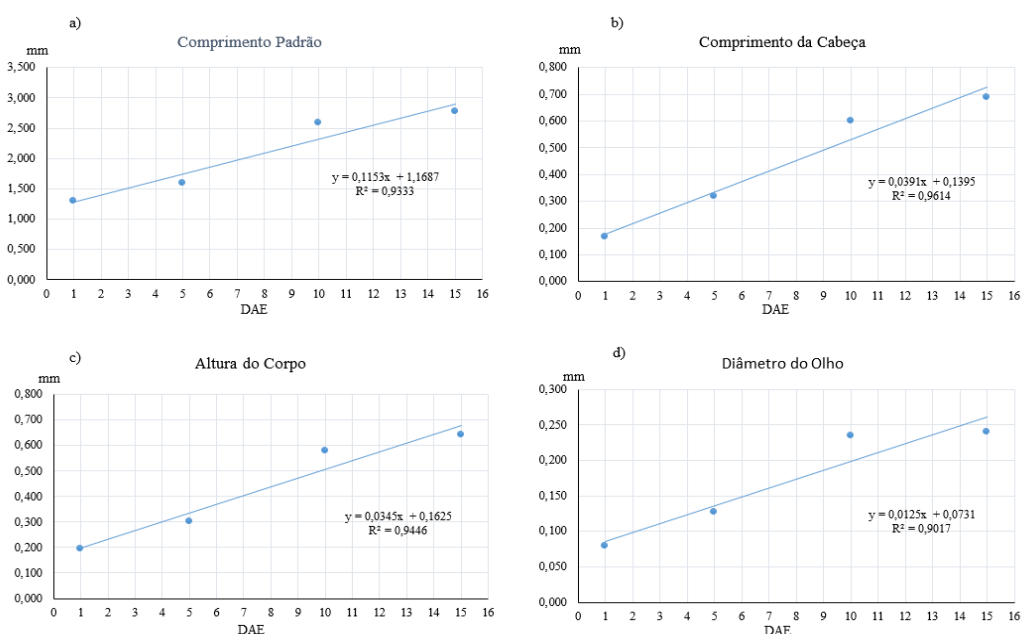


Tabela 4. Correlação entre duas variáveis morfométricas das larvas de carapeba no período entre DAE 1 e DAE 15, para $P < 0,05$.

Variáveis	CP		CC		AC		DO	
	r	P	R	P	r	P	r	P
CP	1							
CC	0,68599	0,0047	1					
AC	0,60196	0,0176	0,83235	0,0001	1			
DO	0,70472	0,0033	0,49871	0,0584	0,33413	0,2235	1	

r – coeficiente de correlação; P – grau de significância

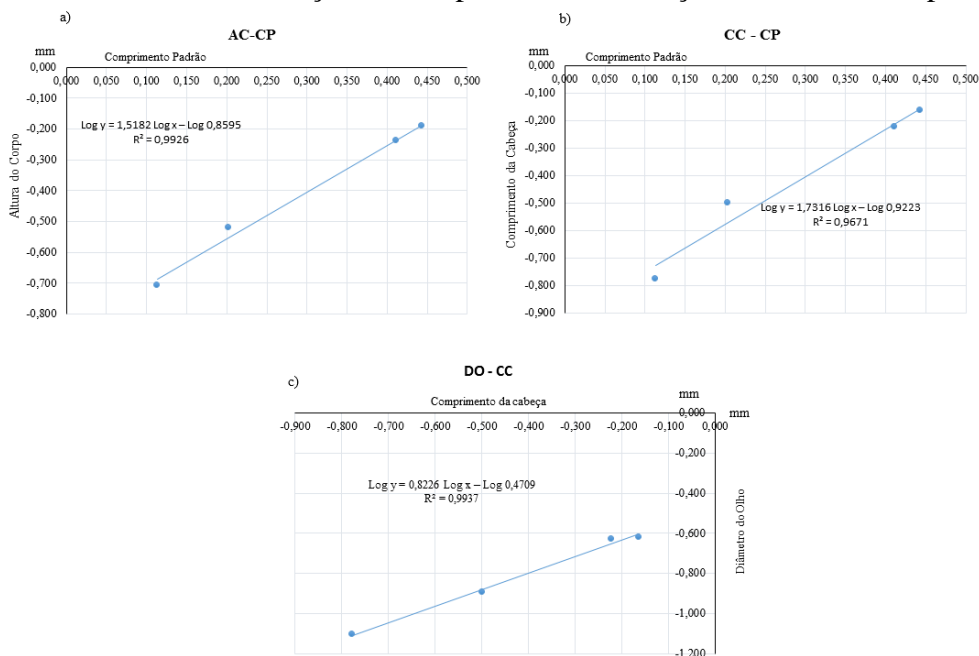
A altura do corpo em função do comprimento padrão apresentou comportamento de crescimento linear, onde a relação para DAE 1 e DAE 5 foi de 3,77% e entre o DAE 5 e DAE10 de 3,60%, reduzindo para 0,73% entre os DAE10 e DAE15, (tabela 5 e figura 3). Seguindo os critérios de classificação adotados por Nakatani *et al.* (2001), as larvas

foram classificadas como de corpo longo entre o DAE 1 e o DAE 5 e, devido ao seu desenvolvimento, para um corpo moderado entre o DAE 10 e DAE 15.

Tabela 5. Relações morfométricas encontradas em larvas de carapeba para a altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão e diâmetro do olho em relação ao comprimento da cabeça.

