

**MARIANE GOMES BARBOZA**

**Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala  
*Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) e do Dourado  
*Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de  
São Pedro e São Paulo, Brasil**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA**

**LINHA DE PESQUISA  
OCEANOGRAFIA PESQUEIRA**

**Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala  
*Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) e do Dourado  
*Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de  
São Pedro e São Paulo, Brasil**

**MARIANE GOMES BARBOZA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em conformidade as exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira Dr.

Fábio Hissa Vieira Hazin (*in memoriam*)

Coorientadora: Dra. Natalia Priscila Alves Bezerra

**RECIFE  
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B239c Barboza, Mariane Gomes

Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) e do Dourado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil / Mariane Gomes Barboza. - 2022.

83 f. : il.

Orientador: Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira.

Coorientadora: Natalia Priscila Alves Bezerra. Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, 2022.

1. Histologia. 2. Diâmetro. 3. Reprodução. 4. Células. 5. Ovogênese. I. Oliveira, Paulo Guilherme Vasconcelos de, orient. II. Bezerra, Natalia Priscila Alves, coorient. III. Título

CDD 639.3

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
AQUICULTURA**

**Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala  
*Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) e do Dourado  
*Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de  
São Pedro e São Paulo, Brasil**

**MARIANE GOMES BARBOZA**

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de **Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura** e aprovada em 01/08/2022 pelo programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em sua forma final.

**ORIENTADOR**

---

**Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira Universidade Federal Rural de  
Pernambuco – UFRPE**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Dra. Ilka Siqueira Lima Branco Nunes (Membro Externo Titular)  
Departamento de Pesca e Aquicultura - UFRPE**

---

**Dra. Renata Akemi Shinoaki Mendes (Membro Interno Titular)  
Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE**

---

**Dr. Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos (Membro Interno Suplente)  
Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE**

---

**Dra. Alessandra Maria Advincula Pires (Membro Externo Suplente)**

“Destino não é exterior a nós; somos nós que criamos nosso próprio destino dia após dia”

– *Henry Miller*

## **Dedicatória**

*Foram anos difíceis e muito conturbados para o mundo e para mim com a chegada da pandemia, houve coisas que me faziam querer desistir e não ter forças para continuar nesta jornada. Sendo assim, Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não teria forças para seguir em frente e enfrentar todas as dificuldades que surgiram durante a minha caminhada. Dedico a mim, por toda a persistência e garra para conseguir realizar o meu sonho, ao Curso de Engenharia de Pesca e ao Laboratório de Oceanografia Pesqueira da Universidade Federal Rural de Pernambuco, e às pessoas com quem convivi nesse espaço ao longo desses anos. A todos aqueles que de alguma forma estiveram e está próximo de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.*

## Agradecimentos

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária e pesquisadora acadêmica, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer se fazendo sempre presente, me dando forças para superar todas as dificuldades ao longo de toda a minha trajetória.

A universidade por ter me acolhido tão bem, ao Departamento de Pesca e Aquicultura e a todos os professores que me proporcionaram o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Ao Laboratório de Oceanografia Pesqueira, por todo o suporte dado a pesquisa, sem isso não seria possível finalizar com êxito o estudo.

A CAPES pela bolsa concedida durante o mestrado

Aos meus avós, que sempre estiveram ao meu lado, apoiando todas as minhas decisões e que são o maior motivo pelo qual respiro todos os dias!

À minha companheira Andreza Furtado, por estar ao meu lado em todos os momentos, bons ou ruins, que não me deixa desistir dos meus sonhos.

Aos meus orientadores Fábio Hazin (*in memoriam*) e Paulo Oliveira, pelo suporte no tempo que lhe coube e por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

A minha coorientadora Natália Priscila por todo apoio, aprendizado e incentivos, sem eles não seria possível a realização deste trabalho.

Aos meus amigos por toda força, por todas as palavras ditas e conselhos a que me foi dado.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha história, muito obrigada.

<b>Sumário</b>	<b>Pág.</b>
Dedicatória .....	VI
Agradecimentos .....	VII
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>X</b>
<b>Lista de tabelas .....</b>	<b>XII</b>
Resumo .....	XIII
Abstract.....	XIV
<b>1- Introdução geral .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão de Literatura .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Aspectos gerais da família Scombridae com ênfase na <i>Acanthocybium solandri</i> (CUVIER, 1832).....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Aspectos gerais da família Coryphaenidae com ênfase na <i>Corypahena hippurus</i> (LINNAEUS, 1758).....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Reprodução .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Objetivo geral.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Referências .....</b>	<b>12</b>
<b>5. Capítulo I.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1. Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala <i>Acanthocybium solandri</i> (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.....</b>	<b>20</b>
<b>6. Introdução .....</b>	<b>22</b>
<b>5. Material e métodos .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1. Área de estudo.....</b>	<b>24</b>
<b>5.2. Coleta de dados .....</b>	<b>25</b>
<b>5.3. Caracterização dos estágios maturacionais.....</b>	<b>25</b>
<b>5.4. Análise dos dados.....</b>	<b>25</b>
<b>6. Resultados .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1. Descrição microscópica do sistema reprodutor das fêmeas do <i>Acanthocybium solandri</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>6.3. Diâmetro dos ovócitos e relação núcleo-citoplasma para fêmeas do <i>Acanthocybium solandri</i>.....</b>	<b>31</b>
<b>6.4. Tipo de desova das fêmeas do <i>Acanthocybium solandri</i>.....</b>	<b>32</b>
<b>7. Discussão .....</b>	<b>33</b>
<b>8. Referências .....</b>	<b>36</b>
<b>9. Capítulo II .....</b>	<b>42</b>

<b>9.1. Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano do Dourado <i>Coryphaena hippurus</i> (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.....</b>	<b>42</b>
<b>10. Introdução .....</b>	<b>44</b>
<b>11. Material e métodos .....</b>	<b>45</b>
11.1. Área de estudo.....	45
11.2. Coleta de dados .....	46
11.3. Caracterização dos estágios maturacionais.....	47
11.4. Análise dos dados.....	47
<b>12. Resultados .....</b>	<b>48</b>
12.1. Descrição microscópica do sistema reprodutor das fêmeas do <i>Coryphaena hippurus</i> .....	48
12.3. Diâmetro dos ovócitos e relação núcleo citoplasma para fêmeas do <i>Coryphaena hippurus</i> .....	54
12.4. Tipo de desova das fêmeas do <i>Coryphaena hippurus</i> .....	55
<b>13. Discussão .....</b>	<b>56</b>
<b>14. Referências .....</b>	<b>59</b>
<b>15. Considerações finais .....</b>	<b>64</b>

### Lista de figuras

- Figura 1.** Desenho esquemático da *Acanthocybium solandri*. Fonte: <https://www.fishwatch.gov/profiles/atlantic-wahoo>. .....19
- Figura 2.** Desenho esquemático do *Coryphaena hippurus*. Fonte: <https://www.fishwatch.gov/profiles/atlantic-mahi-mahi>.....22
- Figura 3.** Mapa com localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. (adaptado de BEZERRA et al., 2013).....40
- Figura 4.** Fases de desenvolvimento ovocitário do *Acanthocybium solandri*, capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre os anos de 1998 e 2006: (A), (B) e (C) Estágio imaturo, com oogônias (OO), ovócitos em crescimento primário (PG), com presença de ovócitos com cromatina nucleolar (CN) e perinucleolar (CPN); (D), (E) e (F) Estágio em desenvolvimento, apresentado ovócitos mais avançados na fase cortical alveolar (CA), com a presença de ovócitos em cortical alveolar (OCA), Vitelogênese I e II, respectivamente; (G) e (H) Estágio Capaz de desovar, Vitelogênese III e formação da gotícula de lipídio; (I) a (K) Estágio Desova Ativa, apresentando ovócitos MVG e QVG, e OH em desova eminente com a ausência do vacúolo de lipídio. (Nc) Nucléolos, (N) Núcleo, (VL) vacúolos de lipídios, (GP) Grânulos de proteína.....45
- Figura 5.** Sumário das estruturas que compõe os ovários do *Acanthocybium solandri*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 1998 e 2006. (A) Epitélio superficial, constituído por células da teca (CT), células da granulosa (CG) e a zona radiada (ZR), constituída por três zonas: Externa (Ex.), Intermediária (Int.) e Interna (In.). Em fases avançadas, o citoplasma é constituído por vacúolos de lipídeo (VL) e grânulos de vitelo (GV); (B) Atresia  $\alpha$  e  $\beta$ . Escala: 20 $\mu$ m (A), 200 $\mu$ m (B). .....46
- Figura 6.** Representação gráfica dos diâmetros das células e núcleos dos estágios de desenvolvimento da *Acanthocybium solandri*.....48
- Figura 7.** Frequência de distribuição do diâmetro dos ovócitos ( $\mu$ m) de fêmeas do *Acanthocybium solandri*, capturadas no Arquipélago de São Paulo e São Paulo, entre 1998 e 2006. (A) Imaturo, (B) Em desenvolvimento, (C) Capaz de desovar e (D) Em regressão.....49
- Figura 8.** Mapa com a localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BEZERRA et al., 2013).....63
- Figura 9.** Fases de desenvolvimento ovocitário do *Coryphaena hippurus*, capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 2007 e 2011: (A), (B) e (C) Estágio imaturo, com oogônias (OO), células ovócitos em crescimento primário (PG), com presença de ovócitos com cromatina nucleolar (CN) e perinucleolar (CPN); (D), (E) e (F) Estágio em desenvolvimento, apresentado ovócitos mais avançados na fase cortical alveolar (CA) constituídos por ovócitos em cortical alveolar (OCA), Vitelogênese I e II, respectivamente; (G) e (H) Estágio Capaz de desovar, Vitelogênese III; (I) e (J) Estágio Desova Ativa, apresentando ovócitos com um único vacúolo de lipídio (VL), ovócitos com MVG e QVG, e OH. (GP) Grânulo de proteína, (N) Núcleo, (Nc) Nucléolos. Escala: 20 $\mu$ m (A a C),

