



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Karinne Lourdes Hoffmann

Caracterização morfológica e temporal do desenvolvimento do trato digestório em larvas da  
sardinha-verdadeira (*Sardinella Brasiliensis*)

Florianópolis  
2022

Karinne Lourdes Hoffmann

Caracterização morfológica e temporal do desenvolvimento do trato digestório em larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella Brasiliensis*)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.  
Coorientadora: Elenice Martins Brasil, Dra.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hoffmann, Karinne Lourdes

Caracterização morfológica e temporal do desenvolvimento do trato digestório em larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella Brasiliensis*) / Karinne Lourdes Hoffmann ; orientador, Vinicius Ronzani Cerqueira, coorientador, Elenice Martins Brasil, 2022.

55 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Clupeidae. 3. órgão digestório. 4. histologia. 5. larva de peixe. I. Cerqueira, Vinicius Ronzani . II. Brasil, Elenice Martins . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Karinne Lourdes Hoffmann

Caracterização morfológica e temporal do desenvolvimento do trato digestório em larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella Brasiliensis*)

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Evelise Nazari, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Renata Ávila Ozório, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.  
Orientador

Florianópolis, 2022.

“Educar a mente sem educar o coração não é educação.”

*Aristóteles*

## AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, de muitos desafios e no meio a uma Pandemia, gostaria de agradecer algumas pessoas que me acompanharam e foram fundamentais para a conclusão de mais essa etapa da minha vida.

Primeiramente agradeço a Deus por me abençoar com tantos presentes, me dando talvez além do que posso merecer. Agradeço também aos santos e anjos, que sempre estão olhando por mim e intercedendo a meu favor.

Agradeço a minha filha Mariah, que é meu combustível diário para continuar a enfrentar as lutas diárias. Meu esposo Vinicius, sobretudo, meu grande amigo, que me ajudou a superar cada obstáculo em meu caminho. Aos meus pais, que sempre desejarem o melhor pra mim, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse ter as oportunidades que eles não tiveram. Minha vó, minha queria e amada vó, por ser fonte de amor inesgotável e meus queridos irmãos, que se enchem de orgulho a cada conquista minha.

Minha gratidão ao Professor Vinicius, que além de ser um dos grandes incentivadores da Aquicultura e meu professor desde a graduação, aceitou meu ingresso ao programa mesmo com tantas limitações que eu apresentava. A minha Coorientadora Elenice, por ouvir meus desabafos e a ajudar a desenvolver essa pesquisa, obrigada.

A equipe LAPMAR, pela troca diária e por todo aprendizado no decorrer desse período. Em especial, a Greice, por estender a mão no primeiro dia de aula de curso e ter seguido me ajudando até a conclusão dele, fica aqui minha gratidão, minha amiga para vida.

A equipe do NEPAQ, por toda ajuda, por todo apoio, agradeço a todos em nome do Professor Mauricio Laterça, por ser esse professor querido que está sempre disposto a ajudar a todos. A equipe do LMM, em especial, meus queridos amigos Eliziane e Tatu, por sempre me salvarem nos momentos que precisei. A equipe LAPOM por estarem sempre prontos a colaborar com as pesquisas. A equipe LAPAD, por abrir as portas em meio a Pandemia e me acolher tão bem. E por fim, não menos importante ao Carlito, por estar pronto a salvar todos os mestrandos e doutorandos não importa a hora ou dia da semana, obrigada Carlito!

A minha banca, a queridíssima Professora Evelise, que me orientou a distância e sempre me recebeu com tanto carinho e afeto. A Renata, que é um ser de luz, que traz paz e calma para todos. A minha professora favorita desde a graduação, Professora Anita, que acompanhou toda minha evolução e sempre se faz presente.

A CAPES pela disponibilidade da bolsa para dedicação exclusiva ao mestrado. E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa pesquisa. O presente trabalho

foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, espécie nativa do litoral Sudeste e Sul do Brasil, classificada como sobreexplorada pela legislação brasileira, sustenta as duas maiores cadeias de processamento industrial de pescados nacional: os enlatados de sardinha e de atum. Estudos recentes buscaram desenvolver a criação da sardinha em cativeiro (maturação e desova, criação de larvas e engorda). Entretanto, ainda existem lacunas, como é o caso do desenvolvimento do trato digestório durante a fase larval, que é uma ferramenta importante para o conhecimento sobre os períodos de alimentação endógena, exógena e mista. O presente estudo descreveu o desenvolvimento do trato digestório da sardinha desde a eclosão até o final da fase larval. Para tal, foram analisadas amostras de larvas coletadas durante o período de 1 a 25 dias de idade, provenientes de tanques de larvicultura, processadas e analisadas morfológicamente. A análise dos cortes histológicos foi realizada em microscopia de luz, seguida de registros fotográficos. Foram descritos os seguintes estádios: I) absorção do vitelo, II) abertura da boca e ânus e III) diferenciação do trato digestório. Na larva recém-eclodida, o trato digestório é um tubo reto, simples e indiferenciado. Aos 2 dias de idade acontece a abertura de boca e ânus. Observou-se a cavidade buco-faríngea com suas primeiras transformações no 5º dia de idade das larvas, o esôfago e o intestino se modificando a partir do 7º dia de idade, e inclusive a evidência de órgãos acessórios, como o fígado, presentes desde as primeiras transformações no 5º dia de idade. Desta forma, o estômago e os cecos pilóricos foram as últimas estruturas a se diferenciarem no 23º dia idade das larvas, estando o trato digestório completamente desenvolvido. Considerando a importância do conhecimento sobre o desenvolvimento do trato digestório para o manejo na larvicultura, este trabalho contribui para o seu desenvolvimento, já que pesquisas relacionadas ao tema são escassas. O presente estudo é uma referência no que diz respeito à morfologia e desenvolvimento inicial da sardinha-verdadeira.

**Palavras-chave:** Aquicultura, Clupeidae, órgão digestório, histologia, larva de peixe.

## ABSTRACT

The true sardine, *Sardinella brasiliensis*, species from the Southeast and South coast of Brazil, classified as two Brazilian species that are overexploited by legislation, support the largest industrial processing chains of national fish, canned tuna and sardines. Recent studies seek to develop the creation of sardines in captivity (maturation and spawning, larval rearing and fattening). However, there are still gaps, such as the development of the digestive tract, especially in the larval stage, which is an important tool for understanding the periods of endogenous, exogenous and mixed feeding of fish. The development presents a detailed study of the development of the digestive tract of the species, during the larva. For this, the process of origin of the larvae were collected, their hatching during the period from 1 to 25 days of age, from larviculture tanks, collected and morphologically. The analysis of histological sections was performed using light microscopy, followed by photographic records. The following stages have been described: I) absorption of the yolk, II) opening of the mouth and anus and III) of the digestive tract. In the newly hatched larva, the digestive tract is a straight, simple, undifferentiated tube. At 2 days of age, mouth and anus are opened. The date of birth of the first transformations was observed on the 5th day of age of the larvae, esophagus and intestine changing from the 7th day of age, including the original of accessory organs (liver) presented since the first transformations on the 5th day of age. . Thus, the stomach and pyloric caeca were the last structures to differentiate on the 23rd day of larval age, presenting a fully developed digestive tract. Considering the importance of knowledge about the development of the digestive tract and management in larviculture, this work contributes to their development, since research related to a theme is scarce, considering the present study as a reference with regard to the morphology and development of sardines true.

**Keywords:** Aquaculture, Clupeidae, digestive organ, histology, fish larvae.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Larvas de *Sardinella brasiliensis* em diferentes estádios de desenvolvimento (A) Larva vitelina (recém-eclodida); B) Larva em pré-flexão (5 dias após eclosão); e C) Larva em flexão (7 dias após eclosão).....28
- Figura 2 - Comprimento médio padrão SD de larvas de *Sardinella brasiliensis* de 1 a 25 dias de idade. A curva foi ajustada por:  $y = -0,0096x^2 + 1,1281x + 0,9959$  ( $R^2$  0,9925). 29
- Figura 3 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* logo após a eclosão. A: boca fechada (cabeça seta), vitelo (V) e tubo digestório primitivo (TD). B: boca fechada (cabeça ponta da seta), saco vitelino (SV) e gota de óleo (GO). C: notocorda (N). D: ânus fechado..... 30
- Figura 4 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 1 dia de idade. A: cavidade bucofaringeana (CB), saco vitelino (SV), boca aberta (cabeça seta). B: cavidade bucofaringeana (CB), gota de óleo (GO) e notocorda (cabeça seta). .....30
- Figura 5 - Larvas fixadas de *Sardinella brasiliensis* com 1 dia de idade (A) e 2 dias de idade (B). Olhos pigmentados (OP), notocorda (N), saco vitelino (SV) e a seta indica a boca.....31
- Figura 6 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 3 dias de idade (A), 4 dias de idade (B), 5 dias de idade (C) e 6 dias de idade (D). Figura 5A: trato digestório e olhos. B: trato digestório (TD). C: notocorda (N) e trato digestório (TD). D: vilos (V) .....32
- Figura 7 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 7 dias de idade. Olho (O), arcos branquiais (B), fígado (F), esôfago (ES), estômago em diferenciação (ET), gordura (G), intestino (IN), ânus (A), notocorda (N) e tecido muscular (TM). ..... 33
- Figura 8 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 9 dias de idade (8A), 10 dias de idade (8B), 12 dias de idade (8C) e 15 dias de idade (8D, 8E e 8F). Figura 8A: vilosidades (V). B: tecido muscular (TM), notocorda (N), intestino (I). C: esôfago (ES) e gordura (G). D-E-F: notocorda (N), esôfago (E), intestino (IN), bexiga natatória (BN), válvula intestinal (VI), túbulos renais (R). ..... 34
- Figura 9 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 18 dias de idade. A: fígado (F), tecido muscular (TM), estômago (E) e intestino (IN). B: estômago (E). C: estômago (E), válvula intestinal (VI) e notocorda. .... 35

Figura 10 - Secções longitudinais de larvas de <i>Sardinella brasiliensis</i> com 19 dias de idade. A: notocorda (N) e intestino (IN). B: Intestino (IN) e vilosidades (V). C: notocorda (N) e intestino (IN).....	36
Figura 11 - Secções longitudinais de larvas de <i>Sardinella brasiliensis</i> com vinte e três dias de idade. A: notocorda (N), tecido muscular (TM) e vilosidades (V). B: estômago (E), intestino (IN) e tecido muscular (TM). C: tecido muscular, estômago (E) e cecos pilóricos (CP).....	37
Figura 12 - Secção longitudinal de larva de <i>Sardinella brasiliensis</i> com vinte e cinco de idade. Arcos branquiais (AB), notocorda (N), fígado (F), coração (C), esôfago (EF), estômago (ET), intestino (IN), rim (R) e tecido muscular (TM).....	37
Figura 13 - Resumo dos principais eventos ontogenéticos de larvas de <i>Sardinella brasiliensis</i> criadas em laboratório de 1 a 25 dias de idade. ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Qualidade da água (média $\pm$ desvio-padrão) da larvicultura de sardinha-verdadeira ( <i>Sardinella brasiliensis</i> ), em sistema intensivo por 25 dias. Valores máximos e mínimos entre parênteses. ....	26
Tabela 2 - Tabela comparativa com outras espécies .....	39

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AQUOS	Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos
CEPSUL	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
LAPMAR	Laboratório de Piscicultura Marinha
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SAP	Secretaria de Aquicultura e Pesca
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	AQUICULTURA	14
1.2	PISCICULTURA MARINHA	15
1.3	<i>SARDINELLA BRASILIENSIS</i>	16
1.4	CRIAÇÃO DA SARDINHA EM CATIVEIRO	18
1.5	DESENVOLVIMENTO DO TRATO DIGESTÓRIO DOS PEIXES	20
1.6	OBJETIVOS	21
<b>1.6.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>21</b>
<b>1.6.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>21</b>
<b>1.6.3</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO</b>	<b>22</b>
2.1	INTRODUÇÃO	23
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	24
<b>2.2.1</b>	<b>Local do estudo e origem das larvas</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Cultivo das larvas</b>	<b>25</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Qualidade de água</b>	<b>25</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Coleta das larvas</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Histologia</b>	<b>26</b>
<b>2.2.6</b>	<b>Desenvolvimento morfológico</b>	<b>27</b>
2.3	RESULTADOS	27
<b>2.3.1</b>	<b>Desenvolvimento morfológico e crescimento</b>	<b>27</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Análise histológica</b>	<b>29</b>
2.4	DISCUSSÃO	38
2.5	CONCLUSÃO	41
2.6	AGRADECIMENTOS	42
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 AQUICULTURA

A aquicultura se tornou uma notável fonte de suprimento de organismos aquáticos, de maneira especial os peixes (ASCHE, 2008; FUENTES-SANTOS et al., 2015) sendo o setor de produção animal que apresentou maior crescimento nos últimos anos (RORIZ et al., 2017). Esse crescimento se deu a partir da década de 1980 e foi baseado na introdução de novas técnicas de cultivo, com custos acessíveis e ganhos significativos de produtividade e qualidade na produção (SIQUEIRA, 2018).

Dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação indicam que a produção mundial de pescado atingiu 179 milhões de toneladas em 2018, marcando um recorde (FAO, 2020). Desse total, 96,5 milhões foram fornecidas pela pesca e 92,5 milhões pela aquicultura. Onde há um destaque na produção oriunda da aquicultura, onde 30,8 milhões foram produzidas pela maricultura, sendo 7,3 milhões especificamente da produção de peixes marinhos (FAO, 2020).

Embora sejam produzidas toneladas de pescado por meio da pesca, especificamente marinha, vale destacar que os estoques pesqueiros de interesse comercial se encontram ameaçados de sobre-exploração ou sobre-explotados, e que, no sentido contrário da preservação, a demanda por este tipo de produto só tende a aumentar (FAO, 2020). Esta questão reforça a necessidade de programar alternativas eficazes e sustentáveis para fornecer esta fonte proteica de alto valor nutricional que é o peixe (GONÇALVES, 2013).

Dentro deste contexto a aquicultura surge como uma alternativa viável para minimizar ou sanar estes efeitos negativos e fica evidente a necessidade de aperfeiçoar as tecnologias de produção no que diz respeito às áreas de cultivo, melhoramento genético, nutrição, manejo, sanidade, bem-estar animal e conhecimento da ontogenia dos peixes, mediante a necessidade de se produzir uma maior quantidade de peixes em espaços cada vez menores com os ciclos de produção mais curtos possíveis (BRITO et al., 2019). Por fim, alguns autores sugerem que a piscicultura marinha seja a atividade mundialmente apontada para atender a demanda (LISBOA et al., 2020).

## 1.2 PISCICULTURA MARINHA

Historicamente, o primeiro cultivo de uma espécie marinha remonta a 1400 na Indonésia, onde juvenis de peixe-leite (*Chanos*) foram capturados e colocados em lagoas (SILVA, 2016; SHEPHERD & BROMAGE, 1988).

No Brasil os primeiros relatos de cultivo de peixes marinhos são do começo no século XVII, durante o governo holandês de Maurício de Nassau em Pernambuco, quando a atividade foi introduzida na região. Na época, robalos (ou camurins-*Centropomus*), tainhas (*Mugil*) e carapebas (*Eugerres e Diapterus*) eram cultivados extensivamente em viveiros de maré (CAVALLI; HAMILTON, 2007).