DAE	AC / CP (%)	CC / CP (%)	DO / CC (%)
1	15,07	12,88	47,01
5	18,84	19,84	40,17
10	22,44	23,25	39,11
15	23,17	24,77	34,89

Figura 4. Relação alométrica entre as variáveis altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em função do comprimento padrão e diâmetro do olho em função ao comprimento da cabeça de larvas de carapeba.



A relação do CC em função do CP entre os dias DAE 1 e o DAE 15, aumentou 92,3%, com crescimento acentuado entre os DAE 1 e DAE 5, quando houve um incremento de 7,04%. O menor crescimento foi registrado entre o DAE 10 e DAE 15. O

percentual encontrado, caracteriza a larva como de cabeça pequena até o DAE 5, passando para o conceito de cabeça moderada entre o DAE 10 e DAE 15 (Tabela 6).

Os olhos das larvas de carapeba foram classificados como grandes (NAKATANI et al., 2001), permanecendo nessa classificação durante todo o horizonte amostral. No DAE 1 o DO foi bastante pronunciado em relação a CC, reduzindo à medida em que a larva se desenvolveu (Tabela 6). Houve uma diminuição no percentual de relação DO-CC ao longo do tempo, devido ao crescimento do corpo maior que o crescimento do olho. Essa relação DO-CC pode ser classificada como alometria negativa ($b < 1$), segundo Rocha *et al.* (2015), (Tabela 6).

Tabela 6. Relação alométrica e crescimento alométrico das larvas de carapeba identificado pelos valores do coeficiente alométrico (b) e coeficiente de determinação (R^2) para as características: Comprimento Padrão (CP), Altura do Corpo (AC), Comprimento da cabeça (CC) e Diâmetro do Olho (DO).

Relação	b	R^2	Crescimento
AC - CP	1,5182	0,99	Alometria Positiva
CC - CP	1,7316	0,96	Alometria Positiva
DO - CC	0,8226	0,99	Alometria Negativa

($b > 1$) Alometria Positiva; ($b < 1$) Alometria Negativa; ($b = 0$) Isometria

As relações alométricas apresentadas pelas larvas de carapeba para a altura do corpo (AC) e comprimento da cabeça (CC) em função do comprimento padrão (CP), demonstraram que essas variáveis apresentaram crescimento proporcionalmente maior do que o comprimento padrão (alometria positiva). A relação diâmetro do olho (DO) em função do comprimento da cabeça (CC), apresentou um crescimento proporcionalmente menor para o DO quando comparado com o crescimento da cabeça CC (alometria negativa), corroborando com as observações de Bialetzki *et al.* (1998) de que as partes da wçcabeça alteram-se de forma desigual. Essa variação morfológica ocorre através do desenvolvimento prioritário das estruturas da cabeça, como instrumento funcional para a sobrevivência das larvas, principalmente larvas de espécies marinhas, cuja maioria é essencialidade carnívora.

A avaliação das deformidades pelo processo de diafanização não obteve êxito devido à fragilidade das larvas à ação do Hidróxido de Potássio (KOH). Foram feitas

algumas variações no tempo de exposição das larvas ao KOH, fazendo o mesmo para a Alizarina, sem que as larvas fossem coradas. Fato semelhante ocorreu com Torres-Silva, (2015), que atribuiu a não pigmentação pela Alizarina, à baixa calcificação das estruturas ósseas das larvas nesta fase.

CONCLUSÃO

As larvas de carapeba produzidas em laboratório apresentaram incidência de deformidades esqueléticas de 25%, o que sinaliza para a necessidade de ajustes na estrutura dos laboratórios e nos protocolos de reprodução e larvicultura.

Os animais amostrados tiveram crescimento alométrico positivo para a altura do corpo em função do comprimento padrão e do comprimento da cabeça em função do comprimento padrão, seguido de crescimento alométrico negativo para diâmetro do olho em função do comprimento da cabeça, indicando que as partes do corpo alteram-se de maneira desigual, com prioridade para as estruturas da cabeça.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; et al. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação (CD-ROM). 1a Edição ed. Maringá, PR, 2003.
- BARROS, B.; SAKAI, Y.; PEREIRA, P. H. C.; GASSET, E.; BUCHET, V.; MAAMAATUAIAHUTAPU, M.; READY, J. S.; OLICEIRA, Y.; GIARRIZZO, T.; VALLINOTO, M. Comparative allometric growth of the mimetic ephippid reef fishes *Chaetodipterus faber* and *Platax orbicularis*. Plos One, p. 1–16, 2015.
- BEZERRA, R. DE S.; VIEIRA, V. L. A.; SANTOS, A. J. G. Ciclo reprodutivo da carapeba prateada *Diapterus rhombeus* (Curier, 1829) no litoral de Pernambuco - Brasil. Tropical Oceanography, v. 29, n. L, p. 67–78, 2001.
- BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; NAKA. Caracaterização morfológica e distribuição temporal de larvas e juvenis de *Apareiodon affinis*

(Steindachner) (Osteichthyes, parodontidae) no alto rio Paraná, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia, v. 15, n. 4, p. 1037–1047, 1998.

BOZZANO, A.; PANKHURST, P. M.; SABATÉS, A. Early development of eye and retina in lanternfish larvae. Visual Neuroscience, v. 24, p. 423–436, 2007.

CAVALLI, R. O.; DOMINGUES, E. D. C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios Development of open ocean marine fish farming in Brazil: possibilities and constraints. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, p. 155–164, 2011.