50 $\mu$ m (D a F, H, I), 200 $\mu$ m (G e J). .....68

**Figura 10.** Estruturas que compõe os ovários do *Coryphaena hippurus*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 2007 e 2011. (A) Epitélio superficial, constituído por células da teca (CS), células da granulosa (CG) e a zona radiada (ZR), constituída por três zonas: Externa (Ex.), Intermediária (Int.) e interna (In.). Em fases avançadas, o citoplasma é constituído por vacúolos de lipídio (VL) e grânulos de vitelo (GV); (B) Atresia  $\alpha$  e  $\beta$ . .....70

**Figura 11.** Representação gráfica dos diâmetros das células e dos núcleos dos estágios de desenvolvimento do *Coryphaena hippurus*. .....72

**Figura 12.** Frequência de distribuição do diâmetro dos ovócitos ( $\mu$ m) de fêmeas do *Coryphaena hippurus*, capturados no Arquipélago de São Paulo e São Paulo, entre 2007 e 2011. (A) Imaturo, (B) Em desenvolvimento, (C) Capaz de desovar e (D) Em regressão. ....73

### Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Sumário dos estágios de desenvolvimento ovocitário para o <i>Acanthocybium solandri</i> , capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre 1988 e 2011. ....	28
<b>Tabela 2.</b> Composição celular dos estágios maturacionais do <i>Acanthocybium solandri</i> para cada fase de desenvolvimento (A*= Abundante, A=Ausente, P= Presente) .....	31
<b>Tabela 3.</b> Diâmetro (mediana, máximo e mínimo) em $\mu\text{m}$ dos ovócitos e dos núcleos para cada estágio de desenvolvimento celular da <i>A. solandri</i> . Legenda: Oogônias (OO), Cromatina Nucleolar (CN), Cromatina Perinucleolar (CP), Cortical Alveolar (CA), Vitelogênese I (Vtg I), Vitelogênese II (Vtg II), Vitelogênese III (Vtg III), Quebra da Vesícula Germinativa (QVG), Migração da Vesícula Germinativa (MVG), Ovócito Hidratado (HO), N = número de células, DC =Diâmetro da célula, DN = Diâmetro do núcleo. ....	32
<b>Tabela 4.</b> Sumário dos estágios de desenvolvimento ovocitário para o <i>Coryphaena hippurus</i> , capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre 1988 e 2011. ....	50
<b>Tabela 5.</b> Composição celular dos estágios maturacionais do <i>Coryphaena hippurus</i> para cada fase de desenvolvimento (A*= Abundante, A=Ausente, P= Presente) .....	53
<b>Tabela 6.</b> Diâmetro (mediana, máximo e mínimo) em $\mu\text{m}$ dos ovócitos e dos núcleos para cada estágio de desenvolvimento celular da <i>C. hippurus</i> . Legenda: Oogônias (OO), Cromatina Nucleolar (CN), Cromatina Perinucleolar (CP), Cortical Alveolar (CA), Vitelogênese I (Vtg I), Vitelogênese II (Vtg II), Vitelogênese III (Vtg III), Quebra da Vesícula Germinativa (QVG), Migração da Vesícula Germinativa (MVG), Ovócito Hidratado (HO), N = número de células, DC =Diâmetro da célula, DN = Diâmetro do núcleo .....	55

## Resumo

Estudos e avaliações mais precisas sobre os parâmetros reprodutivos das espécies, em especial o desenvolvimento ovocitário, são fundamentais para melhor compreender a história de vida da espécie, pois se trata de informações imprescindíveis para a adoção de uma gestão pesqueira eficiente. O objetivo deste estudo foi descrever a dinâmica do processo da ovogênese através da avaliação dos aspectos relacionados a biologia reprodutiva da cavala (*Acanthocybium solandri*) e do dourado (*Coryphaena hippurus*), capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Para a análise, foram examinados 276 gônadas da cavala e 132 do dourado com o objetivo de selecionar lâminas histológicas dos exemplares em diferentes classes de comprimento total (CT), cujas gônadas contemplaram as distintas fases de desenvolvimento gonadal das espécies. As amostras das gônadas da cavala foram coletadas entre 1998 e 2006 e as de dourado, entre os anos de 2007 e 2011, ambas utilizando como artes de pesca a linha de mão e o corrico. As fases e os estágios de desenvolvimento reprodutivo foram descritos utilizando a terminologia sugerida por Brow-Peterson (2011), adaptada para cada espécie. Para cada estágio de desenvolvimento descrito, foram mensurados os diâmetros de 80 células reprodutivas para a cavala e 80, para o dourado em cada fase de desenvolvimento observado. Após isso, foi realizada a relação núcleo-citoplasma para os estágios. Foi possível descrever 11 estágios de desenvolvimento para ambas as espécies, a saber: oogônias, ovócito em crescimento primário – com cromatina nucleolar e perinucleolar, alvéolo cortical, vitelogênese I, II, III, migração e quebra da vesícula germinativa e ovócito hidratado. A formação das vesículas lipídicas no decorrer do desenvolvimento das células germinativas apresentaram distintas características para as espécies. Para a cavala, foi observado que as vesículas lipídicas se formavam próximo ao núcleo, enquanto para o dourado, esse processo ocorre próximo a periferia do citoplasma. Ainda, nos ovários do dourado, foi observada uma presença de ovócitos atresicos significativa na desova ativa. Apesar de ser encontrado em fases avançadas de desenvolvimento, as atresias observadas nas gônadas apresentaram tamanhos variados em seu diâmetro. Os ovócitos da cavala, por sua vez, apresentaram um aumento em seu diâmetro acompanhando o desenvolvimento das células, com ovócitos pré-vitelogênicos exibindo diâmetros três vezes maiores do que aqueles observados nas oogônias ( $p < 2,50e-14$ ). Embora em menor proporção, incrementos estatisticamente significativos foram observados para os ovócitos alvéolos corticais em relação ao pré-vitelogênico ( $p < 2,708e-14$ ). O diâmetro do ovócito da cavala variou de 14,08 a 557,22  $\mu\text{m}$ . A cavala não apresenta um aumento dos diâmetros de forma sincrônica até o período de desova, ou seja, na dinâmica da organização celular, houve a presença de ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento sem uma fase dominante, caracterizando uma desova múltipla com desenvolvimento ovariano assíncrono. Para o dourado, os ovócitos pré-vitelogênicos exibiram diâmetros, em média, mais de duas vezes maiores daqueles observados em células jovens ( $p < 2,51e-14$ ). Para os ovócitos alvéolos corticais em relação à vitelogênese III, foram observadas diferenças estatísticas ( $p < 2,51e-14$ ). O diâmetro do ovócito do dourado variou de 13,49 a 422,68  $\mu\text{m}$ . Foi observado a presença de diversas células em estágios distintos nos ovários dos dourados, determinando que o desenvolvimento ovariano é assíncrono com uma desova múltipla, características de espécies que desovam durante todo o ano. O resultados do presente estudo oferecem subsídios para o melhor entendimento das características reprodutivas da cavala e do dourado, espécies de elevado potencial econômico para a atividade pesqueira.