Nos últimos anos houve expressivo esforço do governo, instituições públicas de pesquisa e empresas privadas para fomentar a cadeia da piscicultura marinha no Brasil, todavia, a burocracia estabelecida para o licenciamento ambiental foi desgastando os ânimos e os investimentos, dificultando o desenvolvimento da atividade no Brasil (Aquaculture Brasil, 2020).

Apesar de saber que ainda temos um longo caminho pela frente, que enfrentamos muitos problemas e precisamos desenvolver a atividade para que ela realmente se torne comercialmente viável, podemos dizer que temos alguns poucos cultivos de peixes marinhos no Brasil, que é o caso da Rede mar Alevinos, empresa localizada em Ilhabela, litoral norte de São Paulo, que desenvolve técnicas de manejo reprodutivo e de larviculturara da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) (Aquaculture Brasil, 2020).

No entanto, a piscicultura marinha nacional atém-se ao desenvolvimento de pesquisas em algumas instituições públicas e a pequenas produções realizadas pela iniciativa privada, mantendo-se limitada às iniciativas das instituições de pesquisa que capturam peixes selvagens para fins de reprodução e estudos das espécies (ROUBACH et al., 2003). Estas pesquisas sobre reprodução controlada e larvicultura em laboratório de peixes marinhos brasileiros começaram em 1979, com a tainha *Mugil liza*, no estado do Rio de Janeiro (BENETTI E FAGUNDES NETTO, 1980), e logo em seguida no estado de Santa Catarina (ANDREATTA et al., 1981). Abrindo caminhos para outros estudos em São Paulo (GODINHO et al., 1993). Todavia, nenhum deles teve continuidade, de forma que se pudesse estabelecer a criação comercial da espécie. Por outro lado, o setor produtivo estava mais interessado em desenvolver a carcinicultura marinha, com ciclo de produção mais curto do que a piscicultura e mais rentável (CERQUEIRA, 2017).

A maioria das regiões do Brasil demonstra possuir boas condições para implantação do cultivo de peixes marinhos, haja vista as condições de clima, abundância de água marinha e estuarina livre de poluição, com boa produtividade primária, baías protegidas, infraestrutura e transporte (IGARASHI, 2021). Mas para que a atividade se consolide no Brasil, torna-se necessário avaliar o potencial de cultivo de cada espécie, desenvolver tecnologia de produção de alevinos de qualidade a um custo acessível para produtores e aprimorar tecnologia de engorda para uma forma mais intensiva de cultivo (TSUZUKI, 2006).

De forma geral, os critérios utilizados para seleção de espécies de peixes marinhos com potencial para produção em cativeiro são: possuir elevado preço de mercado, dominar a reprodução em cativeiro, adaptar-se ao cativeiro e ao consumo de dieta artificial (ração), apresentar alto potencial de crescimento e desenvolvimento em cativeiro, ser resistente a manejo (SAMPAIO et al., 2001; CAVALLI; HAMILTON 2007; CERQUEIRA et al., 2017).

Baseado nesses critérios, tainhas (*M. liza*), linguados (*Paralichthys orbignyanus*), robalos (*Centropomus parallelus* e *C. undecimalis*), bijupirás (*Rachycentron canadum*), peixes vermelhos ou pargos (*Lutjanus spp.*), garoupas (*Epinephelus marginatus*) e, mais recentemente, sardinhas (*Sardinella brasiliensis*), são as espécies em destaque, em períodos distintos, apontadas como potenciais para produção de peixes marinhos no Brasil.

### 1.3 *SARDINELLA BRASILIENSIS*

A sardinha-verdadeira é uma espécie costeira nativa do Brasil (PAIVA; FALCÃO, 2002), pertencente à família Clupeidae. É um peixe de pequeno porte (indivíduos adultos atingem em média 220 mm), com corpo lateralmente comprimido e prateado e que não apresenta dimorfismo sexual (Figura 1).

Figura 1 - Sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*.



Fonte: Viennetta / Shutterstock.com

É uma espécie que vive em cardumes e habita regiões pelágicas, baías e estuários. Além disso, são indivíduos que ficam geograficamente isolados dos demais grupos do gênero *Sardinella* distribuídos no Oceano Atlântico (CERGOLE; DIAS NETO, 2011). A sardinha-verdadeira é considerada o mais importante recurso pesqueiro marinho do Brasil, com uma área de pesca e distribuição que se estende do cabo de São Tomé no Rio de Janeiro (22° S) ao cabo de Santa Marta em Santa Catarina (29° S) (KATUSURAGAWA et al., 2006) (Figura2), em profundidade de 30 a 100 m (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011).

Figura 2 - Distribuição da Sardinha-verdadeira



Fonte: Cergole; Dias Neto (2011).

O ciclo de vida da espécie é curto, com média de duração de três a quatro anos de vida, uma das características mais importantes das espécies “r-estrategistas”, pois apresenta um crescimento rápido e uma alta taxa de fecundidade (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011), o que facilita a formação de lotes reprodutores. A fecundidade média varia entre 30.000 e 40.000 ovócitos por fêmea em cada desova (DIAS, 1989), com uma estratégia de desova parcelada, em que cada fêmea desova vários lotes de ovócitos durante uma única estação. Os ovos são pelágicos com diâmetro médio de 1,2 mm (MATSUURA, 1977). A desova acontece no fim da primavera e o verão havendo picos de desova durante dezembro e janeiro (MATSUURA, 1998). De acordo com Vazzoller (1996), a sardinha verdadeira é uma espécie mais suscetível, quando comparada a outras espécies, às variações ambientais durante seu período reprodutivo, com maiores riscos de sofrer depleção de seus estoques em curto prazo.

É uma espécie marinha onívora, que se alimenta de fito e zooplâncton desde o estágio larval e se estende por todo o seu ciclo de vida (KURTZ; MATSUURA, 2001; SCHWARTZLOSEI, 1999). A alimentação se modifica conforme o desenvolvimento, a dieta de larvas e juvenis (13 – 15 mm) é composta por pequenos copépodes dos gêneros *Oncaea*, *Calanus*, *Euterpina* e *Coryaeus*, diatomáceas dos gêneros *Concisnodiscus*, *Paralia*, *Triceratium*, *Melosira*, *Navicula* e *Pleurosigma* e dinoflagelados dos gêneros *Peridinium* e *Ceratium* (MONTES, 1953). Os náuplios de copépodes constituem o item mais importante, seguindo por ovos de invertebrados, copepoditos e copépodes adultos (CERGOLE; DIAS-NETO, 2011).

Recurso de base na cadeia alimentar a sardinha-verdadeira apresenta um importante papel trófico para diversos consumidores do ecossistema, incluindo alguns recursos pesqueiros de interesse comercial (GASALLA, 2004). Essa importância tem causado preocupação para a comunidade pesqueira e científica e órgãos ambientais, devido às variações anuais na abundância da espécie, com pico de queda na população da sardinha que têm sido relatadas em estudos (CASTELLO, 2007). Esta redução de estoque pode estar relacionada a vários fatores, tais como: variações ambientais durante seu período reprodutivo, intenso esforço de pesca e um fracasso no processo de gestão do uso sustentável do recurso como o acompanhamento da pesca da sardinha, levando a redução do estoque, gerando impactos social e econômico na atividade (CERGOLE; DIAS NETO, 2011; VAZZOLLER, 1996).

Além desses fatores que geram um grande impacto sobre o estoque adulto de sardinha-verdadeira, existe uma forte pressão também com a captura de juvenis, que são utilizados para capturar o atum bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) (OCCHIALINI, 2013). Portanto, o sucesso da indústria enlatadora depende basicamente da captura do juvenil e do adulto de uma única espécie. Desse modo, a atividade encontra-se ameaçada devido à sobre-exploração do estoque de sardinha-verdadeira (FAO, 2016; SANTOS; RODRIGUES-RIBEIRO, 2000).

#### 1.4 CRIAÇÃO DA SARDINHA EM CATIVEIRO

Uma das alternativas viáveis para reduzir estes efeitos negativos sobre a captura da espécie seria o cultivo em cativeiro, que supriria a demanda de sardinha-verdadeira no mercado consumidor e na redução da pressão da pesca sobre os estoques naturais da espécie.

Sardinhas capturadas no ambiente natural apresentaram rápida adaptação ao cativeiro (PEREIRA, 2010). Silva (2013) identificou uma rápida adaptação da sardinha capturada no

ambiente natural ao cativeiro, obtendo resultados positivos na taxa de crescimento e aceitação do alimento artificial. Contudo, conhecer a biologia dos peixes é essencial na piscicultura (BROWN-PETERSON et al., 2011).

Alguns estudos foram realizados com a espécie no decorrer do tempo, focando na pesca (SANTOS; RODRIGUES-RIBEIRO, 2000; ALMEIDA; ANDRADE, 2002; CASTELLO, 2007; DALLAGNOLO; SCHWINGEL; PEREZ, 2010), na biologia (FIGUEIREDO; SALLES; RABELO, 2010; GARCIA; REYNALTE-TATAJE; ZANIBONI-FILHO, 2015) e na ecologia (ALMEIDA; ANDRADE, 2002; BAKUN; PARRISH, 1990; BRAGA, 1987; GIGLIOTTI et al., 2010; MATSUURA, 1998). Ainda assim, os experimentos que cultivaram sardinha-verdadeira em laboratório não tinham como objetivo a produção intensiva. Por exemplo, Rossi-Wongtschowski et al. (2003), pesquisaram sobre a condição larval e crescimento de *Sardinella brasiliensis*, já Perin; Vaz-Dos-Santos (2014), sobre morfometria e crescimento relativo da sardinha brasileira. Yoneda (1987) descreveu o crescimento da espécie em laboratório por 45 dias. Algumas pesquisas foram realizadas para desenvolver a tecnologia de cultivo de sardinha-verdadeira, sua primeira descrição morfológica e histológica de ovários foi realizada entre 1978 e 1979 (ISAAC-NAHUM et al., 1983). Pereira (2010) descreveu as características microscópicas do desenvolvimento ovocitário de sardinhas selvagens capturadas em São Francisco do Sul, litoral de Santa Catarina, usando os estágios de classificação (VAZZOLER, 1996).

Em 2009, em parceria com a Universidade do Vale do Itajaí e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul foi iniciado o projeto “Isca Viva” no Laboratório de Piscicultura Marinha, da Universidade Federal de Santa Catarina, com o objetivo de desenvolver tecnologias de criação para a sardinha-verdadeira.

Posteriormente foram realizadas pesquisas com a reprodução com indução hormonal (PASSINI et al., 2013; SILVA, 2013), desovas espontâneas, alimentação de larvas e juvenis (BALOI et al., 2016; BALOI et al., 2017; STERZELECKI et al., 2018), sistemas de cultivo (GUINLE, 2014; SILVA, 2013), cultivo em tanque-rede (TATSCH, 2015), dose letal de amônia (BALOI et al., 2018), maturação em cativeiro (MANZONI et al., 2014; 2015), influência da temperatura no cultivo de larvas (ANGELO, 2021) e desenvolvimento ovariano e maturação sexual (FREITAS, 2021).

Um dos principais problemas encontrados na larvicultura de peixes é o momento adequado para a transição de alimentos, o início da alimentação exógena e a fase de desmame (quando deixam de receber alimento vivo e passam a receber dieta artificial) são momentos críticos para o desenvolvimento da larva.

Apesar dos estudos já desenvolvidos, ainda existem algumas lacunas no conhecimento da espécie, como é o caso do desenvolvimento ontogenético do trato digestório, sobretudo na fase larval (GODINHO; GODINHO et al., 2003).

## 1.5 DESENVOLVIMENTO DO TRATO DIGESTÓRIO DOS PEIXES

A caracterização morfológica do trato digestório dos peixes é primordial, haja vista que está relacionada com a sua dieta, as características do local de alimentação e o estágio de desenvolvimento do indivíduo (SEIXAS FILHO et al., 2003; BECKER et al., 2010). Durante a ontogenia inicial, são submetidos a uma série de mudanças na sua morfologia (GISBERT et al., 2000), na larvicultura, o conhecimento sobre o tempo de absorção do saco vitelino, pigmentação da retina, abertura de boca e lúmen intestinal, flexão da notocorda, desenvolvimento das nadadeiras, enchimento da bexiga gasosa e padrão de pigmentação cutânea são informações indispensáveis para se obter sucesso no desenvolvimento dos peixes (GODINHO; GODINHO, 2003).

O trato digestório é o primeiro órgão que possui acesso aos nutrientes da dieta, além de possuir importante papel na regulação do metabolismo dos peixes (BUDDINGTON; KROGDAHL, 2004; POLAKOF et al., 2012) é constituído pela boca, cavidade bucofaríngea e pelo tubo digestório, este formado geralmente por esôfago, estômago e intestino e ainda de cecos pilóricos (ZAVALA-CAMIN, 1996). Logo após a eclosão do ovo, o trato digestório de muitas larvas de peixes apresenta um tubo retilíneo com extremidades fechadas e histologicamente indiferenciadas ao longo de seu comprimento, permanecendo inalterado até a absorção completa do vitelo (DABROWSKI, 1984).

Com o passar do tempo às larvas passam por vários períodos cruciais para a sua sobrevivência, dentre os quais o mais relevante é o período de transição da alimentação endógena para a exógena (KAMLER, 1992; FUIMAN, 2002). Nesta fase, a sobrevivência e o crescimento das larvas estão fortemente ligados à disponibilidade de recursos alimentares adequados a sua primeira alimentação (SÁNCHEZ-VELASCO, 1998; SANTIN et al., 2004) e com o desenvolvimento de estruturas e órgãos necessários à alimentação (PORTER; THEILACKER, 1999), como é o caso das mudanças no trato digestório que se tornam mais funcionais (MAKRAKIS et al., 2005).

Os peixes apresentam diversas adaptações do sistema digestório, conforme a especialização requerida para ingerir, digerir e absorver os diferentes tipos de alimento

(BALDISSEROTTO, 2009). A necessidade de adaptação a ambientes com características tão diferentes, faz com que existam espécies de peixes planctófagas, herbívoras, frugívoras, iliófagas, carnívoras, onívoras, detritívoras, hematófagos, dentre outras, o que torna possível a coexistência de diversas espécies no mesmo ambiente (CASTAGNOLLI, 1992).

Há um crescente interesse nos estudos morfológicos do sistema digestório dos peixes, haja vista que o conhecimento da alimentação natural dos peixes é essencial, pois permite melhor compreensão a respeito das necessidades e assimilação dos alimentos, o qual ainda é escasso. Investigações sobre hábitos alimentares por meio de análises morfológicas ajudam na interpretação da dinâmica de alimentação e da ocupação espacial dos peixes (WOOTTON, 1990; SILVA et al., 2005; MONTENEGRO et al., 2011; CANAN et al., 2011; CANAN et al., 2012).

Além do que técnicas morfológicas, microscopia de luz, microscopia eletrônica de transmissão e de varredura, têm contribuído para a compreensão da estrutura e função do canal alimentar das larvas de peixes (GOVONI et al., 1986), sendo estas importantes ferramentas para avaliar o conhecimento das mudanças fisiológicas ocorridas durante a fase larval.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo geral

Descrever o desenvolvimento do sistema digestório de larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) cultivadas em laboratório, através de análise histológica.