COSTA, W. DE M.; CARVALHO, C. V. A. DE; PASSINI, G.; TELES, A.; CERQUEIRA, V. R. First feeding of *Eugerres brasilianus* (Carapeva) larvae with *Acatia tonsa* (Copepod) nauplii increases survival and resistance to acute stress. Boletim da Indústria Animal, v. 72, p. 277–283, 2015.

EIRAS-STOFELLA, D. R.; FANTA, E. Ontogenesis of *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) (Perciformes - Gerridae) obtained by fertilization “in vitro”. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, p. 21–35, 1991.

FAO. The State of World Fisheries and aquaculture. Rome, 2016.

FERRAZ, E. DE M.; PETERSEN, R. L.; PASSINI, G.; CERQUEIRA, V. R. Híbridos Recíprocos obtidos por cruzamentos entre os robalos *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*. Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53–61, 2013.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 111 p., 2000.

GONZÁLEZ-ACOSTA, A. F.; CRUZ-AGÜERO, J. DE; CASTRO-AGUIRRE, J. L. A review of the marine western atlantic species of the Genus *Eugerres* (Perciformes: Gerridae). Bulletin of Marine Science, v. 80, n. 1, p. 109–124, 2007.

GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; VELOSO-JÚNIOR, V. C.; SALES, N. G.; OLIVEIRA, D. A. A.; SANTOS, J. E. Allometric growth patterns in hatchery-reared larvae of the

catfish *Lophiosilurus alexandri* (Pisces: Pseudopimelodidae). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, p. 284–288, 2014.

KUPREN, K.; NOWOSAD, J.; ŻARSKI, D.; TARGOŃSKA, K.;
HAKUĆBLAZOWSKA, A.; KUCHARCZYK, A. Early development and allometric growth in laboratory-reared european chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 398, p. 391–398, 2015.

KUPREN, K.; TRABSKA, I.; ZARSKI, D.; KREJSZEFF, S.; KUCHARCZYK, D.;
PALINSKA-ZARSKA, K. Early development and allometric growth patterns in turbot *Lota lota* L. Aquacult Int, p. 29–39, 2014.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.;
SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. Ovos e larvas de peixes de água doce - Desenvolvimento e manual de identificação. Maringá, PR. Brasil: EDUEM, 2001.

RIBEIRO, C. A. DE O.; REIS FILHO, H. S. DOS; GRÖTZERNER, S. R. Técnicas e Métodos para Utilização Prática em Microscopia. 2014.

ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. DE A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. DAS D. F. DA. Relações entre características de crescimento no curimatá (*Prochilodus lineatus*), considerando as famílias de meio-irmãos maternos. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, v. 8, n. 2, p. 113–116, 2015.

CAPÍTULO 3

Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de bijupirá (*Rachycentron canadum*, LINNAEUS, 1766)

Alterações esqueléticas e desenvolvimento zootécnico de larvas de bijupirá
(*Rachycentron canadum*, LINNAEUS, 1766)

RESUMO

Este estudo analisou o desenvolvimento zootécnico, morfológico e crescimento alométrico de larvas do bijupirá *Rachycentron canadum*, espécie de interesse para a piscicultura criadas sob condições controladas de laboratório. O experimento foi realizado a partir de animais produzidos no Laboratório de Piscicultura Marinha – da Bahia Pesca S.A. em Santo Amaro-Ba. Foram coletadas aleatoriamente amostras contendo quinze larvas em quatro momentos: DAE (dias após eclosão) 1, 5, 10 e 15. e medidas sob um microscópio estereoscópico usando software ImageJ. Variáveis morfométricas de comprimento padrão (CP), comprimento da cabeça (CC), altura do corpo (AC) e diâmetro do olho (DO) foram analisadas individualmente. Em seguida foram determinados o ganho de crescimento médio e a taxa de crescimento. Também foi correlacionado o desempenho entre variáveis em relação às mudanças de proporções corporais. Os dados temporais foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com médias repetidas no tempo, também submetidos a análise de variância, com contrastes ortogonais e significância de 5%. Não foram observadas larvas de bijupirá apresentando malformações esqueléticas. O diâmetro do olho foi considerado como grande em todo o desenvolvimento, sendo que o ganho de crescimento médio e a taxa de crescimento médio, foram maiores para as variáveis comprimento da cabeça. As correlações AC - CP e CC - CP foram consideradas como alometria positiva, enquanto que, para DO - CC a alometria foi negativa, condições que configuram adaptações de desenvolvimento prioritário para as estruturas da cabeça.

Palavras-chave: Piscicultura marinha, crescimento alométrico, desenvolvimento larval

Skeletal alterations and zootechnical development of larvae of *Rachycentron canadum*, (LINNAEUS, 1766)

ABSTRACT

This study analyzed the zootechnical, morphological and allometric growth of larvae of *Rachycentron canadum*, a species of interest for maritime fish farming bred under controlled laboratory conditions. The experiment was performed in the Marine Fish Farming Laboratory of Bahia Pesca (Laboratório de Piscicultura Marinha) in Santa Amaro – Ba. Samples containing fifteen larvae were collected at four different moments: DAH (days after hatching) 1, 5, 10 and 15 and measured under a stereoscopic microscope using ImageJ software. The morphological variables of standard length (SL), head length (HL), body height (BH) and eye diameter (ED) were analyzed individually. Following this, the average growth gain and rate of growth were determined. The performance between the variables in relation to the changes in body proportion was also correlated. The temporal data were analyzed in a completely casual design with repeated averages over time as well as being submitted to variance analysis with orthogonal contrasts and a significance level of 5%. No *Rachycentron canadum* larvae observed showed any skeletal malformations. The diameter of the eye was considered large throughout its whole development, and the gains in average growth and the average rate of growth were larger for the variables of head length. The correlations BH – SL and HL – SL had positive allometry whereas for ED – HL the allometry was negative, conditions which configure priority adaptations in development for the structure of the head.