**Palavras-chave:** Histologia, Diâmetro, Reprodução, Células, Ovogênese

## Abstract

More accurate studies and evaluations of the reproductive parameters of species, especially oocyte development, are fundamental to better understand the life history of the species, since this information is essential for the adoption of an efficient fisheries management. The objective of this study was to describe the dynamics of the oogenesis process through the evaluation of aspects related to the reproductive biology of mackerel (*Acanthocybium solandri*) and dorado (*Coryphaena hippurus*), caught in the Archipelago of São Pedro and São Paulo, Brazil. For the analysis, 276 gonads of mackerel and 132 of gilthead sea bream were examined in order to select histological slides from specimens in different classes of total length (CT), whose gonads contemplated the different phases of gonadal development of the species. The samples of mackerel gonads were collected between 1998 and 2006 and those of sea bream, between 2007 and 2011, both using handline and troll as fishing gear. The phases and stages of reproductive development were described using the terminology suggested by Brow-Peterson (2011), adapted for each species. For each developmental stage described, the diameters of 80 reproductive cells were measured for mackerel and 80, for dorado at each developmental stage observed. After that, the nucleus-cytoplasm ratio was calculated for the stages. It was possible to describe 11 developmental stages for both species, namely: oogonia, primary growing oocyte - with nucleolar and perinucleolar chromatin, cortical alveolus, vitellogenesis I, II, III, germinal vesicle migration and breakdown, and hydrated oocyte. The formation of lipid vesicles during germ cell development showed distinct characteristics for the species. For mackerel, lipid vesicles were observed to form near the nucleus, while for seabream, this process occurs near the periphery of the cytoplasm. Also, in the gilthead sea bream ovaries, a significant presence of atresic oocytes was observed in active spawning. Despite being found in advanced stages of development, the atresias observed in the gonads presented varied sizes in their diameter. The mackerel oocytes, in turn, showed an increase in their diameter accompanying cell development, with pre- vitellogenic oocytes exhibiting diameters three times larger than those observed in oogonia ( $p < 2.50e-14$ ). Although to a lesser extent, statistically significant increments were observed for cortical alveolar oocytes relative to pre-vitellogenic ( $p < 2.708e-14$ ). The mackerel oocyte diameter ranged from 14.08 to 557.22  $\mu\text{m}$ . Mackerel does not show an increase in diameters synchronously until the spawning period, i.e., in the dynamics of cellular organization, there was the presence of oocytes in all stages of development without a dominant phase, characterizing a multiple spawning with asynchronous ovarian development. For gilthead sea bream, pre-vitellogenic oocytes exhibited diameters, on average, more than twice those observed in young cells ( $p < 2.51e-14$ ). For cortical alveolar oocytes in relation to vitellogenesis III, statistical differences were observed ( $p < 2.51e-14$ ). The diameter of the gilthead sea bream oocyte ranged from 13.49 to 422.68  $\mu\text{m}$ . The presence of several cells in distinct stages was observed in the ovaries of gilthead sea bream, determining that ovarian development is asynchronous with multiple spawning, characteristic of species that spawn throughout the year. The results of this study offer subsidies for a better understanding of the reproductive characteristics of mackerel and gilthead seabream, species with high economic potential for fisheries.

**Key words:** Histology, Diameter, Reproduction, Cells, Oogenesis

## 1- Introdução geral

Estudos sobre a biologia reprodutiva são fundamentais pois permitem avaliar aspectos reprodutivos das espécies determinantes para uma gestão pesqueira eficaz (MORGAN, 2008). Através das características histológicas das gônadas é possível conhecer uma etapa básica e primordial para a compreensão da reprodução (CREPALDI, 2006). Para conhecer uma espécie é preciso conhecer primeiro o ciclo reprodutivo, analisar o desenvolvimento das células germinativas e compreender como esse processo ocorre ao longo do desenvolvimento. Estudos sobre as características microscópicas são de grande importância, pois elucidam corretamente cada estágio evitando erros comumente encontrados em estudos macroscópicos (SHINOZAKI-MENDES, 2013).

Elucidar questões sobre o desenvolvimento gonadal estão cada vez mais popularizados no âmbito da pesquisa, principalmente quando são abordados fundamentos significativos no que diz respeito ao mecanismo que cada espécie desenvolve na sua história reprodutiva (KJESBU, 2009; LOWERRE-BARBIERI, 2011). Nesse sentido, compreender adequadamente as características reprodutivas da espécie, trazem a luz informações fundamentais para a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, capazes de assegurar a conservação dos estoques e a sustentabilidade da pesca (ZUCKERMAN, 1962; RODRIGUES, 2005).

A cavala-impinge, *Acanthocybium solandri* (CUVIER, 1832), pertencente à família Scombridae, é um peixe oceânico e pelágico, com distribuição tropical e subtropical nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico, incluindo o Mar Mediterrâneo e o Mar do Caribe (COLLETTE, 1983). A espécie é capaz de realizar largas migrações horizontais em algumas regiões oceânicas, possivelmente seguindo a direção das correntes oceânicas (SEPULVEDA et al., 2011; THEISEN e BALDWIN, 2012). No Brasil, a espécie ocorre em todo o litoral especialmente em áreas oceânicas, sendo capturada principalmente na região nordeste, particularmente na proximidade de montes submarinos e ilhas oceânicas, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CAMPOS et al., 2009).

O dourado, *Coryphaena hippurus* (LINNAEUS, 1758), por sua vez, de forma semelhante à cavala, também apresenta distribuição circumtropical, sendo comumente capturado em toda costa brasileira, incluindo as ilhas oceânicas (BEARDSLEY, 1967; ROSE

e HASSLER, 1968; CARPENTER, 2002). É uma espécie migratória, pelágica, de natação rápida, capaz de formar pequenas agregações em dispositivos de atração de peixes (DEMPSTER, 2004), sendo intensivamente capturada pela pesca comercial e esportiva em todo o mundo (ERDMAN, 1956; ZANEVELD, 1961; SACCHI et al., 1981). As capturas da espécie no Atlântico Sul acontecem desde as Ilhas do Norte do Caribe até o sul do Brasil, com maior incidência de captura na região Nordeste do Brasil (OXENFORD e HUNTE, 1986; LESSA, 2003). De acordo com Oxenford (1999), aparentemente a espécie apresenta um mesmo estoque que parte do Caribe, nas Antilhas Britânicas, até a Costa Nordeste do Brasil, o que pode influenciar negativamente em relação à exploração e capturas do dourado na zona econômica exclusiva do país. Contudo, Lessa (2003) indicou a existência de um único estoque no leste brasileiro, que vai do Rio Grande do Norte até o sul do país.

No Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), o menor e mais remoto ecossistema insular brasileiro localizado próximo a região Equatorial, a cavala-impinge e o dourado compõem grande parte das capturas realizadas, além de mais oito espécies de elevado valor comercial que fazem parte da produção pesqueira dessa região (VASKE et al., 2006). O arquipélago garante a extensão de uma importante área de pesca da Zona Econômica exclusiva (ZEE) devido à sua posição geográfica estratégica, sendo uma área de grande importância econômica e ecológica, exercendo uma forte influência no ciclo de vida de várias espécies residentes e migratórias, tanto para a alimentação, quanto para a reprodução (VASKE-JR et al., 2003; CAMPOS et al., 2005).

Em decorrência da importância comercial e ecológica de ambas as espécies, existe a crucial necessidade da geração de informações e investigações mais precisas sobre os seus aspectos biológicos (BROWN-PETERSON et al., 2000; OXENFORD et al., 2003; MCBRIDE et al., 2008), em particular sobre o seu desenvolvimento gonadal, fundamental para que se possa compreender adequadamente o seu ciclo reprodutivo, sendo estas informações imprescindíveis para a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, capazes de assegurar a conservação dos estoques e a sustentabilidade da pesca (ZUCKERMAN, 1962; RODRIGUES, 2005). No entanto, apesar de existirem estudos realizados acerca da biologia reprodutiva dessas espécies no ASPSP que abordam as classificações dos estágios reprodutivos, além de fecundidade e época de desova (VIANA et al., 2013; DOS SANTOS et al., 2014), existe um hiato no que concerne as análises mais detalhadas sobre o desenvolvimento ovariano, avaliações essas que permitem compreender os parâmetros reprodutivos através das observações relacionadas as modificações biológicas

que intercorrem no interior das gônadas (WEST, 1990; HONJI et al., 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo a caracterização morfológica do desenvolvimento ovocitário do dourado e da cavala capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, com vistas a fornecer dados que permitam uma melhor compreensão do seu ciclo reprodutivo, contribuindo com a conservação da espécie.