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Acompanhar o desenvolvimento do trato digestório de larvas, desde a eclosão até seu vigésimo quinto dia de vida.
- Descrever o estagiamento do trato digestório em cada fase de desenvolvimento, registrando o aparecimento das principais estruturas (órgãos).

### 1.6.3 Estrutura do Trabalho

A dissertação foi organizada em um artigo, formatado conforme as normas da revista Aquaculture Research.

## 2 ARTIGO CIENTÍFICO

### DESENVOLVIMENTO DO TRATO DIGESTÓRIO EM LARVAS DA SARDINHA-VERDADEIRA (*Sardinella Brasiliensis*)

Karinne Lourdes Hoffmann\*; Elenice Martins Brasil; Greice Leite de Freitas; Vanessa Martins da Rocha; Caio Magnotti; Fábio Sterzelecki; Filipe Cipriano; Vinicius Ronzani Cerqueira.

Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

\* kahoffmann@hotmail.com (autor para correspondência)

### RESUMO

A sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, espécie nativa do litoral Sudeste e Sul do Brasil, classificada como sobreexplorada pela legislação brasileira, sustenta as duas maiores cadeias de processamento industrial de pescados nacional: os enlatados de sardinha e de atum. Estudos recentes buscaram desenvolver a criação da sardinha em cativeiro (maturação e desova, criação de larvas e engorda). Entretanto, ainda existem lacunas, como é o caso do desenvolvimento do trato digestório durante a fase larval, que é uma ferramenta importante para o conhecimento sobre os períodos de alimentação endógena, exógena e mista. O presente estudo descreveu o desenvolvimento do trato digestório da sardinha desde a eclosão até o final da fase larval. Para tal, foram analisadas amostras de larvas coletadas durante o período de 1 a 25 dias de idade, provenientes de tanques de larvicultura, processadas e analisadas morfológicamente. A análise dos cortes histológicos foi realizada em microscopia de luz, seguida de registros fotográficos. Foram descritos os seguintes estádios: I) absorção do vitelo, II) abertura da boca e ânus e III) diferenciação do trato digestório. Na larva recém-eclodida, o trato digestório é um tubo reto, simples e indiferenciado. Aos 2 dias de idade acontece a abertura de boca e ânus. Observou-se a cavidade buco-faríngea com suas primeiras transformações no 5º dia de idade das larvas, o esôfago e o intestino se modificando a partir do 7º dia de idade, e inclusive a evidência de órgãos acessórios, como o fígado, presentes desde as primeiras transformações no 5º dia de

idade. Desta forma, o estômago e os cecos pilóricos foram as últimas estruturas a se diferenciarem no 23º dia idade das larvas, estando o trato digestório completamente desenvolvido. Considerando a importância do conhecimento sobre o desenvolvimento do trato digestório para o manejo na larvicultura, este trabalho contribui para o seu desenvolvimento, já que pesquisas relacionadas ao tema são escassas. O presente estudo é uma referência no que diz respeito à morfologia e desenvolvimento inicial da sardinha-verdadeira.

**Palavras-chave:** Clupeidae, órgão digestório, histologia, larva de peixe.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A sardinha-verdadeira é um recurso de base na cadeia alimentar, que desempenha um significativo papel trófico para diversos consumidores do ecossistema (GASALLA, 2004). Essa importância para diversos consumidores têm causado preocupação para a comunidade pesqueira, científica e órgãos ambientais, devido ao pico de queda na população da sardinha, que sofre exploração excessiva, não sustentável conforme estudos têm relatado (CASTELLO, 2007). Esta redução do seu estoque pode estar relacionada a fatores como: variações ambientais durante seu período reprodutivo, intenso esforço de pesca e um fracasso no processo de gestão do uso sustentável do recurso, levando a redução do estoque da sardinha, gerando impactos sociais e econômicos na atividade (CERGOLE; DIAS NETO, 2011; VAZZOLLER, 1996).

Além do grande impacto direto da pesca sobre o estoque de exemplares adulto de sardinha-verdadeira, existe uma forte pressão também com a captura de exemplares juvenis, que são utilizados para capturar o atum bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) (OCCHIALINI, 2013). Portanto, o sucesso da indústria enlatadora depende basicamente da captura do juvenil e do adulto de uma única espécie, o que faz com que a espécie se encontre ameaçada devido à sobre-exploração (FAO, 2016; SANTOS; RODRIGUES-RIBEIRO, 2000).

Diante dos efeitos negativos da captura nos estoques naturais da sardinha, a piscicultura marinha surge como umas das alternativas viáveis para suprir a demanda no mercado consumidor e redução na pressão da pesca sobre seu estoque natural.

Grande parte das pesquisas realizadas com sardinha-verdadeira em laboratório não tinha como objetivo a produção intensiva tampouco no conhecimento desenvolvimento ontogenético do trato digestório, sobretudo na fase larval dos peixes (GODINHO; GODINHO et al., 2003). As larvas de peixes apresentam uma série contínua de transformações em sua

ontogênese que tendem a concomitar com as mudanças no micro-habitat, comportamento, desempenho, alimentação ou qualquer associação entre estes (MACIEL, 2006).

Na fase larval, a sobrevivência e o crescimento das larvas estão fortemente ligados à disponibilidade de recursos alimentares adequados à sua primeira alimentação (SÁNCHEZ-VELASCO, 1998; SANTIN et al., 2004). As larvas recém-eclodidas são dependentes das reservas de vitelo, e quando o vitelo é absorvido completamente, ela necessitará ingerir alimento exógeno para satisfazer demandas crescentes de energia (GAWLICKA et al., 1995). Neste período de absorção do vitelo as larvas desenvolvem estrutura e órgãos necessários à alimentação exógena (PORTER; THEILACKER, 1999).

Assim que os animais eclodem, o trato digestório de muitas larvas de peixes é um tubo reto com extremidades fechadas e histologicamente indiferenciado ao longo de seu comprimento, permanecendo inalterado até a absorção completa do vitelo (DABROWSKI, 1984). Logo, várias estruturas, como dobras intestinais, estômago e cecos, se desenvolvem, permitindo aumentar a eficiência de forrageamento (ato de procurar alimentos) (SANTIN et al., 2004).

O estudo destas estruturas do trato digestório tem sido possível com auxílio dos avanços da tecnologia, a partir da microscopia óptica e de técnicas de coloração, como a histoquímica e imuno-histoquímica, que contribuem para que um maior nível de detalhes e permitam estudos dos órgãos, tecidos e células (WILSON; CASTRO, 2011).

Portanto, o conhecimento do desenvolvimento inicial do trato digestório é essencial para o entendimento das interações tróficas que ocorrem no ambiente aquático, visto que as larvas de peixes são importantes consumidoras, realizando a transferência da produção primária para níveis tróficos mais elevados (NAKATANI et al., 2004). Neste contexto, este trabalho visa preencher esta lacuna de conhecimento sobre o desenvolvimento inicial do trato digestório de *Sardinella brasiliensis*.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.2.1 Local do estudo e origem das larvas

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR/UFSC, 27° 35' 8.960" S; 48° 26' 24.235" W), da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado na Barra da Lagoa em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

As larvas de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) foram obtidas de desova espontânea de matrizes reprodutoras (primeira geração F1) do LAPMAR, mantidas em tanques circulares de lona de 8000 L em sistema aberto de água marinha, onde ocorrem as desovas. Os ovos flutuantes foram coletados por uma drenagem na superfície da água, para uma incubadora ao lado do tanque. As larvas foram transferidas para o sistema de cultivo em seguida.

### 2.2.2 Cultivo das larvas

A larvicultura foi realizada adaptando métodos desenvolvidos em trabalhos prévios (CERQUEIRA et al., 2020; STERZELECKI et al., 2021a e b). As larvas foram estocadas em densidade de 50 indivíduos/L em tanques cilíndricos com volume útil de 60 L e mantidas por 25 dias em sala climatizada em temperatura de 25 °C. O fotoperíodo foi contínuo até o 5º dia e depois de 14 h por dia (08 h 00 min a 22 h 00 min) até o final. Até o 8º dia foi utilizada água verde, com *Chlorella* spp. (ω3ALGAE, Bern Aqua, Bélgica), sem renovação. A renovação de água iniciou com 10% do volume do tanque diariamente, aumentando para 20% até o 12º dia e mantida assim até o final do experimento.

A alimentação, a partir do 3º dia, foi com rotíferos (*Brachionus rotundiformis*), cultivados com dieta comercial (Culture Selco, INVE Aquaculture, Bélgica) e enriquecidos (Red Pepper, Bern Aqua, Bélgica), na concentração de 2-20 rotíferos/ml. No 10º dia também foi fornecido náuplio de *Artemia* sp. (Cisto Arb, Bio Artemia, Rio Grande do Norte) na densidade de dois náuplios/mL. A partir do 12º dia foi fornecida dieta comercial de tamanho 300-500 µm e a partir do 22º dia de 500-800 µm (Nutrimia, Feed & Care Tecnologia Ltda., Natal, RN), com 45% de proteína bruta e 9% de lipídios, seis vezes ao dia.

### 2.2.3 Qualidade de água

A temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido foram aferidos diariamente uma vez ao dia (pela manhã) com auxílio de oxímetro (YSI Pro 20, Yellow Springs Instruments, OH, USA), o PH com phmetro portátil (YSI EcoSense pH 10, Yellow Springs Instruments, OH, USA) e a salinidade foi mensurada duas vezes na semana com auxílio de um refratômetro manual (RTS-101ATC, Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., São Paulo, Brasil). A amônia total foi calculada uma vez por semana como percentual da amônia total, considerando-se o PH, assim como o nitrato pelo método Spectro Alfakit (Kit Nitrato, Alfakit, Brasil) e

foram analisados em espectrofotômetro (Spectramax Plus-384, Molecular devices, Sunnyvale, CA). De todos os dados foram calculadas a média e desvio padrão para cada parâmetro (Tabela 1).

Tabela 1 - Qualidade da água (média  $\pm$  desvio-padrão) da larvicultura de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), em sistema intensivo por 25 dias. Valores máximos e mínimos entre parênteses.

Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	Salinidade	pH	Temperatura (°C)	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )
5,85 $\pm$ 0,67 (8,90 – 4,40)	35,07 $\pm$ 1,89 (38,00 – 32,00)	8,65 $\pm$ 0,21 (9,12 – 8,28)	25,51 $\pm$ 1,22 (27,80 – 22,10)	0,26 $\pm$ 0,15 (0,63 – 0,00)	0,08 $\pm$ 0,08 (0,34 – 0,00)

#### 2.2.4 Coleta das larvas

Para as análises histológicas foram coletadas diariamente 20 larvas até o 7º dia de experimento, e a partir do 8º dia foram coletas diárias de 10 larvas, até o final do experimento (25 dias). Para as amostragens, os indivíduos foram eutanasiados por anestesia profunda (Benzocaina 100 mg/L<sup>-1</sup>) e fixados em formalina 4% tamponada (ROLLS, 2012). As práticas e o manejo utilizados no estudo foram aprovadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA/UFSC) sob número de protocolo **9027020718**.

#### 2.2.5 Histologia

O processamento histológico foi realizado no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS/UFSC). As amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol em concentrações de 70 a 100%, e diafanizadas em xilol em tempos de 15 a 30 minutos. Posteriormente, foram incluídas em parafina. Vinte e quatro horas antes do corte, os blocos com as amostras ficaram acondicionados no freezer em temperatura de -20 °C para manter a rigidez.

Os cortes foram realizados em secções de 4  $\mu$ m, com um micrótomo rotativo (MRP 09 – LUPETEC, Brasil), distendidos em água a temperatura ambiente e passados para banho-maria com temperatura de 50 °C. Posteriormente foram deixados sobre uma bancada aquecida a 30 °C para secagem e fixação das secções nas lâminas.

As secções foram desparafinadas em dois banhos de xilol com 4 minutos cada, reidratados em cinco banhos de etanol (dois banhos de álcool absoluto e um banho para cada concentração de álcool de 90, 80 e 70%) em tempos de 4 minutos cada e, por fim, um banho de 5 minutos em fio de água corrente. As lâminas foram coradas em hematoxilina-eosina (HE),

segundo a metodologia de Michalany (1998). Os cortes foram corados por 2 minutos em Hematoxilina, lavados por 10 minutos em fio de água corrente, parcialmente desidratados em três passadas em água destilada e mais três passadas em álcool 70%, e depois corados por 11 minutos com Eosina. Para finalizar, as secções foram desidratadas, seguindo dois banhos de 4 minutos cada de álcool absoluto, mais 4 minutos de xilol + álcool absoluto e encerrando com dois banhos de xilol por 4 minutos cada. Posteriormente, as secções foram recobertas por lamínulas aderidas com auxílio da resina sintética (Entellan, Merk, Brasil).

### **2.2.6 Desenvolvimento morfológico**

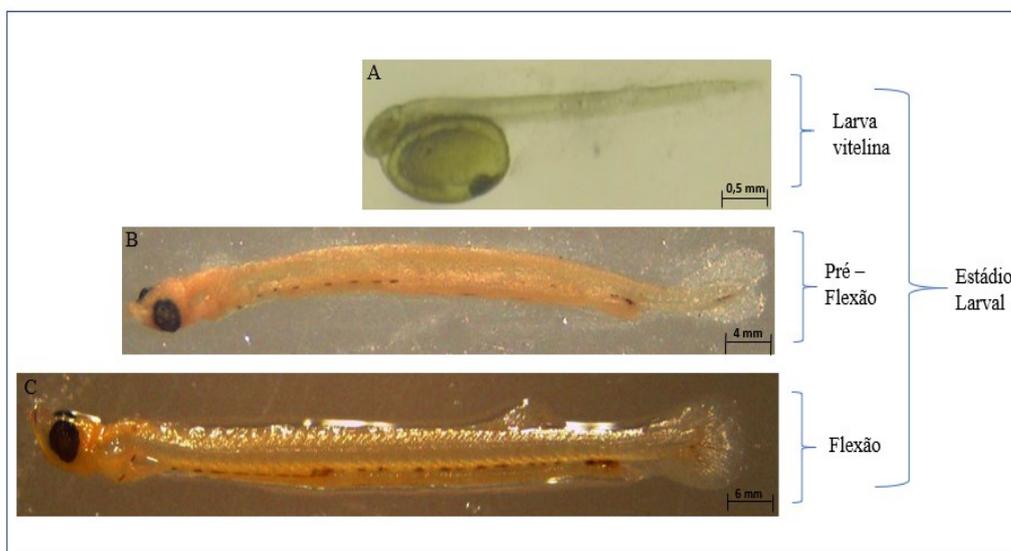
As larvas do experimento foram armazenadas em formaldeído, posteriormente observadas e fotografadas em um microscópio estereoscópico com câmera acoplada (EZ4 HD, Leica, Alemanha). Da mesma forma foram observadas e fotografadas as lâminas histológicas. As larvas foram medidas com o auxílio de uma régua simples, o comprimento total foi medido da extremidade da boca à extremidade da nadadeira caudal.