Key Words: Maritime fish farming, allometric growth, larval development

INTRODUÇÃO

O *Rachycentron canadum* (LINNAEUS, 1766), é comumente chamado de bijupirá, beijupirá em português; cobia, black kingfish ou ling, em inglês e mafou, em francês, (PEREGRINO *et al.*, 2014) é o único representante da família Rachycentridae, com ampla distribuição em águas tropicais e subtropicais (SHAFFER e NAKAMURA, 1989), todo o litoral brasileiro, incluindo o arquipélago de Trindade (MENEZES; FIGUEIREDO, 1980). Espécie de corpo e fusiforme, cabeça longa, deprimida, focinho largo, olho e escamas pequenas, boca terminal, mandíbula inferior e projetada, marrom-escuro no dorso, marrom claro nos lados e abaixo, uma faixa preta lateral na largura do olho, limitada acima e abaixo por faixas mais claras (SHAFFER E NAKAMURA, 1989).

Apesar do enorme interesse em sua produção, inclusive com iniciativas nos estados de São Paulo, Bahia, Pernambuco e Espírito Santo, ainda são poucos os estudos científicos sobre esta espécie (CAVALLI e HAMILTON, 2009).

O objetivo do presente trabalho foi determinar possíveis alterações esqueléticas, o desempenho zootécnico a taxa de crescimento e as relações entre as características: comprimento padrão, altura corporal, comprimento da cabeça e diâmetro do olho em larvas de bijupirá.

MATERIAIS E MÉTODOS

Locais de Coleta:

Larvas da bijupirá *R. canadum*, foram obtidas no período de março a maio de 2015, por desova natural, a partir de reprodutores nascidos em cativeiro, no Laboratório de Piscicultura Marinha da Fazenda Oruabo, de propriedade da Bahia Pesca S.A., no município de Santo Amaro - BA.

Após as desovas, as larvas foram mantidas em incubadoras de 200 L, com leituras diárias dos níveis de salinidade mensurado por um Salinômetro Instrutherm RTS-101ATC-03137 (São Paulo, Brasil), pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água na unidade de cultivo foram medidas através de sonda multiparâmetro marca HANNA,

modelo HI 9828, e amônia total usando o ALFAKIT, Florianópolis, SC, Brasil (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores das variáveis físico-químicas durante o cultivo em laboratório.

VARIÁVEIS	Valores
Salinidade (‰)	33 – 35
Oxigênio (mg/L)	6 – 7
pH	7,7 – 7,8
Temperatura (°C)	25 – 27
Amônia Tóxica (mg/L)	0,0 - 0,2

As coletas aconteceram de forma aleatória após a eclosão, recolhendo 15 larvas por amostra nos dias 1, 5, 10 e 15 DAE (Dias Após Eclosão). Em seguida, foram eutanasiadas com benzocaína a $0,1\text{gL}^{-1}$ e colocadas em uma solução de formalina a 10% e, após 24 horas, colocados em solução alcoólica a 70% para posterior análise no LASOA – Laboratório de Aquicultura e Sanidade de Organismos Aquáticos da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia – UFBA. Cada indivíduo foi fotografado em aumentos de 4x e 10x, no microscópio estereoscópico LEICA, modelo EZ40, equipado com máquina fotográfica. Para padronização das imagens, utilizou-se uma lâmina micrometrada de 1(mm) milímetro com subdivisão equivalente a 10 μm . As imagens foram medidas utilizando o software de análise de imagem IMAGE J Launcher.

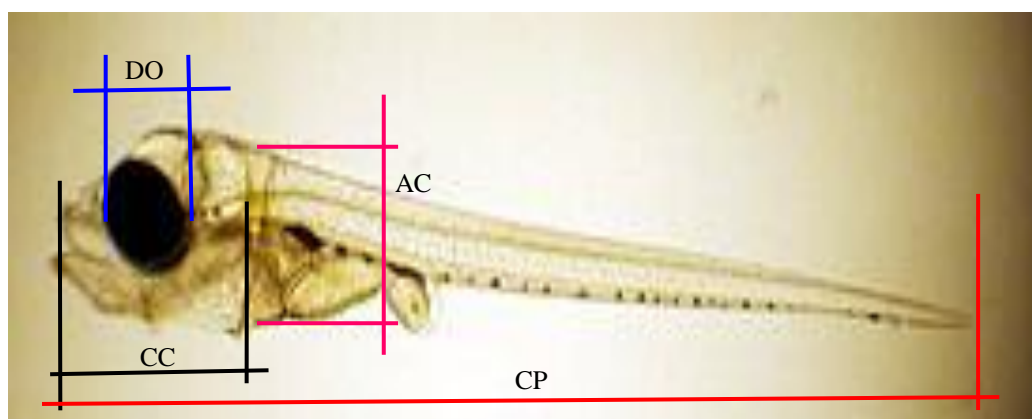
Para definição dos diferentes estágios iniciais de desenvolvimento, adotou-se a classificação das larvas em quatro estágios de desenvolvimento, conforme Eiras-Stofella e Fanta, (1991), adaptada por Agostinho *et al.* (2003) em função do desenvolvimento da nadadeira caudal e seus elementos de suporte.