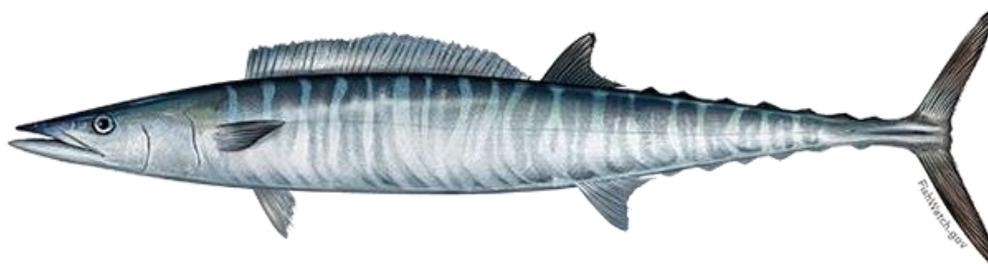
## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Aspectos gerais da família Scombridae com ênfase na *Acanthocybium solandri* (CUVIER, 1832)

A família Scombridae é formada por 49 espécies agrupadas em 15 gêneros, constituídos principalmente pelas cavalas, atuns e bonitos, atuando no ecossistema marinho como predadores epipelágicos e mesopelágicos (COLLETTE e NAUEN 1983). Por isso, os membros dessa família ocupam os altos níveis tróficos da cadeia alimentar, em decorrência do consumo de presas pelágicas, no intuito de garantir a energia necessária para a manutenção do seu metabolismo (BRILL, 1996; KORSMEYER e DEWAR, 2001).

Morfologicamente, os scombridae são caracterizados por corpos fusiformes, geralmente com pedúnculo caudal delgado em forma de quilha, possuem a barbatana caudal amplamente bifurcada, adaptadas para movimentos rápidos na água. Outra característica marcante são duas barbatanas dorsais, a primeira espinhosa, a segunda com raios macios e cicloides e pequenas (HOGARTH, 1976). Por isso, devido as suas características morfológicas, o grupo dos scombridae podem formar cardumes que possuem uma rápida natação. Algumas espécies dessa família habitam zonas costeiras e habitats oceânicos, com ampla distribuição nos mares tropicais, subtropicais e temperados do mundo, com algumas espécies endêmicas do Indo-Pacífico. Os pequenos atuns e algumas espécies de cavala têm, em geral, distribuições mais costeiras e associadas a plataformas continentais (COLLETTE e NAUEN 1983). As espécies da família scombridae são considerados de grande importância para a pesca comercial e esportiva (COLLETTE; NAUEN, 1983; FIGUEIREDO; MENEZES, 2000), por isso possuem um relevante papel socioeconômico e cultural em muitas comunidades pesqueiras em todo o mundo.

A Cavala-impinge *Acanthocybium solandri* (figura 1) é uma espécie pertencente à família Scombridae, com distribuição nas águas tropicais e subtropical nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico, incluindo o Mar Mediterrâneo e o Mar do Caribe (COLLETTE, 1983), podendo ser encontrada em profundidades entre 30 e 340 metros e percorrer uma distância média de aproximadamente 27,12 quilômetros (LESSA e NÓBREGA, 2000). Ambos os sexos começam a amadurecer aos dois anos e começam a se reproduzir quando atingem entre 102 e 110 cm de comprimento (BROWN-PETERSON et al., 2000; VIANA et al., 2013).



**Figura 1.** Desenho esquemático da *Acanthocybium solandri*. Fonte: <https://www.fishwatch.gov/profiles/atlantic-wahoo>.

Quanto a caracterização taxonômica, a espécie estudada está inserida na seguinte posição sistemática, (CUVIER, 1832):

Domínio: Eukaryota

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Perciformes

Família: Scombridae

Gênero: *Acanthocybium* (GILL, 1862)

Espécie: *Acanthocybium solandri* (CUVIER, 1832)

No Brasil, a espécie ocorre ao longo de todo o litoral, sendo capturada principalmente na região nordeste, particularmente na proximidade de montes submarinos e ilhas oceânicas, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (CAMPOS et al., 2009).

*Acanthocybium solandri* realiza grandes migrações horizontais em algumas regiões, geralmente seguindo o fluxo das correntes oceânicas (SEPULVEDA et al., 2011; THEISEN e BALDWIN, 2012). A cavala é uma espécie de crescimento rápido que pode atingir mais de 2 m de comprimento furcal (CF) e 80 kg (MCBRIDE et al., 2008; ZISCHKE, 2012; ZISCHKE et al., 2013b). Embora tenha capacidade de mergulhar em profundidades de 250m, a espécie passa a maior parte do dia em águas aquecidas acima da termoclina, com adultos capazes de migrar para as áreas mais distantes (NMFS, 1999; SEPULVEDA et al., 2010). Dado o seu grande tamanho, uma boca com muitos dentes serrilhados e a capacidade de nadar a

velocidades maiores que 78 km/h (WOLLAM, 1969; COLLETTE & NAUEN, 1983), *A. solandri* representa um predador de alto nível trófico em ecossistemas pelágicos, capaz de se alimentar principalmente de peixes e cefalópodes (ALBUQUERQUE, 2019).

## 2.2. Aspectos gerais da família Coryphaenidae com ênfase na *Coryphaena hippurus* (LINNAEUS, 1758)

A família Coryphaenidae é constituída por apenas um gênero que inclui duas espécies: *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) e a *Coryphaena equiselis* (Linnaeus, 1758). Ambas as espécies são caracterizadas pela sua rápida natação, sendo capazes de realizar grandes trajetórias migratórias (ERDMAN, 1956). O grupo é exclusivamente marinho e possui ocorrência atribuída aos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico. Diferentemente do *C. hippurus*, o *C. equiselis* habita geralmente águas oceânicas, sendo menos frequentemente encontrado em águas costeiras. De acordo com Amorin et al, (2011), o *C. equiselis* pode representar menos de 1% da captura total para a família, sendo capturado muito raramente. De modo geral, a família se trata de um recurso com alta demanda para a pesca esportiva, apesar de fazer parte da pesca comercial voltada para os atuns e afins (SANTANA, 2001). Morfologicamente, os coryphaenideos são caracterizados pela sua barbatana dorsal sem raios que se estende ao longo de todo o comprimento do peixe, além de sua testa bastante íngreme e alta em machos adultos. As espécies dessa família possuem uma nadadeira caudal bifurcada e uma nadadeira anal extensa.

O dourado (*C. hippurus*) (figura 2), por sua vez, é uma espécie epipelágica com distribuição nas águas tropicais, subtropicais e temperadas no mundo todo, incluindo o Mar Mediterrâneo (GIBBS e COLLETTE, 1959; MASSUTI e MORALES-NIN, 1995), sendo comumente encontrada em profundidades acima de 30 metros (PALKO et al., 1982). A espécie pode atingir cerca de um metro de comprimento e pesar quase 8 kg no primeiro ano de vida, vivendo em média dois anos e no máximo cinco anos (BEARDSLEY, 1967). Durante sua vida, o dourado pode atingir dois metros de comprimento e pesar até 40 kg. Nos iniciais seis meses de vida, os machos apresentam um maior tamanho e peso comparado com as fêmeas, e seu neurocrânio se desenvolve mais na parte frontal da cabeça (BENETTI; BRILL; KRAUL, 1995). A espécie tem seu tamanho de primeira maturação quando atingem 61 cm para fêmeas e 73,5 cm para machos, o que corresponde a idade de 4 meses, podendo se reproduzir três vezes ao ano (OXENFORD, 1999; LESSA et al., 2004).

O dourado tem uma dieta baseada em peixes, caranguejos e lulas. Além disso, a espécie utiliza muita energia na procura e na captura de suas presas na zona epipelágica, consumindo quase 6% de sua massa corporal em alimentos todos os dias (OLSON e

GALVÀN-MAGANA, 2002; AGUILAR-PALOMINO et al., 1998 ).



**Figura 2.** Desenho esquemático do *Coryphaena hippurus*. Fonte: <https://www.fishwatch.gov/profiles/atlantic-mahi-mahi>

Quanto a caracterização taxonômica, a espécie estudada está inserida na seguinte posição sistemática, (LINNAEUS, 1758):

Domínio: Eukaryota

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Perciformes

Família: Coryphaenidae

Gênero: *Coryphaena*

Espécie: *Coryphaena hippurus* (LINNAEUS, 1758).