## **2.3 RESULTADOS**

### **2.3.1 Desenvolvimento morfológico e crescimento**

As larvas foram separadas em estádios de desenvolvimento, de acordo com o grau de flexão da notocorda, segundo a terminologia descrita e proposta por Kendall Jr. et al. (1984) em larva vitelina, pré-flexão, flexão e pós-flexão. Entretanto, não foram observadas larvas no estádio de pós-flexão (Figura 1).

Figura 1 - Larvas de *Sardinella brasiliensis* em diferentes estádios de desenvolvimento (A) Larva vitelina (recém-eclodida); B) Larva em pré-flexão (5 dias após eclosão); e C) Larva em flexão (7 dias após eclosão).



Fonte: Autora

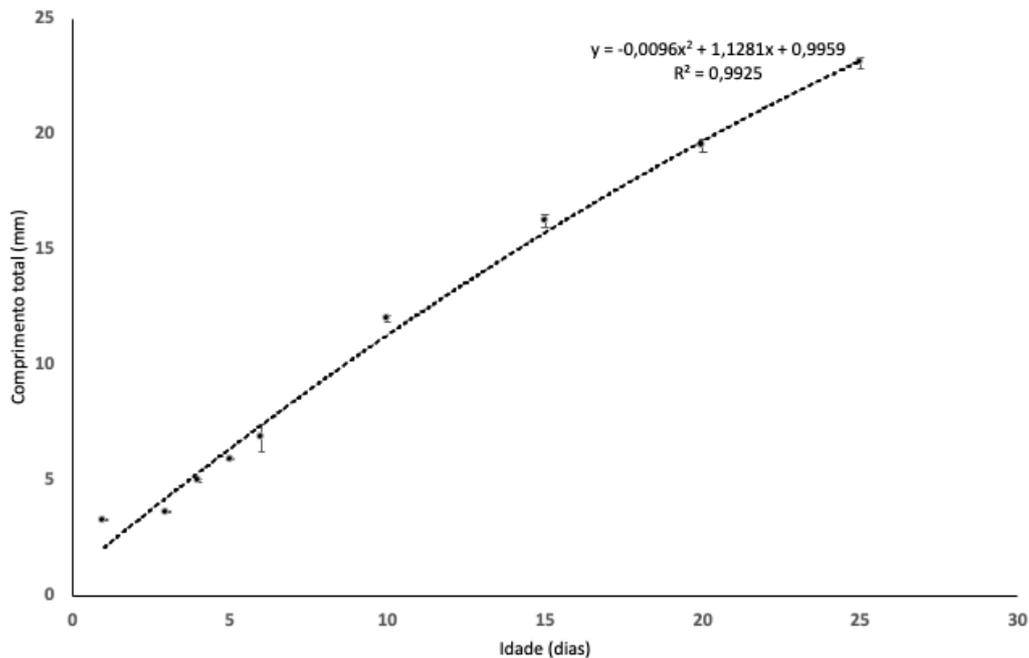
**Larva vitelina (Fig. 1A):** No início deste estágio foi observado apenas um esboço do olho e o corpo são contornados por uma nadadeira única. A cabeça encontra-se aderida à região anterior do saco vitelino e o tubo digestório rudimentar sem abertura anal. A boca ainda não está aberta (funcional). O saco vitelino apresenta forma ovoide e fica evidente a gota de óleo em posição posterior. Esta fase compreende desde a eclosão até o consumo total do saco vitelino, do primeiro ao 3º dia de idade.

**Pré-Flexão (Fig. 1B):** Caracterizado pela formação completa da boca com presença de alimento exógeno no intestino e abertura do ânus. Esta fase compreende do 5º dia ao 7º dia de idade da larva.

**Flexão (Fig. 1C):** Este estágio é caracterizado pela pigmentação epidérmica distribuída na região dorsal, notocorda levemente flexionada, intestino completamente formado e sinais iniciais de formação dos raios da nadadeira caudal. Esta fase compreende do 7º dia ao 21º dia de idade da larva.

O comprimento das larvas de passou de 1 mm para 23 mm nos vinte e cinco dias de experimento, representando um aumento de 23 vezes do tamanho individual inicial. O crescimento das larvas foi representado por uma curva (Figura 2).

Figura 2 - Comprimento médio padrão SD de larvas de *Sardinella brasiliensis* de 1 a 25 dias de idade. A curva foi ajustada por:  $y = -0,0096x^2 + 1,1281x + 0,9959$  ( $R^2 = 0,9925$ ).

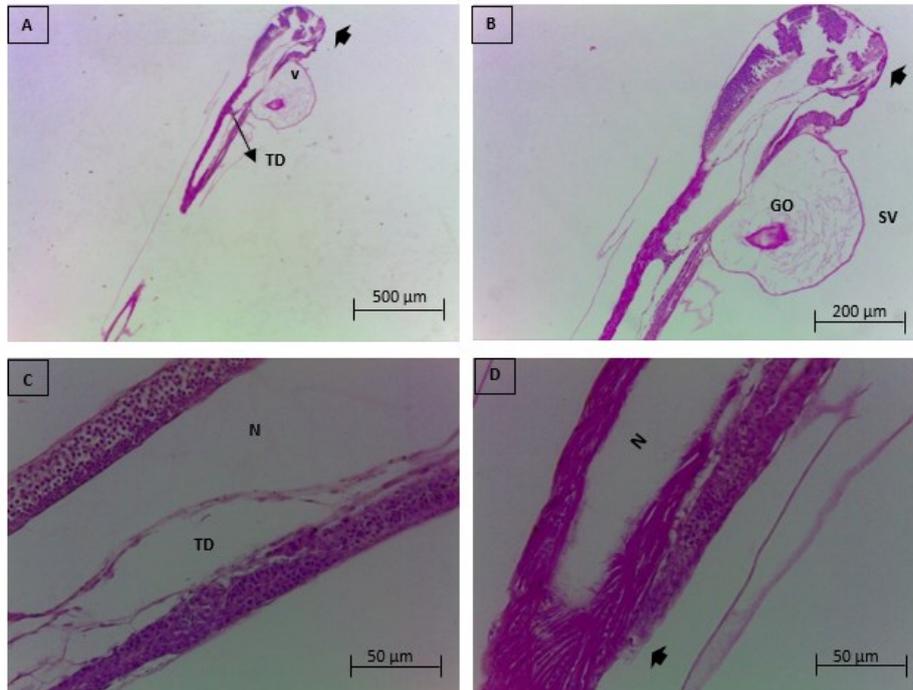


### 2.3.2 Análise histológica

Na larva recém-eclodida, o trato digestório é formado basicamente por um tubo retilíneo e histologicamente indiferenciado, com as extremidades (boca e ânus) fechadas. O tubo digestório encontra-se localizado dorsalmente ao saco vitelino e é formado por epitélio cúbico. A cavidade buco-faríngea e o esôfago não puderam ser diferenciados dos demais componentes do tubo digestório (Figura 3).

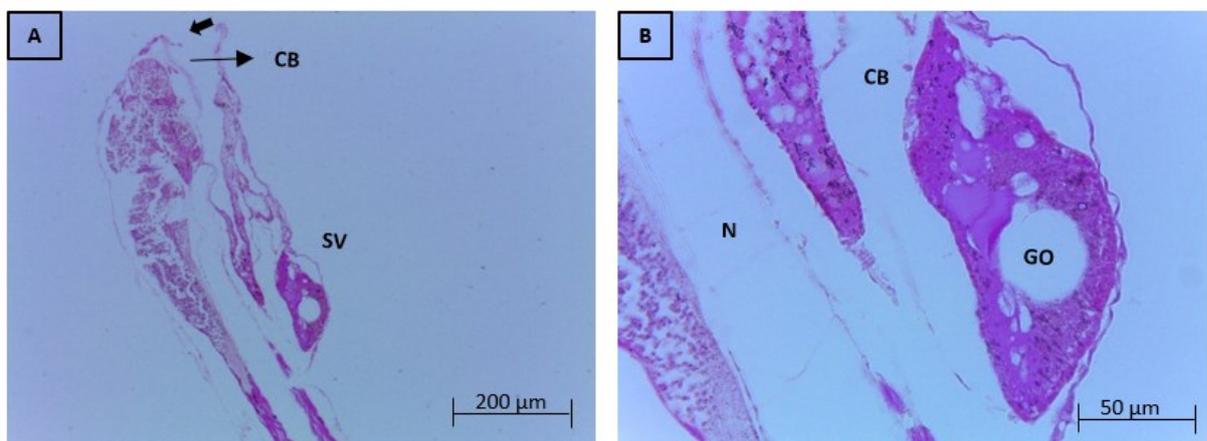
Figura 3 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* logo após a eclosão. A: boca fechada (cabeça seta), vitelo (V) e tubo digestório primitivo

(TD). **B:** boca fechada (cabeça ponta da seta), saco vitelino (SV) e gota de óleo (GO). **C:** notocorda (N). **D:** ânus fechado.



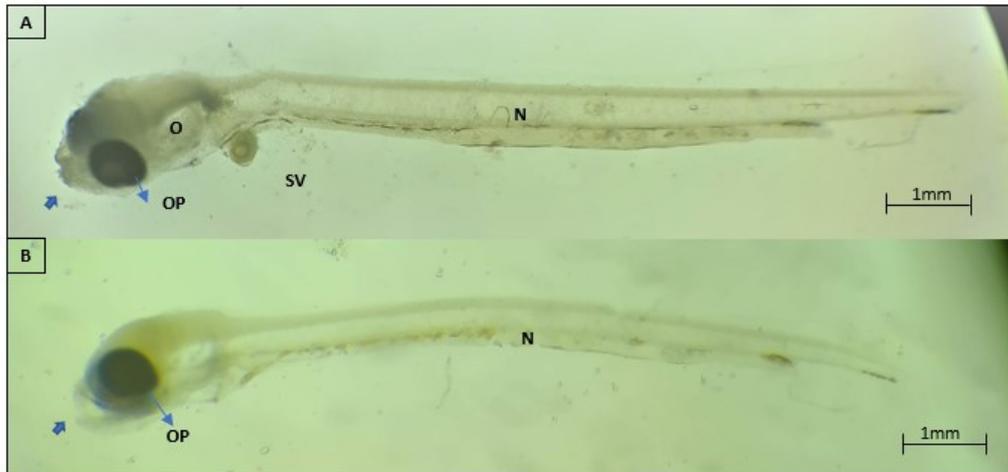
No primeiro dia após a eclosão, observou-se uma significativa diminuição do saco vitelino e início de pigmentação dos olhos. O tubo digestório é reto, simples e indiferenciado. Na região posterior do saco vitelino observa-se uma única pequena gota de óleo (Figura 4).

Figura 4 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 1 dia de idade. **A:** cavidade bucofaringeana (CB), saco vitelino (SV), boca aberta (cabeça seta). **B:** cavidade bucofaringeana (CB), gota de óleo (GO) e notocorda (cabeça seta).



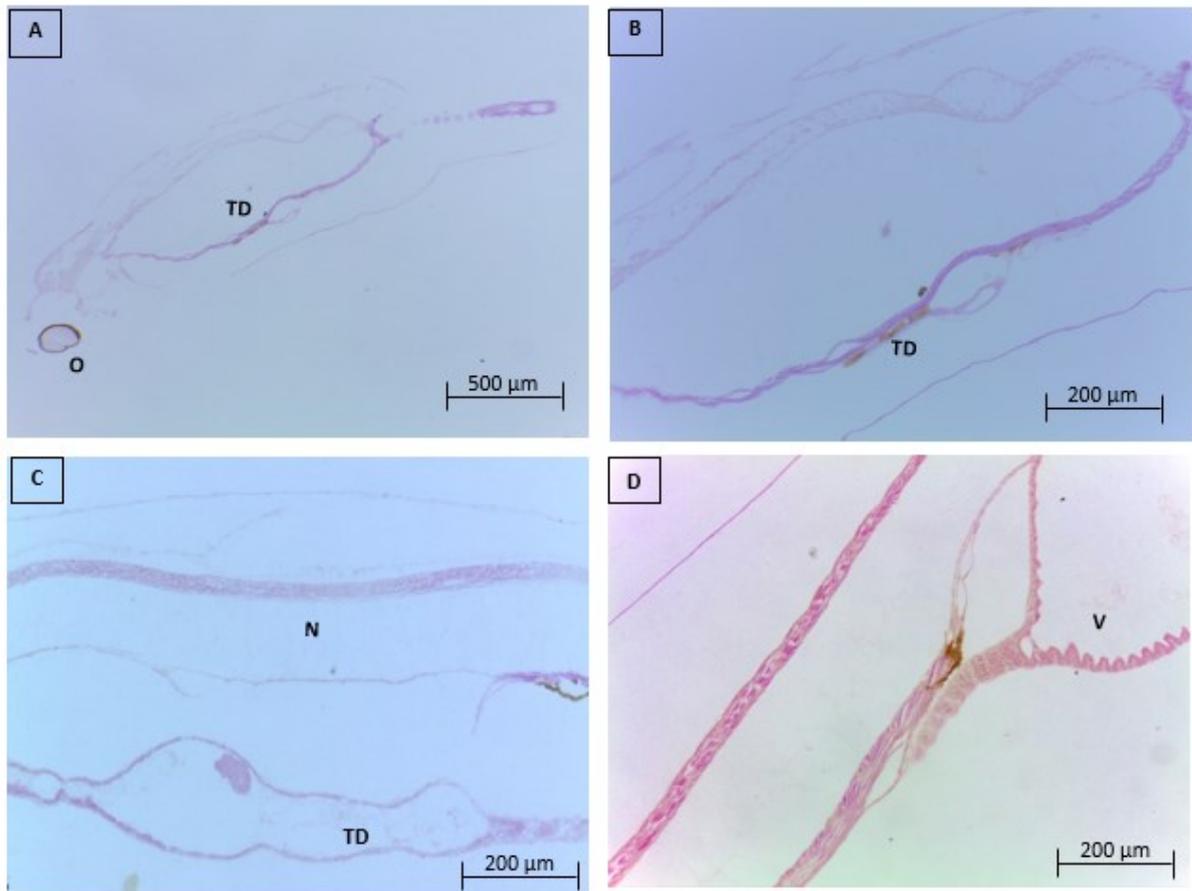
No segundo dia de idade as larvas apresentam olhos bem pigmentados, mas o saco vitelino não estava mais presente, em contraposição ao dia anterior (Figura 5) e há a abertura das extremidades (boca e ânus).

Figura 5 - - Larvas fixadas de *Sardinella brasiliensis* com 1 dia de idade (A) e 2 dias de idade (B). Olhos pigmentados (OP), notocorda (N), saco vitelino (SV) e a seta indica a boca.