As larvas foram medidas individualmente segundo critérios adaptados de (NAKATANI *et al.*, (2001; KUPREN *et al.*, 2014) para obter informações referentes às seguintes variáveis:

- Comprimento Padrão – CP (distância entre a extremidade rostral e o pedúnculo caudal);
- Diâmetro do Olho – DO (diâmetro do olho medido horizontalmente);
- Comprimento da Cabeça – CC (distância da ponta do focinho até a porção óssea posterior do opérculo);
- Altura do Corpo – AC (maior distância perpendicular entre a base da nadadeira embrionária até a região ventral da larva);

Os marcos morfométricos para CP, CC, AC e DO das larvas de bijupirá seguiram os padrões apresentados por Nakatani et al., (2001) e Kupren *et al.*, 2014) (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de representação dos marcos morfométricos para medidas das variáveis alométricas em larvas de bijupirá, sendo CP- comprimento padrão, CC- comprimento da cabeça, AC- altura do corpo e DO- diâmetro do olho.



Para comparar o crescimento de cada variável ou parte do corpo em relação ao conjunto, os dados foram transformados para logaritmo e utilizando a equação linear no formato $\text{Log } y = b \text{ Log } (x) + \text{log } (a)$, de acordo com Rocha *et al.* (2015). Diz também que a alometria é positiva quando ($b > 1$), significa que uma variável cresce mais que a outra. A alometria negativa ($b < 1$) quando a parte cresce a uma taxa menor em relação a variável e, quando $b = 1$, a relação é considerada isométrica.

De forma semelhante ao que foi trabalhado por Bialezki *et al.* (1998) as variáveis morfométricas, altura do corpo, comprimento da cabeça e diâmetro do olho foram correlacionadas para conhecer o percentual de alteração entre as variáveis e assim determinar o coeficiente de Pearson.

Outras observações referentes às relações corporais para o comprimento padrão, altura do corpo, comprimento de cabeça e diâmetro do olho foram determinadas de acordo com as categorias adaptadas por Nakatani *et al.* (2001).

Após obtenção dos dados, foi calculado o Ganho de Crescimento Médio - GCM (em mm) e a Taxa de Crescimento Médio – TCM (em %) para as espécies, utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{GCM} = C_f - C_i$$

$$\text{TCM} = (C_f - C_i / C_i) \times 100$$

Onde:

GCM - ganho de crescimento médio (mm),

TCM - taxa e crescimento médio (%),

C_f - crescimento final,

C_i - crescimento inicial.

Estatística

As análises estatísticas foram feitas utilizando o pacote estatístico SAS® (SAS INSTITUTE, 2014). Os dados de comprimento médio, taxa de comprimento médio e comprimento final e a média geral das variáveis estudadas foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado utilizando-se o procedimento MIXED e os coeficientes de correlação de Pearson foram obtidos pelo comando PROC CORR.

Os dados temporais foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, através de um modelo de efeito misto. Várias estruturas de covariâncias dos erros foram ajustadas, sendo utilizadas as com menor valor para o Critério Bayesiano de Schwarz (BIC). Os graus de liberdade foram ajustados utilizando a opção Kenward-Rogers. Contrastes ortogonais foram utilizados para testar os efeitos linear e quadrático. Significância foi declarada para $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As larvas de bijupirá coletadas entre o DAE 1 e DAE 15 não apresentaram deformidades esqueléticas na coluna vertebral.

O ganho de crescimento médio das larvas de bijupirá foi maior para o comprimento padrão, enquanto que a taxa de crescimento médio para cada característica estudada, foi maior para o comprimento da cabeça (CC) (Tabela 2). A cabeça e os olhos se desenvolvem mais rápido quando comparado com as demais estruturas, para garantir a sobrevivência das larvas, uma vez que, necessitam localizar e capturar as suas presas (MAZURAIIS *et al.*, 2011). A maioria das larvas de peixes marinhos eclodem de pequenos ovos pelágicos e são predadores fortemente visuais no início da alimentação (BOZZANO *et al.*, 2007), tendo o valor da TCM em 788,4% em relação ao tamanho inicial. Isto significa que a espécie prioriza o crescimento longitudinal em relação às demais variáveis estudadas.

Tabela 2. Ganho de Crescimento Médio - GCM e taxa de Crescimento Médio - TCM, calculados a partir do comprimento médio inicial - Ci e comprimento médio final - Cf, para larvas de bijupirá, no período DAE 1 e DAE 15.

	Bijupirá			
	Ci (mm)	Cf (mm)	GCM (mm)	TCM (%)
CP	2,70	7,07	4,37	161,7
CC	0,25	2,19	1,94	788,4
AC	0,18	1,05	0,87	485,7
DO	0,10	0,57	0,47	482,7

Os coeficientes de inclinação da reta obtidos para as variáveis CP, CC, AC e DO ao longo do desenvolvimento das larvas de bijupirá os coeficientes de CP = 0,0333; CC = 0,0145; AC = 0,0063 e DO = 0,0035. Demonstraram a tendência de crescimento em relação a todas as variáveis estudadas no intervalo de tempo (Figura 2).

A correlação entre as variáveis estudadas, apresentaram nível de significância para $P < 0,05$ entre as relações CC-CP; AC-CP; DO-CP; DO-CC e AC-CC, e não significativo para o DO-AC (Tabela 3). Contudo, os coeficientes de correlação de Pearson adotados

por Mendes (1999), caracterizaram esta correlação como moderada (0,5 a 0,7) para CC-CP; AC-CP; DO-CP, forte para AC-CC, indicando um crescimento sincrônico dessas variáveis, apresentou-se como fraca para a correlação DO-CC e DO-AC, com velocidade de crescimento diferenciada e própria, ainda sem explicação na literatura consultada.