### 2.3. Reprodução

O conhecimento biológico das espécies é fundamental para a sua conservação, contribuindo para o melhor manejo que visa a exploração sustentável dos recursos pesqueiros. Um aspecto biológico de suma importância é o estudo do processo reprodutivo, o qual é fundamental para o entendimento do ciclo de vida de determinada espécie (CAVALCANTI, 1994). A reprodução é um processo essencial para o equilíbrio do ecossistema e através de estudos acerca dessa temática, é possível garantir o esclarecimento sobre as características reprodutivas das populações, a fim de gerar subsídios para regulamentações adequadas para a atividade de pesca, tais como a implementação de um tamanho mínimo de captura ou períodos de defeso da espécie, medidas de manejo que auxiliam na manutenção e preservação dos estoques pesqueiros (MARQUES, 2000).

Segundo Barbieri (1981), o sucesso da reprodução está ligado diretamente ao recrutamento, manutenção de populações e o equilíbrio ambiental. Considerando a grande importância dos estudos da biologia para uma determinada população, deve-se entender que qualquer alteração causada por mudanças no habitat, tais como as variações nos índices de pluviosidade, temperatura, fotoperíodo, qualidade da água e disponibilidade de alimento, podem comprometer a eficiência da atividade reprodutiva das espécies (ESPER et al., 2000). Em análises de biologia reprodutiva em peixes, geralmente se estuda a gônada através de uma observação macroscópica dos órgãos reprodutivos mediante a uma escala classificatória predeterminada metodologicamente, sendo posteriormente validada por intermédio de uma análise microscópica, ou seja, baseado na histologia do tecido reprodutivo (KING, 1995). Através do uso da microscopia óptica, é possível observar que os ovários são protegidos através de uma camada de tecido conjuntivo denso chamada túnica albugínea. Por esse tecido, surgem estruturas para o interior do órgão que formam as lamelas ovígeras, que temo papel de sustentar as células germinativas em suas diferentes fases de desenvolvimento (ZAIDEN, 2000).

Nas análises microscópicas ovarianas é possível compreender como a ovogênese de uma espécie ocorre. A ovogênese nada mais é que o processo de desenvolvimento das células germinativas femininas, no que diz respeito a diferenciação, o posterior crescimento e desenvolvimento de células germinativas femininas, assim como das membranas envoltórias (POSSAMAI et al., 2015). Esse processo tem seu início com a multiplicação das ovogônias que após as suas divisões celulares mitóticas, dão origem aos ovócitos, dando início ao desenvolvimento ovocitário, que é definido por uma sequência de modificações em suas

estruturas. As alterações no citoplasma, núcleo e camadas que envolvem as células proporcionam uma exploração e investigação dos ovócitos de forma categórica, a fim de determinar as fases de desenvolvimento das células (ZUDAIRE et al., 2013; BROWN-PETERSON et al., 2011; MURUA, 2003; BAZZOLI, 2003).

Em estudos de biologia reprodutiva, os órgãos reprodutivos são analisados macroscopicamente e validados através da microscopia óptica, em que as estruturas podem ser melhor observadas e analisadas (KING, 1995). Histologicamente, o ovário é recoberto pela túnica albugínea, que libera septos para dentro do órgão, formando a lamela ovígera, definindo a cavidade ovariana central e encontrando ovócitos em vários estágios de desenvolvimento (BAZZOLI, 2003). As células germinativas se apresentam de forma oval, com núcleo esferoidal e nucléolos, que com o decorrer do desenvolvimento das células germinativas, é possível diferenciar e descrever o aparelho reprodutor de machos e fêmeas (HIBIYA, 1982).

A ovogênese tem início com a proliferação de ovogônias que após as divisões mitóticas e darão origem aos ovócitos. O desenvolvimento ovocitário é marcado por uma série de modificações que ocorrem no citoplasma, núcleo e camadas envoltórias, que permitem a classificação dos ovócitos. Ovócitos em crescimento primário apresentam citoplasma basófilo, núcleo central e vários nucléolos periféricos. Já os ovócitos pré-vitelogênicos são caracterizados pela presença de vesículas corticais no citoplasma, zona radiata evidente e células foliculares de alturas variadas. Ovócitos em maturação apresentam um citoplasma com glóbulos de proteína acidófilos, núcleo central, zona radiata acidófila (ZUDAIRE et al., 2013; BROWN-PETERSON et al., 2011; MURUA, 2003; BAZZOLI, 2003).

Ademais, através dos estudos sobre a biologia reprodutiva, pode-se também observar e relacionar o tipo de desova e a organização ovariana como uma forma de determinar como uma espécie libera os ovócitos em um período reprodutivo específico (WALLACE e SELMAN, 1981; VAZZOLER, 1996). Segundo Vazzoler (1996), o tipo de desova de uma determinada espécie é representada pela interação entre o processo do desenvolvimento ovocitário, a periodicidade em que a mesma é liberada dentro de um ciclo reprodutivo e o número de vezes em que isso se repete durante a vida da espécie. NAUMOV (1959) relata que a presença de ovócitos em um ou mais estágios do desenvolvimento diferencia a desova das espécies em total e parcelada. Segundo NAGAHAMA (1983), ovários que contêm todos os ovócitos no mesmo estágio de desenvolvimento apresentam o desenvolvimento sincrônico total, ocorrendo em

peixes que desovam uma vez na vida, chamados de semélparos. Os ovários que contêm ovócitos com um desenvolvimento sincrônico em dois grupos, são aqueles que há pelo menos dois estágios ovocitário em diferentes períodos de maturação e ocorre em espécies que desovam periodicamente durante sua vida, eliminando um lote de ovócitos por cada período, tendo nesse caso uma desova total. Os ovários que contêm ovócitos com um desenvolvimento assíncrônico englobam aqueles que possui a presença de todos os estágios de desenvolvimento, ocorrendo em espécies que desovam várias vezes no ano com uma época de reprodução extensa, praticamente durante todo o ano, com períodos específicos de picos reprodutivos.

O tipo de desova depende da interação entre a dinâmica do desenvolvimento dos ovócitos (síncrono ou assíncrono) e da frequência da atividade durante o período reprodutivo. Em outras palavras, podemos destacar que o tipo de desova nada mais é que a forma como as fêmeas liberam os ovócitos maduros dentro de um período reprodutivo. Além disso, dentro do tipo de desova pode haver diferentes graduações acerca dessas categorias, porém há distinções bem acentuadas relacionadas às táticas reprodutivas entre espécies com desova total e desova múltipla (parcelada) (LOWE-McCONNELL, 1999). Espécies que apresentam desova parcelada (múltipla ou em lotes) são caracterizadas pela liberação de um número maior de ovócitos em um período reprodutivo, a níveis considerados elevados e previstos para o porte da espécie, já que a fecundidade está relacionada também a massa corpórea do peixe. Nesse tipo de desova, os ovários conseguem atingir cerca de 25% do peso total da fêmea (VAZZOLER, 1996) e devido ao gasto energético necessário para que se possa reproduzir, pode ser observado uma parada no crescimento dos espécimes e aumento da taxa de mortalidade. Para a desova total, observa-se a liberação de apenas um lote de ovócitos maduros em um período reprodutivo relativamente curto, que pode ser limitado a poucos dias. Dessa forma, a maturação e a liberação de um novo lote só serão realizadas no próximo período reprodutivo.

Assim, após um apanhado geral sobre as espécies e os aspectos reprodutivos, é notório a necessidade em se obter mais informações, estas fundamentais para fechar lacunas existentes sobre as mesmas, principalmente com foco na biologia, alvo da presente pesquisa. As informações deste estudo são dados inéditos para o Brasil, contribuindo para uma melhor compreensão dos aspectos reprodutivos, direcionando a manutenção e o manejo desse estoque pesqueiro, com base no conhecimento das características da população.

Neste sentido, o conhecimento dos aspectos reprodutivos do *A. Solandri* e *C. hippurus* visa contribuir para o entendimento de alguns aspectos biológicos, equilíbrio e/ou recuperação, manutenção e manejo desse estoque pesqueiro, pautado no conhecimento das características populacionais, fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas visando a gestão e conseqüentemente a conservação da espécie.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar os aspectos relacionado a biologia reprodutiva da cavala (*Acanthocybium solandri*) e do dourado (*Coryphaena hippurus*) por meio da caracterização do desenvolvimento ovocitário das duas espécies capturadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Avaliar a morfologia das células germinativas;
- Caracterizar os estágios de desenvolvimento ovocitário;
- Avaliar a classe de comprimento das células em seus diferentes estágios de desenvolvimento ovocitário;
- Descrever a relação núcleo-citoplasma nos diferentes estágios de desenvolvimento;
- Determinar o tipo de desova das espécies a partir das análises histológicas.