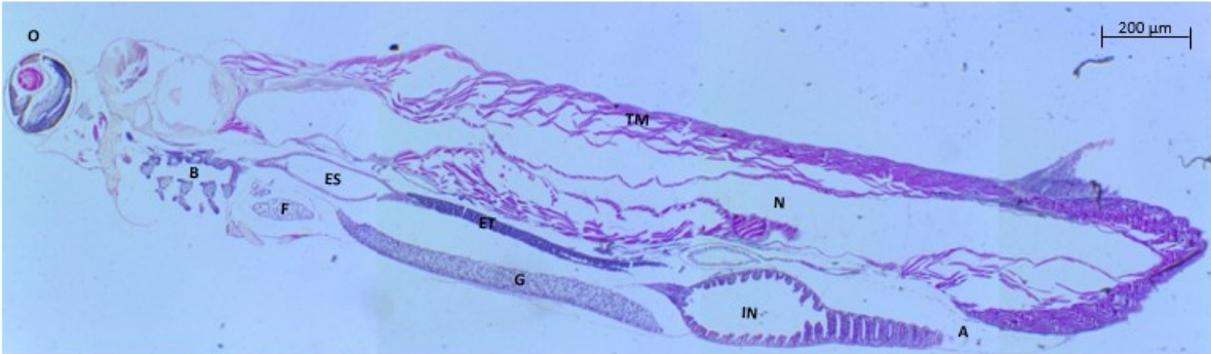
As mudanças estruturais no trato digestório das larvas começam a ocorrer a partir do quinto dia de idade (Figura 6). A partir do sexto dia, foi possível observar a formação de vilos intestinais, permitindo assim a visualização de duas regiões, anterior e posterior (Figura 6D).

Figura 6 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 3 dias de idade (A), 4 dias de idade (B), 5 dias de idade (C) e 6 dias de idade (D). Figura 5A: trato digestório e olhos. B: trato digestório (TD). C: notocorda (N) e trato digestório (TD). D: vilos (V)



No sétimo dia de idade, as larvas apresentam o tubo digestório em diferenciação, sendo composto pela cavidade buco-faringiana, esôfago e intestino (Figura 6D). Na região distal do esôfago foi possível observar dobras longitudinais e uma maior quantidade de células. Neste momento o estômago está em processo de diferenciação, caracterizado pelo alargamento da região posterior do esôfago e pelo espessamento de suas paredes. O fígado é observado bem delimitado (Figura 7).

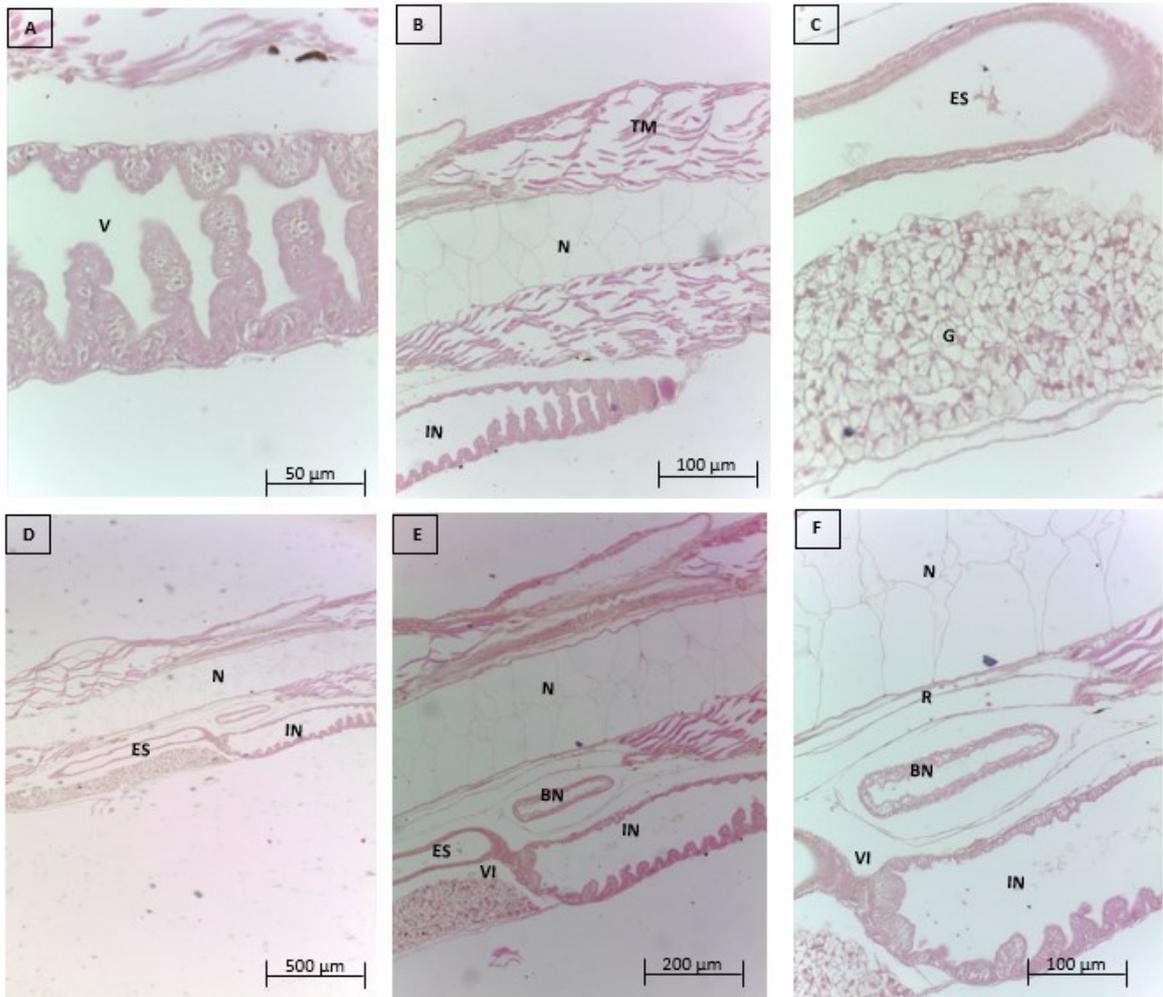
Figura 7 – Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 7 dias de idade. Olho (O), arcos branquiais (B), fígado (F), esôfago (ES), estômago em diferenciação (ET), gordura (G), intestino (IN), ânus (A), notocorda (N) e tecido muscular (TM).



No nono dia de idade, o intestino começa a aumentar a sua superfície de absorção, e vilosidades intestinais passam a ser observadas com mais detalhes (Figura 8A). No décimo segundo dia de idade as dobras longitudinais do esôfago estavam ainda mais evidentes (Figura 8B). A cavidade buco faríngea e o esôfago estavam bem desenvolvidos e funcionais (Figura 8C). Aos quinze dias de idade verifica-se a diferenciação da região posterior do esôfago, com a transição para o estômago (Figuras 8D, E e F).

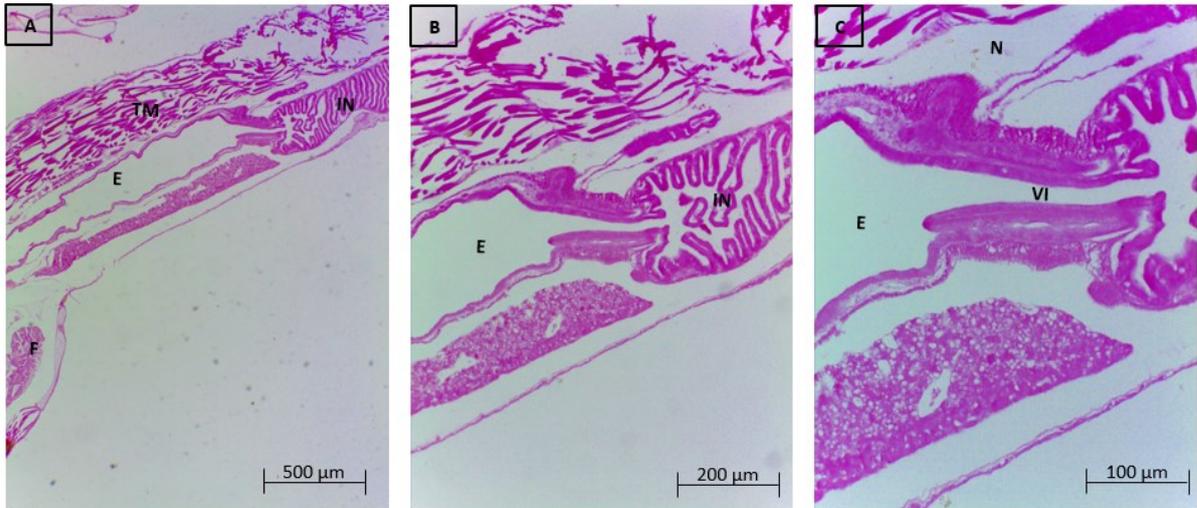
Figura 8 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 9 dias de idade (8A), 10 dias de idade (8B), 12 dias de idade (8C) e 15 dias de idade (8D, 8E e 8F). Figura 8A: vilosidades (V). B: tecido muscular (TM), notocorda (N), intestino (I). C: esôfago (ES) e gordura (G). D-E-

**F:** notocorda (N), esôfago (E), intestino (IN), bexiga natatória (BN), válvula intestinal (VI), túbulos renais (R).



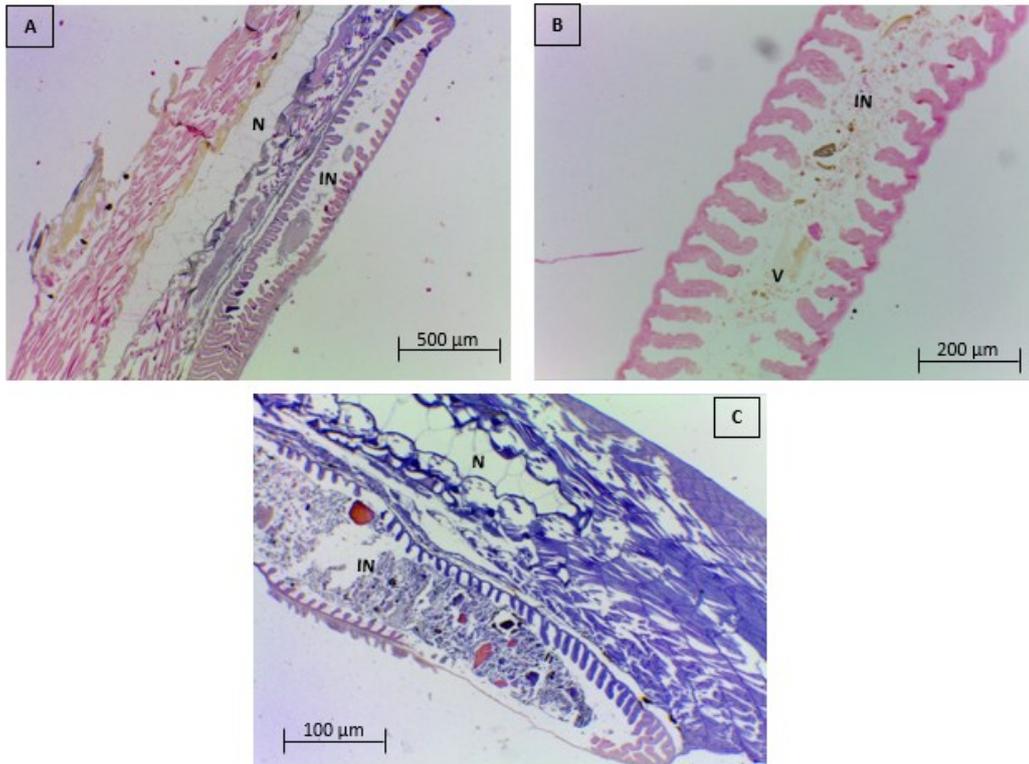
No décimo oitavo dia de idade, há uma diferenciação no estômago entre duas regiões, tornando-se mais alongado e a divisão entre o estômago e o esôfago é bastante evidente, por uma acentuada mudança de epitélio cúbico simples para epitélio escamoso, respectivamente (Figura 9).

Figura 9 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 18 dias de idade. **A:** fígado (F), tecido muscular (TM), estômago (E) e intestino (IN). **B:** estômago (E). **C:** estômago (E), válvula intestinal (VI) e notocorda.



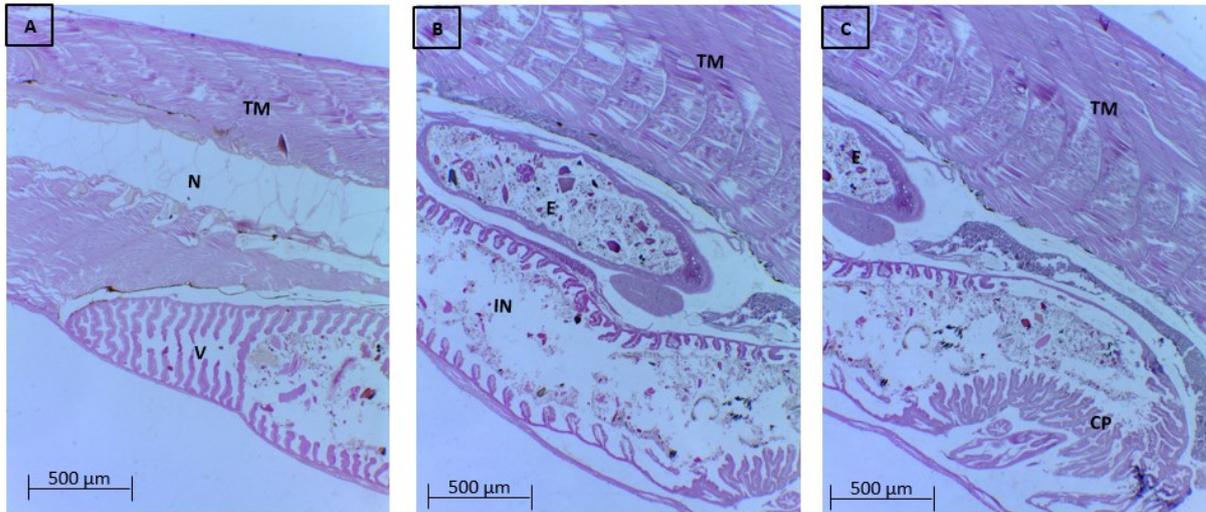
No décimo nono dia de idade, observou-se um aumento significativo no número de vilosidades na região posterior do intestino (Figuras 10 A e B). No vigésimo dia de idade, observa-se que as dobras do intestino aumentaram tanto em altura quanto em comprimento com o crescimento da larva.

Figura 10 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com 19 dias de idade. **A:** notocorda (N) e intestino (IN). **B:** Intestino (IN) e vilosidades (V). **C:** notocorda (N) e intestino (IN).