Figura 2. Equações de crescimento das variáveis: Comprimento padrão, altura do corpo, comprimento da cabeça, diâmetro do olho da bijupirá entre o DAE 1 e DAE 15, com nível de significância $P < 0,0001$.

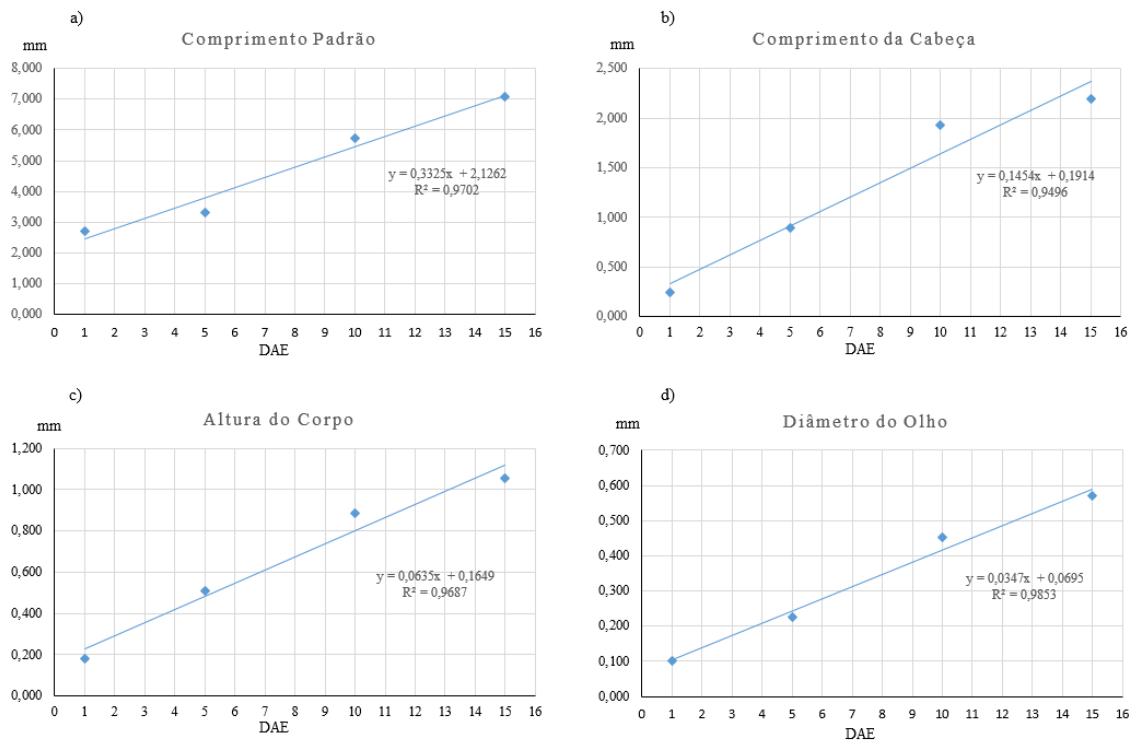


Tabela 3. Correlação entre duas variáveis morfométricas das larvas de carapeba no período entre DAE 1 e DAE 15. Para $P < 0,05$.

Variáveis	CP		CC		AC		DO	
	r	P	r	P	r	P	r	P
CP	1							
CC	0,92131	< 0,0001	1					
AC	0,80966	0,0003	0,74622	0,0014	1			
DO	0,82754	0,0001	0,82778	0,0001	0,88429	< 0,0001	1	

Os coeficientes de correlação de Pearson caracterizam a relação CC-CP como muito forte (0,9), sendo que as demais correlações AC-CP; AC-CC; DO-CP; DO-CC e DO-AC (0,7 a 0,9), qualificadas como forte, demonstrando que há dependência entre as variáveis (Tabela 3).

A Altura do Corpo – AC em função do Comprimento Padrão – CP apresentou um comportamento de crescimento linear, onde a relação para DAE 1 e DAE 5 foi de 3,77% e entre o DAE 5 e DAE10 de 3,60%, reduzindo para 0,73% entre os DAE10 e DAE15, (Tabela 4 e Figura 3). Entre o DAE 1 e o DAE 5, as larvas foram classificadas como de corpo longo (NAKATANI *et al.*, 2001), (quando AC entre 10,01 e 20% do CP) e entre o DAE 10 e DAE 15, devido ao desenvolvimento, para um corpo moderado (quando AC entre 20,01 e 40% do CP). As larvas de bijupirá apresentaram corpo muito longo (AC < 10% do CP) cujo incremento na relação de crescimento entre o DAE 1 e o DAE 5, foi de 229,68%, manteve estabilidade entre o DAE 5 e DAE 10. A relação de crescimento foi negativa entre os DAE10 e DAE15, com valor de -0,53%. Para a espécie, a alometria foi positiva para ($b > 1$), sendo o valor de para as larvas de bijupirá $b = 1,632$, sugerindo que houve o alongamento do corpo da larva maior que a altura.