#### 4. Referências

- AGUILAR-PALOMINO, B. et al. Feeding aspects of the dolphin *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 in Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, v. 24, n. 3, p. 253-265, 1998.
- ALBUQUERQUE, F. V. et al. Trophic ecology of large pelagic fish in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Marine and Freshwater Research*, v. 70, n. 10, p. 1402-1418, 2019.
- AMORIM, AF et al. *Coryphaena hippurus* e *Acanthocybium solandri* captura incidental no Sul e Sudeste do Brasil (1971-2009) por palangreiros de atuns de São Paulo. *Colete. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, v. 66, n. 5, pág. 2140-2152, 2011.
- AMORIM, Alberto F. Estudo da biologia, pesca e reprodução do cação azul, *Prionace glauca* L. 1758, capturado no sudeste e sul do Brasil. Doctor Thesis, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Sao Paulo, Brasil, p. 1-176, 1992.
- BARBIERI, M.C.; BARBIERI, G.; MARINS, M. de A. On the anatomy and histology of the testis of *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) in the Lobo Dam, State of São Paulo. *Rev. Brazil. Biol.*, v. 41, no. 1, p. 169-73, 1981.
- BAZZOLI, N. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. *Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*, p. 291-306, 2003.
- BEARDSLEY JR, Grant L. Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia*, p. 441-451, 1967.
- BENETTI, Daniel D.; BRILL, R. W.; KRAUL JR, S. A. The standard metabolic rate of dolphin fish. *Journal of Fish Biology*, v. 46, n. 6, p. 987-996, 1995.
- BRILL, Richard W. Vantagens seletivas conferidas pela fisiologia de alto desempenho de atuns, peixes-agulha e golfinhos. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 113, n. 1, pág. 3-15, 1996.
- BROWN-PETERSON, Nancy J. et al. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011.
- BROWN-PETERSON, Nancy J.; FRANKS, James S.; BURKE, A. MEAGHIN. Preliminary observations on the reproductive biology of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the northern Gulf of Mexico and Bimini, Bahamas. 2000.

CAMPOS, T. F. C. et al. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo, v. 10, p. 54-63, 2009.

CAMPOS, Thomas Ferreira da Costa et al. Arquipélagos de São Pedro e São Paulo: soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP, 2005. 12 p., 2005.

CARPENTER, Kent E.; DE ANGELIS, Nicoletta (Ed.). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations, 2002.

CAVALCANTI, Diana Gurgel. Reprodução do cascudo cinza *Liposarcus anisitsi*(Holmberg, 1893)(Loricariidae, Siluriformes): Histologia de gônadas e fatores abióticos. 1994.

CHATTERJI, A. N. I. L.; ANSARI, Z. A. Fecundity of dolphin fish, *Coryphaena hippurus* L. Mahasagar, v. 15, n. 2, p. 129-133, 1982.

COLLETE, BB Catálogo de espécies da FAO, Vol 2. Scombrids of the world: um catálogo anotado e ilustrado de atuns, cavalas, bonitos e espécies relacionadas até hoje conhecidas. FAO Fish. Synop. , v. 125, p. 1-137, 1983.

COLLETTE, Bruce B.; NAUEN, Cornelia E. Scombrids of the world: an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date. v. 2. 1983.

DEMPSTER, Tim. Biology of fish associated with moored fish aggregation devices (FADs): implications for the development of a FAD fishery in New South Wales, Australia. Fisheries Research, v. 68, n. 1-3, p. 189-201, 2004.

DÍAZ-JAIMES, Pindaro; URIBE-ALCOCER, Manuel. Spatial differentiation in the eastern Pacific yellowfin tuna revealed by microsatellite variation. Fisheries Science, v. 72, n. 3, p. 590-596, 2006.

DOS SANTOS, Andrea Carla Lira et al. Reproductive biology of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Actinopterygii: Coryphaenidae), in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Scientia Marina, v. 78, n. 3, p. 363-369, 2014.

ERDMAN, Donald S. Recent fish records from Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science*, v.6, n. 4, p. 315-340, 1956.

ESPER, Maria DE Lourdes Pereira; DE MENEZES, MÁRCIA SANTOS; ESPER, WALMIR. Escala de desenvolvimento gonadal e tamanho de primeira maturação de fêmeas de *Mugil platanus* Günther, 1880 da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Acta Biológica Paranaense*, v. 29, 2000.

FIGUEIREDO, JL de. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei, 2000.

FIPERJ, 2014. RELATÓRIO, 2014. Relatório técnico final de 2013. FIPERJ, Fundação instituto de pesca do estado do rio de janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

FRÉDOU, Flávia Lucena et al. Traços de história de vida e padrões de pesca de teleósteos capturados pela pesca com palangre de atum no Atlântico Sul e nos oceanos Índico. *Fisheries Research*, v. 179, p. 308-321, 2016.

FURUKAWA, Seishiro et al. Vertical movements of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) and dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) relative to the thermocline in the northern East China Sea. *Fisheries Research*, v. 149, p. 86-91, 2014.

GIBBS JR, Robert H.; COLLETTE, Bruce B. On the identification, distribution, and biology of the dolphins, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*. *Bulletin of Marine Science*, v. 9, n. 2, p. 117-152, 1959.

HAGOOD, R. W. et al. Preliminary report on the aquacultural development of the dolphin fish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus). *Journal of the World Mariculture Society*, v. 12, n. 1, p. 135-139, 1981.

HAZIN, Fábio HV et al. Review of a small-scale pelagic longline fishery off northeastern Brazil. *Marine Fisheries Review*, v. 60, n. 3, p. 1-8, 1998.

HOGARTH, William Thomas. Aspectos da história de vida do wahoo *Acanthocybium solandri* (cuvier e valenciennes) da costa da Carolina do Norte. Universidade Estadual da Carolina do Norte, 1976.

HONJ, Renato M.; VAZ-DOS-SANTOS, André M.; ROSSI-WONGTSCHOWSK, Carmen Lúcia DB. Identification of the stages of ovarian maturation of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 (Teleostei: Merlucciidae): advantages and disadvantages of

the use of the macroscopic and microscopic scales. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, p. 329-337, 2006.

IBAMA, 1991 a 2001. Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina (ESTATPESCA) do Nordeste do Brasil. Centro de Pesquisa e Extensão Pesqueira do Nordeste – CEPENE. Tamandaré - PE. 135pp.

JOBLING, S. et al. Altered sexual maturation and gamete production in wild roach (*Rutilus rutilus*) living in rivers that receive treated sewage effluents. *Biology of reproduction*, v. 66, n. 2, p. 272-281, 2002.

KING, M. *Fisheries Biology Assessment and Management*. Black Well Science. Link: <https://bit.ly/2SXRKYy>, 1995.

KJESBU, Olav S. et al. Applied fish reproductive biology: contribution of individual reproductive potential to recruitment and fisheries management. *Fish reproductive biology: implications for assessment and management*, p. 293-332, 2009.

KORSMEYER, Keith E .; DEWAR, Heidi. *Metabolismo e energética do atum. Fisiologia dos peixes* , v. 19, p. 35-78, 2001.

LESSA, Rosângela et al. PEIXES MARINHOS DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.

LESSA, Rosangela P. et al. Dinâmica de populações e avaliação de estoques dos recursos pesqueiros da região nordeste. Ministério do Meio Ambiente, Recife, 2004.

LESSA, Rosangela; NÓBREGA, MF de. Guia de identificação de peixes marinhos da região Nordeste. Programa REVIZEE, Score-NE. Recife, PE, Brazil, v. 128, 2000.

LOWE-MCCONNELL, R., 1999, Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. EDUSP, São Paulo, SP, 524p

LOWERRE-BARBIERI, Susan K. et al. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 32-51, 2011.

LUCKHURST, Brian E. Aspects of the migration, seasonality and habitat use of two mid-trophic level predators, dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) and wahoo (*Acanthocybium solandri*), in the pelagic ecosystem of the western Atlantic including the Sargasso Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, v. 73, n. 9, p. 3163-3174, 2017.

MARÍN, Yamandú H. et al. Incidental catch associated with swordfish longline fisheries in the south-west Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*, v. 49, n. 7, p. 633-639, 1998.