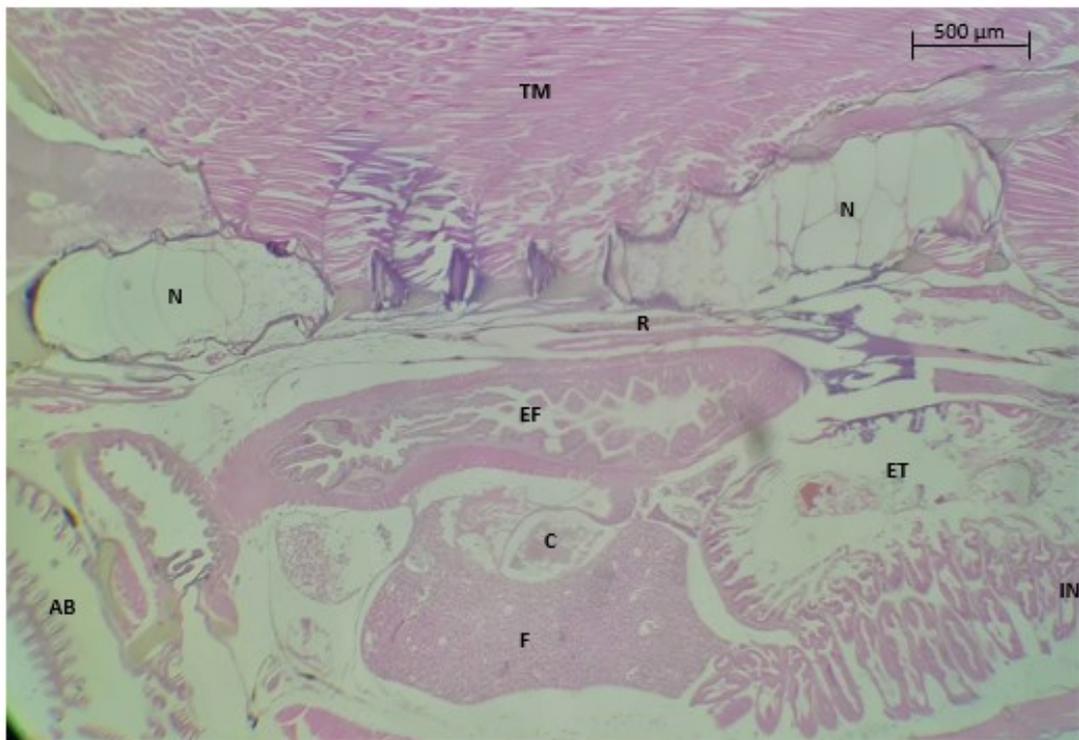
No decorrer do experimento, as mudanças mais significativas na morfologia do trato digestório foram: o desenvolvimento total do estômago e o aparecimento dos cecos pilóricos. Aos vinte e três dias de idade, a alça do intestino foi formada para acomodar o comprimento crescente do trato digestório dentro da cavidade abdominal. À medida que a larva crescia, as vilosidades eram mais profundas e abundantes (Figura 11).

Figura 11 - Secções longitudinais de larvas de *Sardinella brasiliensis* com vinte e três dias de idade. **A:** notocorda (N), tecido muscular (TM) e vilosidades (V). **B:** estômago (E), intestino (IN) e tecido muscular (TM). **C:** tecido muscular, estômago (E) e cecos pilóricos (CP).



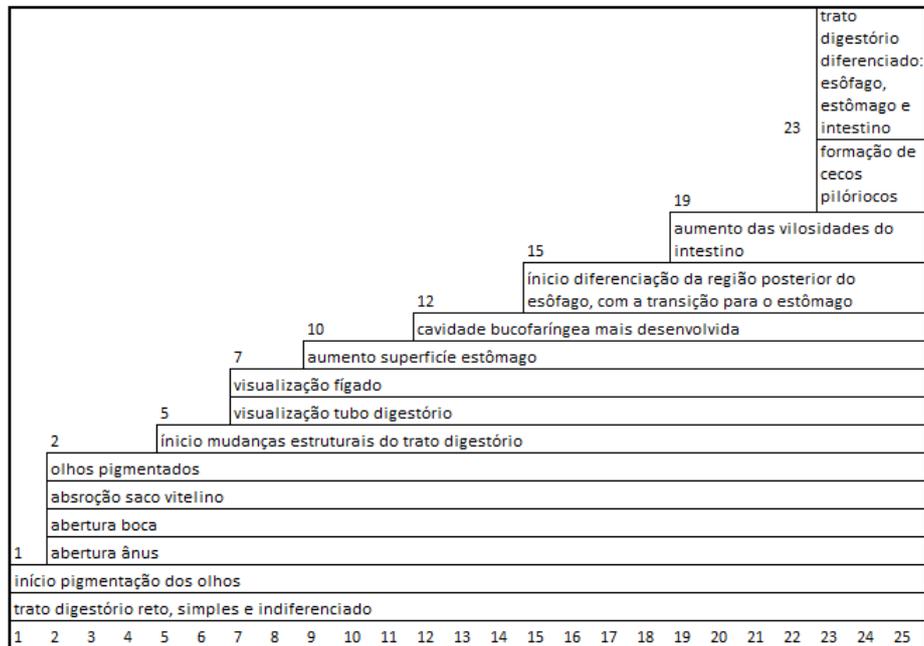
O trato digestório está diferenciado em suas três regiões, esôfago, estômago e intestino (Figura 12), além de apresentar um aumento no tamanho de todas as estruturas. O estômago foi o último órgão do trato digestório a se diferenciar.

Figura 12 - Secção longitudinal de larva de *Sardinella brasiliensis* com vinte e cinco de idade. Arcos branquiais (AB), notocorda (N), fígado (F), coração (C), esôfago (EF), estômago (ET), intestino (IN), rim (R) e tecido muscular (TM).



Para um melhor entendimento, os principais marcos ontogenéticos do desenvolvimento larval da sardinha-verdadeira em função da idade foram resumidos graficamente (Figura 13).

Figura 13 - Resumo dos principais eventos ontogenéticos de larvas de *Sardinella brasiliensis* criadas em laboratório de 1 a 25 dias de idade.



Fonte: Autora

## 2.4 DISCUSSÃO

Considerando a inexistência de trabalhos sobre o desenvolvimento do trato digestório de larvas da sardinha-verdadeira, toda a caracterização desta espécie foi embasada no estudo de outras espécies de peixes marinhos como a tainha *Mugil platanus* Gunther (GALVÃO, 1997), o linguado *Solea senegalensis* (RIBEIRO et al., 1999), a tainha *Chelon labrosus* (ZOUITEN et. at., 2008), o robalo-peva *Centropomus parallelus* (TELES, 2012), entre outros.

Para a sardinha-verdadeira foi observado um rápido desenvolvimento em relação a estas espécies já estudadas. Cumpre esclarecer que, embora os mecanismos básicos do desenvolvimento larval não se diferenciem muito entre os teleósteos, há variabilidades interespecíficas no tempo em que os eventos ontogenéticos ocorrem (SANTAMARIA et al., 2004; Falk-Petersen, 2005). Como referência e para facilitar comparações com os dados do presente estudo, foram selecionados os principais eventos ontogenéticos e alguns parâmetros do ciclo de vida dessas espécies (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela comparativa com outras espécies

ESPÉCIE	<i>Mugil platanus</i>	<i>Solea senegalensis</i>	<i>Chelon labrosus</i>	<i>Centropomus parallelus</i>	<i>Sardinella brasiliensis</i>
Abertura boca	3	2	5	3	2
Pigmentação olhos	não informado	não informado	não informado	3	2
Absorção saco vitelino	12	não informado	não informado	4	2
Abertura ânus	3	2	5	3	2
Diferenciação estômago	18	27		15	7
Cecos pilóricos	não informado	não informado	não informado	3	23
Sistema digestório completo	40	31	não informado	60	23
Tempo de vida	10 anos	15 anos	12 anos	10 anos	4 anos
Comprimento máximo	1 metro	60 cm	75 cm	60 cm	22 cm

Fonte: Autora

As larvas de sardinha-verdadeira eclodiram com os olhos não-pigmentados, o que significa que não tem capacidade de reconhecer o alimento o que justifica a presença de saco vitelino com uma pequena gota de óleo, apresentaram boca e ânus fechados e trato digestório formado basicamente por um tubo retilíneo e histologicamente indiferenciado. Isso também acontece com a maioria das larvas de peixes marinhos com ovos pelágicos (ZAMBONINO-INFANTE; CAHU, 2001).

Com dois dias de idade, a sardinha apresentou abertura total da boca, olhos pigmentados e vitelo absorvido. Esta total absorção do saco vitelino e o desenvolvimento das capacidades visuais, bem como a abertura da boca permitem às larvas passarem de uma alimentação endógena para exógena. Bisbal; Bengtson (1995); Guyot et al. (1995); Sarasquete et al. (1995) afirmaram que neste momento, com a boca formada, o trato digestório da larva é funcional, com um longo intestino, e o fígado e o pâncreas já secretam substâncias digestivas.

A pigmentação total do olho da sardinha foi observada praticamente ao mesmo tempo em que ocorre a abertura da boca. Para Lasker et al. (1970), a pigmentação dos olhos e a abertura da boca são eventos que podem ocorrer ao mesmo tempo e estão associados à alimentação exógena.

O trato digestório é o primeiro órgão que possui acesso aos nutrientes da dieta, além de possuir importante papel na regulação do metabolismo dos peixes (BUDDINGTON; KROGDAHL, 2004). O trato digestório da sardinha-verdadeira se desenvolveu na seguinte ordem: cavidade bucofagínea no primeiro dia de idade, esôfago e intestino a partir do 5º dia de idade, e por último o estômago e os cecos pilóricos, quase com o dobro de tempo dos primeiros órgãos, ou seja, a partir do 6º dia de idade. Smith (1987) afirmou que o trato digestório dos peixes onívoros está dividido, anatomicamente, em cavidade buco-faríngea; esôfago e estômago, intestinos e cecos pilóricos.

O trato digestório não está completamente formado e funcional nos primeiros dias de vida nos peixes, mas já na primeira alimentação a maioria das espécies possui enzimas relacionadas ao metabolismo (digestão, absorção e assimilação) de moléculas como proteínas, lipídios e polissacarídeos (KOLKOVSKI, 2004).

A cavidade buco faríngea é compartilhada pelos aparelhos respiratórios e digestório. Sua função digestiva se limita a selecionar, apreender e conduzir o alimento até o esôfago. Essa denominação deve-se ao fato de, algumas vezes, não se poder subdividir anatomicamente a cavidade bucal e a faringe, visto que o limite entre os dois órgãos é pouco evidente (ROTTA, 2003). A cavidade bucofaringeana da sardinha-verdadeira se desenvolveu logo após a eclosão, no primeiro dia de idade.

O estômago da sardinha-verdadeira foi o último órgão a ser totalmente formado, sendo que o esôfago, até então, cumpria a função de absorção de nutrientes, com significativo aumento de sua estrutura. Murray; Weigth; Goff (1994) sugeriram que o aumento da superfície do esôfago pode refletir uma função de digestão inicial. Conforme Watanabe; Kiron (1996), antes do desenvolvimento de glândulas gástricas, os peixes contam apenas com a capacidade de seleção do alimento apropriado, a digestão mecânica e enzimas pancreáticas e intestinais, que agem em meio alcalino, para compensar a falta de enzimas gástricas.

Nas larvas de sardinha-verdadeira, o intestino médio (intestino propriamente dito) é longo, pois alcança até a região mediana do corpo. Segundo Gonçalves et al. (2013), a função do intestino em peixes é completar a digestão iniciada no estômago e promover a absorção de nutrientes, água e íons. O trânsito do alimento no intestino é ocasionado pela atividade peristáltica, resultante da ação conjunta das camadas musculares. Essas camadas se mostraram bem desenvolvidas no intestino da sardinha, assim como o descrito para outras espécies de peixes já estudadas (GENTEN et al., 2009; ALBRECHT et al., 2001). O limite entre o intestino posterior e o reto foi de difícil visualização (HERNANDEZ-BLAZQUEZ et al., 2006).

A presença de pregas no intestino está relacionada com a dilatação do tubo, aumento da área de absorção e retardamento do trânsito intestinal, auxiliando a digestão e absorção de nutrientes (CAO; WANG, 2009). O enovelamento do intestino da sardinha iniciou logo no começo do desenvolvimento das larvas, com 5 dias de idade, suas dobras se tornaram mais acentuadas e abundantes ao longo do desenvolvimento, o que, de acordo com Sire; Vernier (1992) contribui para aumentar a superfície de contato entre o epitélio e o conteúdo intestinal. Entre as transformações que frequentemente ocorrem em muitas espécies no final do período larval, está a formação do estômago e cecos pilóricos (KOLKOVSKI, 2004).

Os cecos pilóricos foram observados nas larvas da sardinha no final do experimento, coincidindo com o desenvolvimento do estômago. São estruturas descritas como divertículos digitiformes que se invaginam da parede do intestino anterior, apresentando tamanho, diâmetro, posição e quantidades diferentes, dependendo da espécie estudada (KAPOOR et al., 1975; SEIXAS FILHO et al., 2001). Estão relacionados à secreção de muco, melhora da digestão e absorção de nutrientes em peixes (MORAES et al. 1997; MENIN, 1988). Ainda, HOSSAIN E DUTTA (1998) afirmaram que quanto maior o tamanho do ceco (comprimento e diâmetro), melhor será a sua eficácia funcional.

As mudanças morfológicas que ocorrem na alimentação dos peixes são direcionadas para aumentar a absorção e digestão de nutrientes exógenos. Desta forma para que as larvas sejam capazes de ingerir e assimilar os primeiros alimentos exógenos após a absorção completa das reservas de vitelo, o fígado e o pâncreas precisa estar em funcionamento, pois são responsáveis pela produção das enzimas digestivas (MICALE et al., 2006).

Entre o décimo quinto e o vigésimo dia de vida da sardinha-verdadeira foi possível diferenciar o estômago e as larvas apresentaram o aspecto de um pequeno juvenil. Este desenvolvimento acelerado das larvas pode ser interessante para diminuição do trabalho intensivo nos laboratórios tampouco e o melhor entendimento a respeito das necessidades de assimilação dos alimentos. Como exemplos de peixes marinhos com desenvolvimento rápido tem-se o atum (*Thunnus albacares*), em que a atividade enzimática do juvenil nos primeiros estágios é comparável com juvenis de outras espécies de peixes em um estágio muito mais avançado de desenvolvimento (BUENTELLO, et al., 2011), e o bijupirá (*Rachycentron canadum*), que na idade de 16 dias tem a região fúndica do estômago e os cecos pilóricos formados (FAULK et al., 2007).

A fim de determinar um desenvolvimento mais detalhado e rico em informações, sugerimos que as próximas pesquisas descrevam o desenvolvimento das células digestivas durante o desenvolvimento larval da sardinha-verdadeira. Recomendamos que as larvas sejam preparadas e analisadas diariamente no decorrer do cultivo, para se obter mais detalhes e sem prejuízo da qualidade das estruturas corporais.

## 2.5 CONCLUSÃO

A ontogênese inicial do sistema digestório da *Sardinella brasiliensis* apresenta rápido desenvolvimento dos órgãos quando comparada a outras espécies marinhas já estudadas. As larvas eclodiram com o trato digestório formado basicamente por um tubo retilíneo e

histologicamente indiferenciado, o tempo de pigmentação do olho foi observado ao mesmo tempo da abertura da boca no 2º dia de idade. Com 5 dias de idade houve o surgimento de pequenos vilos no intestino, já o esôfago com 18 de idade e por fim o estômago e os cecos pilóricos com 23 dias de idade apresentando o trato digestório completamente desenvolvido. Considerando a importância do conhecimento sobre o desenvolvimento do trato digestório para o manejo na larvicultura, este trabalho contribui para o seu desenvolvimento, já que pesquisas relacionadas a tema são escassas. O presente estudo é uma referência no que diz respeito à morfologia e desenvolvimento inicial da sardinha verdadeira.