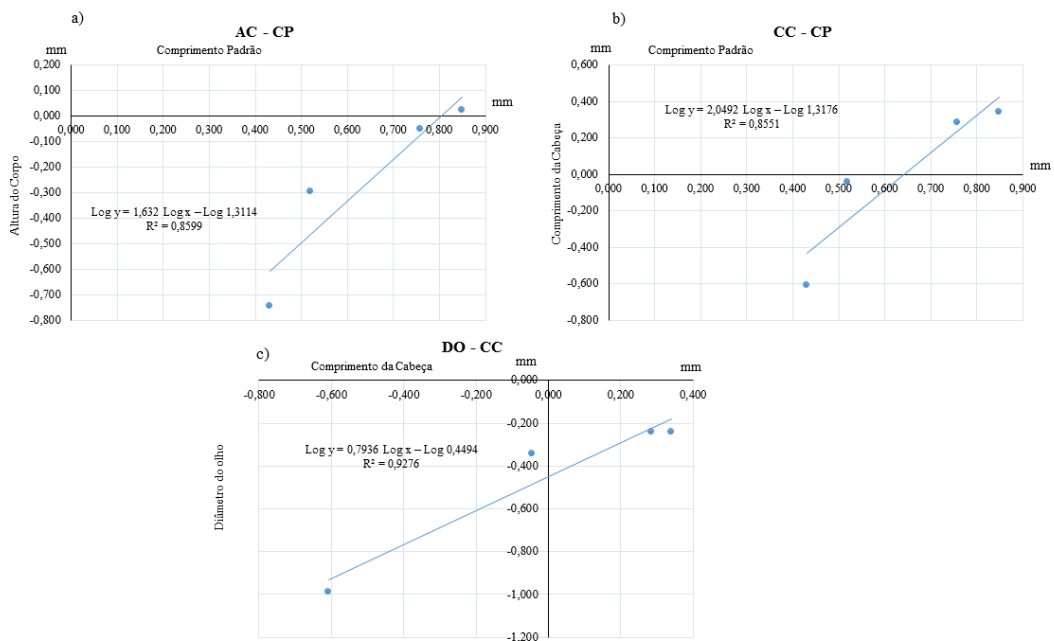
As larvas apresentaram uma relação inicial relação entre (CC) em função do comprimento padrão (CP) de 9,14%, qualificando-as como de cabeça pequena até o DAE 5, daí em diante, alterando para cabeça moderada (CC entre 20,01 e 33% CP) e uma amplitude de crescimento de 339% em relação ao comprimento padrão inicial. A relação CC-CP foi de 12,88%, uma alometria positiva para CC-CP ($b > 1$). Esta condição de desenvolvimento para as larvas de bijupirá pode ser relacionada ao hábito alimentar carnívoro da espécie.

Os olhos são classificados como grandes ($DO \geq 33,01\% CC$) (NAKATANI *et al.*, 2001), no período compreendido entre o DAE 1 e DAE 5, as larvas de bijupirá possuía um percentual de 41,62%, classificado como olho grande ($DO \geq 33,01\% CC$), alterando em seguida para tamanho moderado devido aos valores subsequentes de 25,19%, 23,45% e 26,06% referentes ao período entre o DAE 5 e DAE 15. Neste caso, a relação DO-CC pode ser classificada como alometria negativa ($b < 1$) ($b = 0,7936$) (Tabela 4).

Tabela 4. Relações morfométricas encontradas em larvas de bijupirá para a altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em relação ao comprimento padrão e diâmetro do olho em relação ao comprimento da cabeça.

Bijupirá			
Dia	AC / CP (%)	CC / CP (%)	DO / CC (%)
1	6,67	9,14	41,62
5	15,32	27,22	25,19
10	15,45	33,68	23,45
15	14,92	31,01	26,06

Figura 3. Relação alométrica entre as variáveis altura do corpo em função do comprimento padrão, comprimento da cabeça em função do comprimento padrão e diâmetro do olho em função ao comprimento da cabeça de larvas de bijupirá.



A espécie apresentou alometria positiva ($b > 1$) para a altura do corpo (AC) e comprimento da cabeça (CC) em relação ao comprimento padrão (CP), ou seja, estas variáveis apresentaram crescimento proporcionalmente maior do que o comprimento padrão. A relação diâmetro do olho (DO) em função do comprimento da cabeça (CC), apresentou alometria negativa ($b < 1$), demonstrando que o crescimento de DO foi

proporcionalmente menor do que o crescimento da cabeça CC, indicando que as partes da cabeça alteram-se de forma desigual (BIALETZKI *et al.*, 1998) (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de Intercepto (*Log a*); coeficiente de regressão (*b*); coeficiente de determinação (R^2) e tipo de crescimento entre as características: Comprimento Padrão (CP), Altura do Corpo (AC), Comprimento da cabeça (CC) e Diâmetro do Olho (DO).

Relação	Bijupirá		
	Intercepto	R^2	Crescimento
AC – CP	1,632	0,86	Alometria Positiva
CC - CP	2,0492	0,85	Alometria Positiva
DO – CC	0,7936	0,93	Alometria Negativa

* ($b > 1$) Alometria Positiva; ($b < 1$) Alometria Negativa; ($b=0$) Isometria, (ROCHA *et al.*, 2015)

CONCLUSÃO

As larvas de bijupirá analisadas não apresentaram alterações esqueléticas, contudo, este fato pode ser considerado como pontual, haja vista, os registros de alterações por outros autores. As larvas apresentaram crescimento alométrico positivo para a altura do corpo em função do comprimento padrão e do comprimento da cabeça em função do comprimento padrão, e crescimento alométrico negativo para diâmetro do olho em função do comprimento da cabeça, tendo este último, a maior taxa de crescimento médio, priorizado pelo do hábito alimentar da espécie.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; *et al.* Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação (CD-ROM). 1a Edição ed. Maringá, PR, 2003.