MASSUTÍ, Enric; MORALES-NIN, Beatriz. Seasonality and reproduction of dolphin-fish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. 1995.

MASSUTÍ, Enric; MORALES-NIN, Beatriz. Seasonality and reproduction of the dolphin (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. 1995.

MCBRIDE, Richard S. et al. Energy acquisition and allocation to egg production in relation to fish reproductive strategies. *Fish and Fisheries*, v. 16, n. 1, p. 23-57, 2015.

MCBRIDE, Richard S.; RICHARDSON, Adam K.; MAKI, Kristin L. Age, growth, and mortality of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the Atlantic coast of Florida and the Bahamas. *Marine and Freshwater Research*, v. 59, n. 9, p. 799-807, 2008.

MERTEN, Wessley B. et al. Genetic structure and dispersal capabilities of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic. *Fishery Bulletin*, v. 113, n. 4, 2015.

MERTEN, Wessley et al. Diel vertical movements of adult male dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic as determined by use of pop-up satellite archival transmitters. *Marine biology*, v. 161, n. 8, p. 1823-1834, 2014.

MURUA, Hilario; SABORIDO-REY, Fran. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. 2003.

NAGAHAMA, Yoshitaka. 6 The functional morphology of teleost gonads. In: *Fish physiology*. Academic Press, 1983. p. 223-275.

NMFS. Billfish newsletter and cooperative tagging program report. Prepared by David Holtz, fishery biologist southwest fisheries science center, PO box 271, La Jolla, CA. 1999.

NÓBREGA, M. F.; LESSA, R. P. Espécies Pelágicas, *Scomberomorus brasiliensis*. Dinâmica de populações e avaliação dos estoques dos recursos pesqueiros do Nordeste. Martins & Cordeiro LTDA, Fortaleza, p. 64-75, 2009.

NÓBREGA, Marcelo Francisco de; LESSA, Rosangela Paula. Descrição e composição das capturas da frota pesqueira artesanal da região nordeste do Brasil. 2007.

OLSON, Robert J.; GALVÁN-MAGAÑA, Felipe. Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*, v. 100, n. 2, p. 279-298, 2002.

OXENFORD, H. A.; HUNTE, W. A Preliminary Investigation of the Stock Structure of the Dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western Central Atlantic. *Fishery Bulletin*, v. 84, n. 2, p. 451-460, 1986.

OXENFORD, Hazel A. Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic: a review. *Scientia Marina*, v. 63, n. 3-4, p. 277-301, 1999.

PALKO, Barbara Jayne; BEARDSLEY, Grant L.; RICHARDS, William Joseph. Synopsis of the biological data on dolphin-fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus. 1982.

PARKER, C. et al. Assessment of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fishery using eastern Caribbean data. In: Caribbean pelagic and reef fisheries assessment and management workshop report. Barbados, WI. 2001. p. 41-54.

POSSAMAI, Bianca et al. Caracterização da ovogênese e elaboração da escala microscópica de maturação ovariana do bagre *Genidens genidens* (teleostei, ariidae) na baía de guaratuba, atlântico oeste subtropical.

PRAGER, M. H. Exploratory assessment of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, based on US landings from the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. NMFS-SEFSC, Beaufort, North Carolina, 2000.

Report of the 2019 ICCAT small tuna species group intersessional meeting, Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 2019, vol. 76, no. 7, pp. 1–80.

ROSE, Curt D.; HASSLER, W. W. Age and growth of the dolphin, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 97, n. 3, p. 271-276, 1968.

SACCHI, Jacques et al. La pêche des espèces pélagiques aux Antilles françaises-Etat actuel et perspective de développement. *Science et Pêche*, v. 312, p. 1-15, 1981.

SEPULVEDA, Chugey A. et al. Distribuição de profundidade e preferências de temperatura de wahoo (*Acanthocybium solandri*) na Baja California Sur, México. *Biologia Marina*, v. 158, n. 4, pág. 917-926, 2011.

SEPULVEDA, Chugey A. et al. Fine-scale movements of the swordfish *Xiphias gladius* in the Southern California Bight. *Fisheries Oceanography*, v. 19, n. 4, p. 279-289, 2010.

SHEIN, Ni Lar et al. Ovarian development and final oocyte maturation in cultured sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*. *Fisheries science*, v. 70, n. 3, p. 360-365, 2004.

THEISEN, Tim C .; BALDWIN, John D. Movimentos e distribuição profundidade / temperatura do Scombrid ectotérmico, *Acanthocybium solandri* (wahoo), no oeste do Atlântico Norte. *Biologia marinha* , v. 159, n. 10, pág. 2249-2258, 2012.

THOMPSON, Nancy B. Characterization of the dolphinfish (*Coryphaenidae*) fishery of the United States western north Atlantic Ocean. *Scientia Marina*, v. 63, n. 3-4, p. 421-427, 1999.

THORPE, J. E. et al. Control of maturation in cultured Atlantic salmon, *Salmo salar*, in pumped seawater tanks, by restricting food intake. *Aquaculture*, v. 86, n. 2-3, p. 315-326, 1990.

TOMKIEWICZ, Jonna; TYBJERG, L.; JESPERSEN, Å. Micro-and macroscopic characteristics to stage gonadal maturation of female Baltic cod. *Journal of Fish Biology*, v. 62, n. 2, p. 253-275, 2003.

UCN. 2012. IUCN Red List of Threatened Species (ver. 2012.2).

VALE-EVANGELISTA, J. E.; OLIVERIA, G. M.; VASCONCELOS, J. A. Evolução da pesca de atuns no nordeste do Brasil. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, v. 6, n. 1, p. 77-108, 1998.

VASKE JÚNIOR, Teodoro; HAZIN, Fábio Hissa Vieira; LESSA, Rosângela Paula. Pesca e hábitos alimentares do peixe-rei, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825)(Pisces: Carangidae) no arquipélago de Sao Pedro e Sao Paulo, Brasil. 2006.

VASKE JÚNIOR, Teodoro; VOOREN, Carolus; LESSA, Rosângela. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *B. Inst. Pesca*, p. 173-181, 2003.

VAZZOLER, Anna Emília Amato. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Eduem, 1996.

VIANA, Daniel Fadigas et al. Fisheries in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago: 13 years of monitoring. *Bol. Inst. Pesca*, v. 41, n. 2, p. 239-248, 2015.

VIANA, Danielle et al. Reproductive biology of the wahoo, *Acanthocybium solandri* (Teleostei: Scombridae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *International Journal of Plant and Animal Sciences*, v. 1, n. 4, p. 49-57, 2013.

VOOREN, C. M. et al. Projeto Argo. Levantamento dos Recursos Vivos do Ambiente Pelágico da ZEE–Região Sul. 1999.

WEST, Grant. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Marine and freshwater research*, v. 41, n. 2, p. 199-222, 1990.

WOLLAM, Michael B. Larval wahoo, *Acanthocybium solandri* (Cuvier),(Scombridae) from the straits of Yucatan and Florida. Florida Department of Natural Resources, Division of Marine Resources, Marine Research Laboratory, 1969.

ZAIDEN, S. F. Gonadal morphology and energy metabolism of piraputanga *Brycon hilarii* (Cuvier and Valenciennes) (Pisces, Characidae) in captivity, during the annual reproductive cycle. Unpublished Ph. D. Dissertation, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 152p, 2000.

ZANEVELD, JACQUES S. The fishery resources and the fishery industries of the Netherlands Antilles. 1962.

ZISCHKE, Mitchell T. et al. Biologia reprodutiva do wahoo, *Acanthocybium solandri*, ao largo da Austrália oriental. Avaliações em Fish Biology and Fisheries , v. 23, n. 4, pág. 491-506, 2013.

ZISCHKE, Mitchell T. Uma revisão da biologia, estrutura de estoque, pesca e status do wahoo (*Acanthocybium solandri*), com referência ao Oceano Pacífico. Fisheries Research ,v. 119, p. 13-22, 2012.

ZUDAIRE, Iker et al. Reproductive potential of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. 2013.