## 2.6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, inclusive a bolsa de Mestrado. Agradeço a toda equipe do LAPMAR – UFSC e ao CNPq pelo apoio aos projetos de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, M.P. Ferreira, M.F.N. Caramasch, E.P. Anatomical features and histology of the digestive tract of two related neotropical omnivorous fishes (Caraciformes; Anostomidae). *Journal of Fish Biology*, v.58, p.419-430. 2001.
- Almeida, L. R. Andrade, H. A. Comparação entre a eficiência de captura das frotas de vara e isca-viva e de cerco na pescaria do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*): análise preliminar. *Notas Técnicas Da Facimar*, v.6, p.59–64, 2002.
- Angelo, M. Lisboa, M. K., Magnotti, C., Pilotto, M. R., Mattos, J. J., & Cerqueira, V. R. Temperature influence on the initial development of *Sardinella brasiliensis* larvae. *Aquaculture Research*. 2021.
- Bakun, A. & Parrish, R.H. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*). *Journal du Conseil / Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, v. 46, p. 269-283. 1990.
- Baloi, M. F. et al. Growth performance, body composition and metabolic response to feeding rates in juvenile Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. *Aquaculture Nutrition*. V. 23, n. 6, p.1458-1466, 2017.
- Baloi, M. Magnotti, C. C. F., Sterzelecki, F. C., Rodrigues, R. V., & Cerqueira, V. R. Toxicidade aguda da amônia em juvenis de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis*. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 43, n.1, p. 135-139, 2018.

Bisbal, G. A. & Bengtson, D.A. Development of the digestive tract in larval summer flounder. *Journ Fish Biologi*, Huntington, 47:227-91. 1995.

Braga, F. M. De S. Estudo da diversidade de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre Macaé (22o23'S) e Ilha de Santa Catarina (27o35'S) I. Crescimento de dimensões corporais. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.4, n.3, p. 235–250, 1987.

Buddington, R. K.; Krogdahl, Å. Hormonal regulation of the fish gastrointestinal tract. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, v.139, n.3, p. 261–271, 2004.

Buentello, J. A., Pohlenz, C., Margulies, D. Sholey, V. P., Wexler, J. B., Tovar-Ramirez, D. Neill, W. H., Hinojosa-Baltazar, P., Gatlin, D. M. A preliminary study digestive enzyme actives and amino acid composition early juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Aquaculture* 312, 205. 2011.

Cao, X.J. Wang, W.M. Histology and mucin histochemistry of the digestive tract of yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. *Journal of Veterinay Medicine Anatomy Histology Embyology*, Berlin, v.38, p.254-261. 2009.

Castello, J. P. Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA-REVIZEE. Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade de Rio Grande. p.15, 2007.

CEPSUL; IBAMA. Identificação e reprodução de espécies marinha como alternativa de isca-viva, para a captura de bonito listrado, no litoral catarinense e viabilidade de manutenção em tanque-rede (Projeto Isca-Viva). Relatório de Atividades. Itajaí (SC), 2006.

Cergole, M. C.; Dias-Neto, J. Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* no Brasil. Brasília: Ibama, p.37-38, 2011.

Dabrowski, K. R. The feeding of fish larvae: present “state of the art” and perspectives. *Reproduction Nutrition Development*. p.808-833. 1984.

Dallagnolo, R. Schwingel, P. R.; Perez, J. A. A. Estimativas de produção anual de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em Santa Catarina: um modelo de projeção de capturas a partir dos padrões mensais de desembarque no Estado. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v.14, n.2, p.95–104, 2010.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. [S.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. 2016.

Falk-Petersen, I.B. Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish & Shellfish Immunology*, 19, p. 397-412. 2005.

Faulk, C. K., Benninghoff, A. D. & Holt, G. J. Ontogeny of the gastrointestinal tract and selected digestive enzymes in cobia *Rachycentron canadum* (L.). *Aquaculture Research*, 70(2), p.567–583. 2007.

Figueiredo, J. L. Salles, A. C. R.; Rabelo, L. B. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) (Teleostei: Clupeidae), Nome Válido Aplicado À Sardinha-Verdadeira No Sudeste Do Brasil. Papéis Avulsos de Zoologia, v.50, n.18, p.281–283, 2010.

Filho, C. J. et al. Uma revisão sobre os principais aspectos no cultivo de robalo. Revista de Ciências Agro veterinárias. Lages, v.12, n.3. 2013.

Freitas, Greice Leite De et al. Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e maturação sexual de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no primeiro ano em cativeiro. 2021.

Galvão, M. S. N., Fenerich-Verani, N., Yamanaka, N., & Oliveira, I. D. R. Histologia do sistema digestório da tainha *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. Boletim do Instituto de Pesca, 24, p.91-100. 1997.

Garcia, V. Reynalte-Tataje, D. A. Zaniboni-Filho, E. Distribution of Eggs and Larvae of Brazilian Sardine in the Coastal Region of Santa Catarina State, Brazil. v.41, n.3, p.619–631, 2015.

Gasalla, M. A. Impactos da pesca industrial no ecossistema da plataforma continental interna do Sudeste do Brasil: a abordagem ecossistêmica e a integração do conhecimento. (Tese de Doutorado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2004.

Gawlicka, A The, S.K, Hung, S.S.O. Hinton, D.E.; De La Noue, J. Histological and histochemical changes in the digestive tract of white sturgeon larvae during ontogeny. Fish Phys. And Bioche., p.3557-371. 1995.

Genten, F. Terwinghe, E. Danguy, A. Atlas of Fish Histology. Science Publishers, Enfueld, 215p. 2009.

Gigliotti, E. S. et al. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. Journal of Fish Biology, 2010.

Godinho, H. P. Godinho, A. L. Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. 1. Ed. Belo Horizonte: PUC Minas. p. 468. 2003.

Gonçalves, L.U. Rodrigues, A.P.O. Moro, G.V.; Cargin-Ferreira, E. Cyrino, J.E.P. Morfologia e fisiologia do sistema digestório de peixes. In: FRACALOSSO D.M.; CYRINO J.E.P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Aquabio ed, Florianópolis, p.20-34. 2013.

Guinle, L.V. Passini, G. Carvalho, C.V.A. Cerqueira, V.R. “Viabilidade econômica da produção de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), Estado de Santa Catarina”, Informações Econômicas (Online), Vol. 45, p.49. 2015.

Guyon, J. R., Steffen, L. S., Howell, M. H., Pusack, T. J., Lawrence, C., And Kunkel, L. M. Modeling human muscle disease in zebrafish. Biochim Biophys Act 1772, p.205–215. 2007.

- Hernandez-Blazquez, F. J. Guerra, R. R.; Kfoury Jr., J. R. Bombonato, P. P.; Cogliati B. Silva, J. R. M. C. Fat absorptive processes in the intestine of the *Antarctic fish* (Richardson, 1844). *Polar Biology*, v.29, n.10, p.831-836. 2006.
- Houssain, A.M. Dutta, H.M. Assessment of structural and functional similarities and differences between caeca of the bluegill. *Journal of Fish Biology*, v. 53, p.1317–1323, 1998.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Gestão para o uso sustentável da Sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Brasil. 2006.
- Issac-Nahum, V. J. Vazzoler, A. E. A. De M. Zaneti-Prato, E. M. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento da *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22° Se 28°S, Brasil. 3 - Morfologia e histologia de ovários e escala de maturidade. *Boletim Instituto Oceanógrafo*. São Paulo, 32(1). p.1-16. 1983.
- Kapoor, B.G., Smit, H., Verghina, I.A. The alimentary canal and digestion in fish. *Advances in Marine Biology*, p.109-239. 1975.
- Kolkovski, S. Sakakura, Y. Yellowtail Kingfish from larvae to mature fish – problems and opportunities. In: Cruz Suárez, L. E. Ricque Marie, D., Nieto López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U. Y Gonzalez, M. *Avances en Nutricion Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 16-19 Noviembre, Hermosillo, Sonora, México. 2004.
- Lasker, R. An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development and growth of Pacific sardine. *Coreia*. p.399–405. 1964.
- Maciel, C. M. R. R. Ontogenia de larvas de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes (1849) (Characiformes, Characidae, Bryconinae). Tese (Título de Doctor Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.
- Manzoni, G. C. Dick, J. L. Anjos. J. K. Custódio Jr., G. Growth of Brazilian Sardine (*Sardinella brasiliensis*) cultivated in net cage in the Itapocoroy Bay - Penha - SC, Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 9, FENACAM, 15, 2015. Anais FENACAM. Fortaleza: ABCC. p. 316. 2015.
- Manzoni, G. C. Dick, J. L. Custódio Jr., G. Santos, A. P. S.; Anjos. J. K. Relação gonado-somática da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* cultivada em tanque rede - Penha - SC - Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 8, FENACAM. Anais FENACAM. Fortaleza: ABCC, 2014.
- Matsuura, Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. *Revista brasileira de oceanografia*, v.46, n.1, p.33–43, 1998.
- Menin, E. Mimura, O. M. Anatomia comparativa do estômago de três peixes Teleostei de água doce de hábito alimentar ictiófago. *Revista Ceres*, v.40, n.228, p.203-222. 1993.

Micale, V., Garaffo, M., Genovese, L., Spedicato, M.T., Muglia, U. The ontogeny of the alimentary tract during larval development in common Pandora *Pagellus erythrinus* L. *Aquaculture* 251, p. 354 e 365. 2006.

Moraes, M.F.P.G., Barbola, I.F., Guedes, E.A.C. Alimentação e relações morfológicas com o aparelho digestório do curimatá, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) (Osteichthyes, Prochilodontidae), de uma lagoa do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. p.169- 180. 1997.

Murray, H.M. Wright, G.M. Goff, G.P A comparative histological and histochemical study of the post-gastric alimentary canal from three species of Pleuronectid, the Atlantic halibut, the yellowtail flounder and the winter flounder. *Journal of Fish Biology*, v.48, p.187–206. 1996.

Nakatani, K. Bialecki, A. Baumgartner, G. Sanches, P. V. & Makrakis, M. C. Temporal and spatial dynamics of fish eggs and larvae. In: Thomaz, S. M., Agostinho, A. A. & Hahn, N. S. eds. *The Upper Paraná River Floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Leiden, Backhuys Publishers. p.1-30. 2004.

Occhialini, D. S. Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no Sudeste e Sul do Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

Passini, G. et al. Reprodução e larvicultura da tainha *Mugil liza* no Estado de Santa Catarina. In: Feira Nacional do Camarão, 12, Latin american and Caribbean Aquaculture Fortaleza. Abstract Book. Fortaleza: ABCC, 2015. p.410, 2015.

Pereira, H. L. Manejo e maturação em cativeiro da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (STEINDACHNER, 1879) no sul do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. 2010.

Perin, S. Vaz-Dos-Santos, A. M. Morphometry and relative growth of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) in the Southeastern Brazilian bight. *Arquivos de Zoologia*, v. 45, p. 63–72, 2014.

Porter, S. M. & Theilacker, G. H. The development of the digestive tract and eye in larval walleye pollock, *Theragra chalcogramma*. *Fishery Bulletin*, p.722-729. 1999.

Ribeiro, L. Sarasquete, C., Dinis, M. T. Histological and histochemical development of the digestive system of *Solea senegalensis* larvae. *Aquaculture* v.171, p.293-308. 1999.

Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. Clemmesen, C. Ueberschar, B. & Dias, J.F. Larval condition and growth of *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): preliminary results from laboratory studies. *Scientia Marina*, p.13-23. 2003.

Rotta M.A. Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestório dos Peixes relacionados à Piscicultura. Embrapa Pantanal, Corumbá, MS. 2003.

Sánchez-Velasco, L. Diet composition and feeding habits of fish larvae of two co-occurring species (Pisces: Callionymidae and Bothidae) in the North-western Mediterranean. ICES (Int. Conc. Explor. Sea). *Journal of Marine Science*. p.299-308, 1998.

Santamaría, C.A. Marín De Mateo, M.; Traveset, R. Sala, R.; Grau, A.; Pastor, E. Sarasquete, C. And Crespo, S. Larval organogenesis in common dentex *Dentex dentex* L. (Sparidae): histological and histochemical aspects. En: *Aquaculture*. Barcelona, Spain. 2 vol.237, p.207-228. 2004.

Santos, R. C. Dos. Rodrigues-Ribeiro, M. Demanda de iscas vivas para a frota atuneira Catarinense na safra de 1998/99: composição e distribuição das capturas. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 4, p. 97–101, 2000.

Sarasquete, M. C. Polo, A. Yúfera, M. Histology and histochemistry of the development of the digestive system of larval gilthead seabream, *Sparus aurata*. L. *Aquaculture*, Amsterdam, p.79-92. 1995.

Seixas Filho, J. T. Brás, J. M. Gomide, A. T. M. Oliveira, M. G. A. Donzele, J. L. Menin, E. Anatomia Funcional e Morfometria dos Intestinos e dos Cecos Pilóricos do Teleostei (Pisces) de Água Doce *Brycon orbignyianus* (Valenciennes, 1849). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.313-324. 2003.

Sire, M. F. & Vernier, J. M. Intestinal absorption of protein in teleost fish. *Comp. Biochem. Physion.*, Oxford, 103 A: p. 771-781. 1992.

Sterzelecki, F. C. et al. Efeitos do aumento do nível de proteína no desempenho, atividade enzimática e composição corporal da sardinha brasileira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). *Nutrição aquícola*, v.24, n.1, p.366-374, 2018.

Tatsch, C. Alimentação natural de juvenis de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), cultivadas em tanques-rede na Enseada da Armação do Itapocoroy (SC). Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2015.

Teles, Andressa. Ontogenia do trato digestório de larvas de *Centropomus parallelus*. Dissertação de Mestrado em Aquicultura. Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Aquicultura, p.49. 2012.

Vazzoler, Anna Emília A. de M. *Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática*. I. ed. São Paulo: EDUEM. p.169, 1996.

Watanabe, T., Verakunpiriya, V., Mushiake, K., Kawano, K., Hasegawa, I. The first spawn-taking from broodstock yellowtail cultured with extruded dry pellets. *Fisheries Science*, Tokyo, v. 62, n.3, p.388–393. 1996.

Wilson, J. M. Castro, L. F. C. Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: Grossel, M. Farrell, A. P. Braunaer, C. J. (Ed.) *Fish physiology: the multifunctional gut of fish*. San Diego: Academic Press. Cap. 1, p.1-55. 2011.

Yoneda, N.T. Criação em laboratório de larvas da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, e estudo dos incrementos diários nos otólitos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo. 1987.

Zambonino-Infante, J. L., Cahu, C.L. Ontogeny the gastrointestinal tract of marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. p.447-487. 2001.