- BARROS, B.; SAKAI, Y.; PEREIRA, P. H. C.; GASSET, E.; BUCHET, V.; MAAMAATUAIHUTAPU, M.; READY, J. S.; OLICEIRA, Y.; GIARRIZZO, T.; VALLINOTO, M. Comparative allometric growth of the mimetic ephippid reef fishes *Chaetodipterus faber* and *Platax orbicularis*. Plos One, p. 1–16, 2015.
- BEZERRA, R. DE S.; VIEIRA, V. L. A.; SANTOS, A. J. G. Ciclo reprodutivo da carapeba prateada *Diapterus rhombeus* (Curier, 1829) no litoral de Pernambuco - Brasil. Tropical Oceanography, v. 29, n. L, p. 67–78, 2001.
- BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; BAUMGARTNER, G.; NAKA. Caracaterização morfológica e distribuição temporal de larvas e juvenis de *Apareiodon affinis* (Steindachner) (Osteichthyes, parodontidae) no alto rio Paraná, Paraná. Revista Brasileira de Zoologia, v. 15, n. 4, p. 1037–1047, 1998.
- BOZZANO, A.; PANKHURST, P. M.; SABATÉS, A. Early development of eye and retina in lanternfish larvae. Visual Neuroscience, v. 24, p. 423–436, 2007.
- CAVALLI, R. O.; DOMINGUES, E. D. C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios Development of open ocean marine fish farming in Brazil: possibilities and constraints. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, p. 155–164, 2011.
- COSTA, W. DE M.; CARVALHO, C. V. A. DE; PASSINI, G.; TELES, A.; CERQUEIRA, V. R. First feeding of *Eugerres brasilianus* (Carapeva) larvae with *Acatia tonsa* (Copepod) nauplii increases survival and resistente to acute stress. Boletim da Indústria Animal, v. 72, p. 277–283, 2015.
- EIRAS-STOFELLA, D. R.; FANTA, E. Ontogenesis of *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830) (Pieces- Gerridae) obtained by fertilation “in vitro”. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, p. 21–35, 1991.
- FAO. The State ofF World Fisheries and aquaculture. Rome, 2016.
- FERRAZ, E. DE M.; PETERSEN, R. L.; PASSINI, G.; CERQUEIRA, V. R. Híbridos Recíprocos obtidos por cruzamentos entre os robalos *Centropomus parallelus* e

Centropomus undecimalis. Boletim do Instituto de Pesca de São Paulo, v. 39, n. 1, p. 53–61, 2013.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da USP, 111 p., 2000.

GONZÁLEZ-ACOSTA, A. F.; CRUZ-AGÜERO, J. DE; CASTRO-AGUIRRE, J. L. A review of the marine western atlantic species of the Genus *Eugerres* (Perciformes: Gerridae). Bulletin of Marine Science, v. 80, n. 1, p. 109–124, 2007.

GUIMARÃES-CRUZ, R. J.; VELOSO-JÚNIOR, V. C.; SALES, N. G.; OLIVEIRA, D. A. A.; SANTOS, J. E. Allometric growth patterns in hatchery-reared larvae of the catfish *Lophiosilurus alexandri* (Pisces: Pseudopimelodidae). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, p. 284–288, 2014.

KUPREN, K.; NOWOSAD, J.; ŻARSKI, D.; TARGOŃSKA, K.; HAKUĆBLAZOWSKA, A.; KUCHARCZYK, A. Early development and allometric growth in laboratory-reared european chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 398, p. 391–398, 2015.

KUPREN, K.; TRABSKA, I.; ZARSKI, D.; KREJSZEFF, S.; KUCHARCZYK, D.; PALINSKA-ZARSKA, K. Early development and allometric growth patterns in turbot *Lota lota* L. Aquacult Int, p. 29–39, 2014.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. Ovos e larvas de peixes de água doce - Desenvolvimento e manual de identificação. Maringá, PR. Brasil: EDUEM, 2001.

RIBEIRO, C. A. DE O.; REIS FILHO, H. S. DOS; GRÖTZERNER, S. R. Técnicas e Métodos para Utilização Prática em Microscopia. 2014.

ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. DE A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. DAS D. F. DA. Relações entre características de crescimento no curimatá (*Prochilodus lineatus*), considerando as famílias de meio-irmãos maternos. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, v. 8, n. 2, p. 113–116, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O risco de alterações esqueléticas em larvas de peixes marinhos é um problema real, que assenta basicamente na determinação dos fatores causadores e na subsequente aplicação de práticas apropriadas a nível de larvicultura, bem como, alterações no manejo, determinado pela amplitude da incidência de indivíduos anómalos. Os laboratórios tentam simular as condições naturais para larvicultura, porém, a literatura evidencia que os sistemas de cultivo intensivo são, por si só, fatores causadores de deformidades esqueléticas.

O processo de seleção das espécies para cultivo, requerer conhecimento sobre a ontogenia, ecologia, fisiologia, morfologia e exigências nutricionais que caracterizam especialmente cada ciclo de vida, cujo desenvolvimento de anomalias esqueléticas reflete a complexidade do estado de diferenciação de incubação e um período larval relativamente longo, submetidos a um grande número de potenciais fatores. Estão também, associados à falta de conhecimento das preferências de cada espécie para o desenvolvimento ideal, associado com a variabilidade nas matérias-primas utilizadas para a produção, bem como a sensibilidade dos processos de criação aos erros humanos.

Animais com esses tipos de malformações não chegariam à idade adulta em ambiente natural.

Existe a necessidade de mais estudos para identificar os fatores causadores e minimizar os efeitos.