Zouiten, D. Khemis, I. B., Besbes, R., Cahu C. Ontogeny oh th digestive tract of thick lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) larvae reared in "mesocosms". *Aquaculture* 279. p.166-172. 2008.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ALMEIDA, L. R. ANDRADE, H. A. **Comparação entre a eficiência de captura das frotas de vara e isca-viva e de cerco na pescaria do bonito listrado (*Katsuwonus pelamis*): análise preliminar**. Notas Técnicas da Facimar, 2002.
- ANDREATTA ER, Rocha IP, RORDIRGUES J. B. R. **Ensaio sobre desova induzida de tainha, *Mugil brasiliensis* Spix et Agassiz (1931)**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2, Recife. Anais. Resumo. 1981
- ANGELO, M., LISBOA, M. K., MAGNOTTI, C., PILOTTO, M. R., MATTOS, J. J., & CERQUEIRA, V. R. **Temperature influence on the initial development of *Sardinella brasiliensis* larvae**. Aquaculture Research. 2021.
- Aquaculture Brasil. (2020). Terra à Vista! O Início da Piscicultura Marinha Brasileira em Ras. <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/118/terra-a-vista-o-inicio-da-piscicultura-marinha-brasileira-em-ras> . Acesso em 04/02/2022.
- ASCHE, F. Farming the sea. **Marine Resource Economics**, Chicago, v.23, n.4, p.527-547, 2008.
- BAKUN, A. & PARRISH, R.H. **Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella Brasiliensis*)**. J. Cons. Int. Explor. Mer., v. 46, n. 3, p.269-283. 1990.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2. ed. Santa Maria: Ed. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- BALOI, M. F. et al. Growth performance, body composition and metabolic response to feeding rates in juvenile Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Aquaculture Nutrition**. V. 23, n 6, p.1458-1466, 2017.
- BALOI, M. MAGNOTTI, C. C. F., STERZELECKI, F. C., RODRIGUES, R. V., & CERQUEIRA, V. R. Toxicidade aguda da amônia em juvenis de sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, n.1, p.135-139, 2018.
- BECKER, F.G. FRIES, L.C.C. GUIMARÃES, T.F.R. & MENESES, B.A. Pesquisa sobre reprodução de populações naturais de peixes no Brasil (2001-2010): um breve panorama sobre tendências e lacunas. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**. Rio de Janeiro, n.100, p.40-44, 2010.
- BENETTI, D. D. FAGUNDES NETTO, E. B. Considerações sobre desova e alevinagem da tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836). **Instituto de Pesquisas da Marinha** v.135, p.26, 1980.
- BRAGA, F. M. DE S. Estudo da diversidade de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre Macaé (22o23'S) e Ilha de Santa Catarina (27o35'S) I. Crescimento de dimensões corporais. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.4, n.3, p.235–250, 1987.

- BRITO, J. M. FERREIRA, A. H. C. SANTANA JUNIOR, H. A. OLIVEIRA, A. P. A. SANTOS, C. H. L.; OLIVEIRA, L. T. S. **Desempenho zootécnico de juvenis de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com cepas probióticas e submetidos a desafio sanitário.** *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.20, p.1-9, 2019.
- BUDDINGTON, R. K. KROGDAHL, Å. Hormonal regulation of the fish gastrointestinal tract. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*, v.139, n.3, p.261–271, 2004.
- CANAN, B. NASCIMENTO, W. S. SILVA, N. B. CHELLAPPA, S. Morphohistology of the Digestive Tract of the Damsel Fish *Stegastes fuscus* (Osteichthyes: Pomacentridae). **The Scientific World Journal**, v. 2012, p.1-9, 2012.
- CANAN, B. PESSOA, E. K. R. VOLPATO, G. L. ARAUJO, A. CHELLAPPA, S. Feeding and reproductive dynamics of the damselfish, *Stegastes fuscus* in the coastal reefs of northeastern Brazil. **Animal Biology Journal**, v.2, p.113-126, 2011.
- CASTAGNOLLI N. **Piscicultura de água doce.** Jaboticabal: Funep. 1992.
- CASTELLO, J. P. **Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA-REVIZEE.** Departamento de Oceanografia, Fundação Universidade de Rio Grande. p.15, 2007.
- CAVALLI, R. O. HAMILTON, S. Piscicultura Marinha, A piscicultura marinha no Brasil - Afinal, quais as espécies boas para cultivar? **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.17, n. 104, p. 50-55. 2007.
- CERGOLE, M. C. DIAS-NETO, J. **Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* no Brasil.** Brasília: Ibama, p.37-38, 2011.
- CERQUEIRA, V. R., CARVALHO, C. V. C., SANCHES, E. G., PASSINI, G., BALOI, M., & RODRIGUES, R. V. Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, 2017.
- DABROWSKI, K. R. The feeding of fish larvae: present “state of the art” and perspectives. **Reproduction Nutrition Development**, v.2, n.6, p.808-833, 1984.
- DALLAGNOLO, R. SCHWINGEL, P. R.; PEREZ, J. A. A. Estimativas de produção anual de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em Santa Catarina: um modelo de projeção de capturas a partir dos padrões mensais de desembarque no Estado. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.14, n.2, p.95–104, 2010.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.** Sustainability in action. Rome. 2020.
- FAO. **The state of world fisheries and aquaculture.** Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. 2016.

- FIGUEIREDO, J. L.; SALLES, A. C. R.; RABELO, L. B. *Sardinella Brasiliensis* (Steindachner, 1879) (Teleostei: Clupeidae), Nome Válido Aplicado À Sardinha-Verdadeira No Sudeste Do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.50, n.18, p.281–283, 2010.
- FREITAS, Greice Leite de et al. **Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e maturação sexual de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no primeiro ano em cativeiro**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2021.
- FUENTES-SANTOS, L. CUBILLO, A. M. LABARTA, U. A bioeconomic approach to optimize mussel culture production. **Reviews in Aquaculture, Richmond**, p.1-16. 2015.
- FUIMAN, L. A. **Special considerations of fish eggs and larvae**. In: Fuiman, L. A. & Werner, R. G. eds. **Fishery science: the unique contributions of early life stages**. Oxford, Blackwell Science. p.1-32, 2002.
- GARCIA, V. REYNALTE-TATAJE, D. A. ZANIBONI-FILHO, E. **Distribution of Eggs and Larvae of Brazilian Sardine in the Coastal Region of Santa Catarina State, Brazil**. v. 41, n.3, p.619–631, 2015.
- GASALLA, M.A. **Impactos da pesca industrial no ecossistema da plataforma interna do Sudeste do Brasil: a abordagem ecossistêmica e a integração do conhecimento**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 2004.
- GIGLIOTTI, E. S. et al. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Journal of Fish Biology**, 2010.
- GILBERT, S. F. **Developmental biology**. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2000.
- GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. 1. Ed. Belo Horizonte: PUCMinas, 2003.
- GODINHO, H.M. et al. Induced spawning of the mullet *Mugil planus* GUNTHER, 1880, in Cananéia, São Paulo, Brazil. **Boletim Instituto Pesca**, v.20, 59-66, 1993.
- GONÇALVES, L.U. RODRIGUES, A.P.O. MORO, G.V. CARGNIN-FERREIRA, E.; CYRINO, J.E.P. Morfologia e fisiologia do sistema digestório de peixes. In: FRACALOSSO D.M. CYRINO J.E.P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Aquabio ed, Florianópolis, p.20-34, 2013.
- GOVONI, J. J. BOEHLERT, G. W. & WATANABE, Y. **The physiology of digestion in fish larvae**. *Environmental Biology of Fish* p.59-77, 1986.
- GUINLE, L.V. PASSINI, G. CARVALHO, C.V.A. CERQUEIRA, V.R. (2015), “Viabilidade econômica da produção de juvenis de robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*), Estado de Santa Catarina”, **Informações Econômicas (Online)**, Vol. 45, pp. 49, disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publica-coes/ie/2015/tec05-0615.pdf> >. Acesso em: 17 de janeiro 2022.

IGARASHI, M.A. 2021. Perspectivas, oportunidades e desafios para o cultivo de peixe marinho com ênfase na produção do gênero *Seriola*. **Nutri Time, Revista Eletrônica**. Disponível em: <[https:// https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2021/03/Artigo-535.pdf](https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2021/03/Artigo-535.pdf)>. Acesso em: 03 de outubro 2021.

ISSAC-NAHUM, V. J. VAZZOLER, A. E. A. DE M. ZANETI-PRATO, E. M. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento da *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22° Se 28°S, Brasil. 3 - Morfologia e histologia de ovários e escala de maturidade. **Boletim Instituto Oceanógrafo**. São Paulo, p.1-16. 1983.

KAMLER, E. **Early life history of fish: an energetics approach**. London, Chapman & Hall. p.267, 1992.

KATSURAGAWA, M. MUELBERT, J. H. DIAS, J. F Diagnóstico sobre o atual conhecimento dos organismos componentes do Ictioplâncton da área entre o Cabo de São Tomé e o Chuí, desde a costa até as 200 Milhas Náuticas. **Programa Revizee**. 2006.

KOLKOVSKI, S. SAKAKURA, Y. Yellowtail Kingfish from larvae to mature fish – problems and opportunities. In: CRUZ SUÁREZ, L. E. RICQUE MARIE, D., NIETO LÓPEZ, M. G., VILLARREAL, D., SCHOLZ, U. Y GONZALEZ, M. 2004. Avances en Nutricion Acuícola VII. **Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México. 2004.

KURTZ, F.W. & MATSUURA, Y. Food and feeding ecology of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) larvae from the Southeastern Brazilian Bight. **Revista Brasileira de Oceanografia**, p.61-74. 2001.

LISBOA, V., ELOY, H.R.F., CATTER, K.M., et AL. (2020). Piscicultura marinha brasileira: desafios e perspectivas do seu desenvolvimento no estado do Ceará. **Revista S&G** p.113-122. 2020.

MAKRAKIS, M. C. NAKATANI, K. BIALETZKI, A. SANCHES, P. V. BAUMGARTNER, G. & GOMES, L. C. Ontogenetic shifts in digestive tract morphology and diet of fish larvae of the Itaipu Reservoir, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, p.99-107. 2005.

MANZONI, G. C. DICK, J. L. ANJOS. J. K. CUSTÓDIO JR., G. Growth of Brazilian Sardine (*Sardinella brasiliensis*) cultivated in net cage in the Itapocoroy Bay - Penha - SC, Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 9, FENACAM, 15, 2015. Anais FENACAM**. Fortaleza: ABCC, p. 316. 2015.

MANZONI, G. C. DICK, J. L. CUSTÓDIO JR., G. SANTOS, A. P. S. ANJOS. J. K. Relação gonado-somática da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* cultivada em tanque rede - Penha - SC - Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, 8, FENACAM, 14, 2014. Anais FENACAM**. Fortaleza: ABCC, 2014.

MATSUURA, Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.46, n.1, 1998.

MATSUURA, Y. O ciclo de vida da sardinha-verdadeira (Introdução à oceanografia pesqueira). **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**. v.4, p.1-146, 1977.

MONTENEGRO, L. A. SILVA, N. B. NASCIMENTO, W. S. CHELLAPPA, S. Anatomy and Histology of the digestive tract and feeding habits of the marbled swamp eel *Synbranchus marmoratus*. **Animal Biology Journal**, v.3, no.3, p.127-143, 2011.

OCCHIALINI, D. S. **Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no Sudeste e Sul do Brasil**. 2013. 171 f. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/323300 (1).pdf>. Acesso em: 03 de outubro 2021.

PAIVA, M. P. FALCÃO, A. P. C. **Estrutura de cardumes da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no estado do Rio de Janeiro (Brasil)**. Revista Brasileira de Zoologia. N19, p.85-92, 2002.

PASSINI, G. et al. Reprodução e larvicultura da tainha *Mugil liza* no Estado de Santa Catarina. In: Feira Nacional do Camarão, 12, **Latin American and Caribbean Aquaculture Fortaleza**. Abstract Book. Fortaleza: ABCC, 2015.

PEREIRA, H. L. 2010. **Manejo e maturação em cativeiro da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (STEINDACHNER, 1879) no sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

PERIN, S. VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Morphometry and relative growth of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) in the Southeastern Brazilian bight. **Arquivos de Zoologia**, v.45, p.63–72, 2014.

POLAKOF, S. et al. Glucose metabolism in fish: A review. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**. 2012.

PORTER, S. M. & THEILACKER, G. H. **The development of the digestive tract an eye in larval walleye pollock, *Theragra chalcogramma***. Fishery Bulletin, p.722-729, 1999.

ROUBACH, R. CORREIA, E. S. ZAIDEN, S. MARTINO, R.C. CAVALLI, R.O. "Aquaculture in Brazil", **Word Aquaculture**, V.34, p.25-35. 2003.

SAMPAIO, A. L. A. GOULART, E. **Ciclídeos neotropicais: ecomorfologia trófica. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro**, v.15, n.4, p.775-798, 2001.

SÁNCHEZ-VELASCO, L. **Diet composition and feeding habits of fish larvae of two co-occurring species (Pisces: Callionymidae and Bothidae) in the North-western Mediterranean**. ICES (Int. Conc. Explor. Sea). Journal of Marine Science, p.299-308, 1998.

SANTIN, M. BIALETZKI, A. & NAKATANI, K. Mudanças ontogênicas no trato digestório e na dieta de *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) (Osteichthyes, Parodontidae). **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, p.291-298, 2004.

- SANTOS, R. C. DOS RODRIGUES-RIBEIRO, M. Demanda de iscas vivas para a frota atuneira Catarinense na safra de 1998/99: composição e distribuição das capturas. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.4, p.97–101, 2000.
- SCHWARTZLOSEI, R. A. **Worldwide Large-Scale Fluctuations Of Sardine And Anchovy Populations**. Afr. J. mar. Sci, v.21, p.289–347, 1999.
- SEIXAS FILHO, J. T. BRÁS, J. M. GOMIDE, A. T. M. OLIVEIRA, M. G. A. DONZELE, J. L. MENIN, E. Anatomia Funcional e Morfometria dos Intestinos e dos Cecos Pilóricos do Teleostei (Pisces) de Água Doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.313-324. 2003.
- SHEPHERD, C. J. BROMAGE, N. R. **Intensive Fish Farming**. Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd, 1988.
- SILVA, F. M. **Avaliação zootécnica e análise econômica da engorda do robalo flecha (*Centropomus undecimalis*) em tanque-rede marinho**. Florianópolis, Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Aquicultura. 2016.
- SILVA, G. C., CASTRO, A. C. L. & GUBIANI, E. A. **Estrutura populacional e indicadores reprodutivos de *Scomberomorus brasiliensis* Collette (Perciformes: Scombridae) no litoral ocidental maranhense**. Acta Sci. Biol. Sci., p.383-389. 2005.
- SIQUEIRA, T. V. **Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável**. R. BNDES, Rio de Janeiro, v.25, n.49, p.119-170, jun. 2018.
- STERZELECKI, F. C. et al. Efeitos do aumento do nível de proteína no desempenho, atividade enzimática e composição corporal da sardinha brasileira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). **Nutrição aquícola**, v.24, n.1, p.366-374, 2018.
- TATSCH, C. **Alimentação natural de juvenis de sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), cultivadas em tanques-rede na Enseada da Armação do Itapocoroy (SC)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2015.
- TSUZUKI, M. Y. **Cultivo de peixes marinhos. In Sanidade de organismos aquáticos no Brasil** (Editado por SILVA-SOUZA, A. T.). ABRAPOA, Maringá. P.189-210, 2006.
- VAZZOLER, A.E. A. de M. **Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática**. I. ed. São Paulo: EDUEM. P.169 , 1996.
- WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. Fish and Fisheries Series 1, Chapman and Hall, P.386. 1990.
- YONEDA, N.T. 1987. **Criação em laboratório de larvas da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, e estudo dos incrementos diários nos otólitos**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. São Paulo. 1992.

ZAVALA-CAMIN, L. A., **Introdução ao estudo sobre alimentação natural em peixes.**  
Maringá, EDUEM, 1996.