## 5. Capítulo I

### 5.1. Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovariano da Cavala *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Morphological characterization of the gonads and ovarian development of the wahoo, *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1832) (Perciformes: Scombridae) in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Laboratório de Oceanografia pesqueira, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, 52171-900, Brasil

\* Correspondence: M.G. Barboza; email: marigo\_mes@hotmail.com

#### Abstract

Studies on ovarian development allow a more accurate assessment of reproductive parameters, which are fundamental to better understand the life history of the species. In this context, the objective of this study was to analyze aspects of reproductive biology, through analyses of the morphological characteristics of wahoo (*Acanthocybium solandri*) ovocyte development caught in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. For the analysis, 276 gonads were examined and histological slides were selected from the different stages of gonadal development. It was possible to identify eleven stages of development within the gonads. The blood vessels were well irrigated and thickened in the advanced stages of development. The lipid vesicles formed in the course of vitellogenesis development, from the alveolar cortical stage to vitellogenesis III, formed in the vicinity of the nucleus. Oocytes showed an increase in their diameter accompanying cell development, with pre-vitellogenic oocytes exhibiting diameters on average three times larger than those observed in oogonia ( $p < 0,05$ ). Less significant increases were observed for cortical alveolar oocytes relative to pre-vitellogenic ( $p < 0,05$ ). Oocyte diameter ranged from 14.08 to 557.22  $\mu\text{m}$ . Wahoo show a dynamic of oocyte organization in relation to the presence of oocytes in all stages of development without a dominant phase, characterizes a multiple spawning with asynchronous ovarian development. The histological analysis was fundamental for an adequate attribution of the ovarian development, being highly recommended for the correct diagnosis of the reproductive biology of the species, fundamental to determine an efficient fishery management.

**Key words:** Reproduction, Morphology, Ovocyte development, Scombridae, SPSPA

## Resumo

Estudos sobre desenvolvimento ovariano permitem uma avaliação mais precisa sobre os parâmetros reprodutivos, fundamentais para melhor compreender a história de vida da espécie. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi analisar aspectos da biologia reprodutiva, através de análises acerca das características morfológicas do desenvolvimento ovocitário da cavala (*Acanthocybium solandri*) capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Para a análise, foram examinadas 276 gônadas e selecionadas lâminas histológicas nas distintas fases de desenvolvimento gonadal. Foi possível identificar onze estágios de desenvolvimento no interior das gônadas. As vesículas lipídicas formadas no decorrer do desenvolvimento da vitelogênese, do estágio cortical alveolar até avitelogênese III, se formou nas proximidades do núcleo. Os vasos sanguíneos se apresentaram bastante irrigados e espessos nas fases avançadas de desenvolvimento. Os ovócitos apresentaram um aumento em seu diâmetro acompanhando o desenvolvimento das células, com ovócitos pré-vitelogênicos exibindo diâmetros, em média, três vezes maiores do que aqueles observados nas oogônias ( $p < 0,05$ ). Aumentos menos significativos foram observados para os ovócitos alvéolos corticais em relação ao pré-vitelogênico ( $p < 0,05$ ). O diâmetro do ovócito variou de 14,08 a 557,22  $\mu\text{m}$ . A cavala apresenta uma dinâmica da organização dos ovócitos em relação à presença de ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento sem uma fase dominante, caracteriza uma desova múltipla com desenvolvimento ovariano assincrônico. A análise histológica foi fundamental para uma adequada atribuição do desenvolvimento ovariano, sendo bastante recomendada para o diagnóstico correto da biologia reprodutiva da espécie, fundamentais para determinar uma gestão pesqueira eficiente.

**Palavras-chave:** Reprodução, Morfologia, Desenvolvimento ovocitário, Scombridae, ASPSP

## 6. Introdução

A cavala-impinge, *Acanthocybium solandri* (CUVIER, 1832), pertencente à família Scombridae, é uma espécie com hábitos oceânicos e pelágicos, geograficamente distribuída em águas tropical e subtropical nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico, incluindo o mar Mediterrâneo e o mar do Caribe (COLLETTE, 1983). A espécie pode ser encontrada em temperaturas entre 18°C e 31°C, alcançando 210 cm de comprimento furcal e cerca de 80 kg (COLLETTE e NAUEM, 1983). Ademais, a espécie passa a maior parte do dia em águas acima da termoclina, no entanto é capaz de mergulhar em profundidades de até 250 m, com adultos capazes de viajar longas distâncias (SEPULVEDA et al., 2011).

A cavala está inserida entre as espécies mais importantes capturadas nas regiões tropicais, sendo alvo da pesca voltada para os atuns (OXENFORD et al., 2003; ZISCHKE, 2012). Em um estudo realizado sobre a avaliação dos estoques da cavala, a espécie foi classificada como em alto risco, devido a ausências de avaliações disponíveis para o estoque do Atlântico Sul. Já para o Atlântico Noroeste, por sua vez, foi estimado que o estoque da espécie se encontra sobrexplorado (PONS et al., 2019). No Brasil, a espécie ocorre em todo o litoral, sendo principalmente capturada na região nordeste, particularmente nas proximidades de montes submarinos e ilhas oceânicas, incluindo o Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), locais em que a espécie foi responsável por aproximadamente 41,9% e 20% do número total de peixes capturados, respectivamente (VIANA et al., 2008; VASKE-Jr et al., 2008; DOMINGUEZ et al., 2016; VIANA et al., 2015).

Por se tratar de uma espécie de alto valor comercial, o esforço de pesca sobre esse recurso pesqueiro é elevado (VASKE et al., 2008), justificando a necessidade de investigações mais precisas sobre o seu ciclo de vida, principalmente quanto aos seus aspectos biológicos (BROWN-PETERSON et al., 2000; OXENFORD et al., 2003; MCBRIDE et al., 2008). Nesse sentido, compreender adequadamente as características reprodutivas da espécie, trazem a luz informações fundamentais para a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, capazes de assegurar a conservação dos estoques e a sustentabilidade da pesca (ZUCKERMAN, 1962; RODRIGUES, 2005).

Apesar da existência de estudos acerca da biologia reprodutiva da espécie no que diz respeito a classificação das fases reprodutivas, fecundidade e época de desova, ainda são escassos os trabalhos que abordem de maneira mais detalhada o desenvolvimento das células

reprodutivas, através das análises microscópicas dos tecidos das gônadas. Os estudos sobre o desenvolvimento ovariano permitem uma avaliação mais precisa sobre os parâmetros reprodutivos, que muitas vezes são imperceptíveis nas análises macroscópicas das gônadas, uma vez que as modificações celulares que intercorrem no interior das gônadas só podem ser descritas com o uso de microscopia óptica (WEST, 1990; HONJI et al., 2006).

Elucidar questões sobre o desenvolvimento gonadal estão cada vez mais popularizados no âmbito da pesquisa, principalmente quando são abordados fundamentos significativos no que diz respeito ao mecanismo que cada espécie desenvolve na sua história reprodutiva (KJESBU, 2009; LOWERRE-BARBIERI, 2011). No entanto, ainda que o processo de ovogênese já esteja bem descrita para diversas espécies de peixes ósseos (FISH, 2020; MCMILLAN, 2007), ainda há pouca informação disponível no que diz respeito ao desenvolvimento ovocitário do *A. solandri*. Alguns estudos foram realizados para a espécie no Norte do Golfo do México (BROWN-PETERSON et al., 2000), no Leste da Austrália (ZIRSCHKE et al., 2013), acerca das estratégias e táticas reprodutivas da cavala. No Brasil, análises sobre a reprodução da espécie foi realizado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo por Viana et al, (2013). Esses estudos relataram que a espécie realiza desovas múltiplas e um desenvolvimento ovocitário assincrônico, devido a evidências de um contínuo recrutamento das células germinativas em diferentes estágios, não havendo, portanto, estudos mais precisos e detalhados sobre as estruturas e desenvolvimento das células germinativas, tornando-se fundamental a realização de trabalhos desta natureza.

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo é a menor das ilha oceânica brasileiras, porém exerce uma grande influência no ciclo de vida de várias espécies migratórias devido ao seu posicionamento geográfico estratégico, concedendo um ambiente oportuno para desenvolvimento das funções biológicas dos organismos (AQUINO, 2016; CAMPOS et al., 2005). Estudos realizados no ASPSP são de grande importância para a geração de informações sobre o ecossistema marinho e a dinâmica populacional das espécies, provendo resultados importantes não só para a conservação do ecossistema insular, mas de todas as espécies que estão ali presentes (VASKE-JR. et al., 2006; LIMA et al., 2011; MELO et al., 2012; BRANCO et al., 2013; VIANA et al., 2013). Nesse sentido, o estudo teve como objetivo estudar a biologia reprodutiva da cavala, com ênfase no desenvolvimento ovocitário, capturadas no Arquipélago de Pedro e São Paulo, com vistas a detalhar os mecanismos reprodutivos desenvolvidos pela espécie.

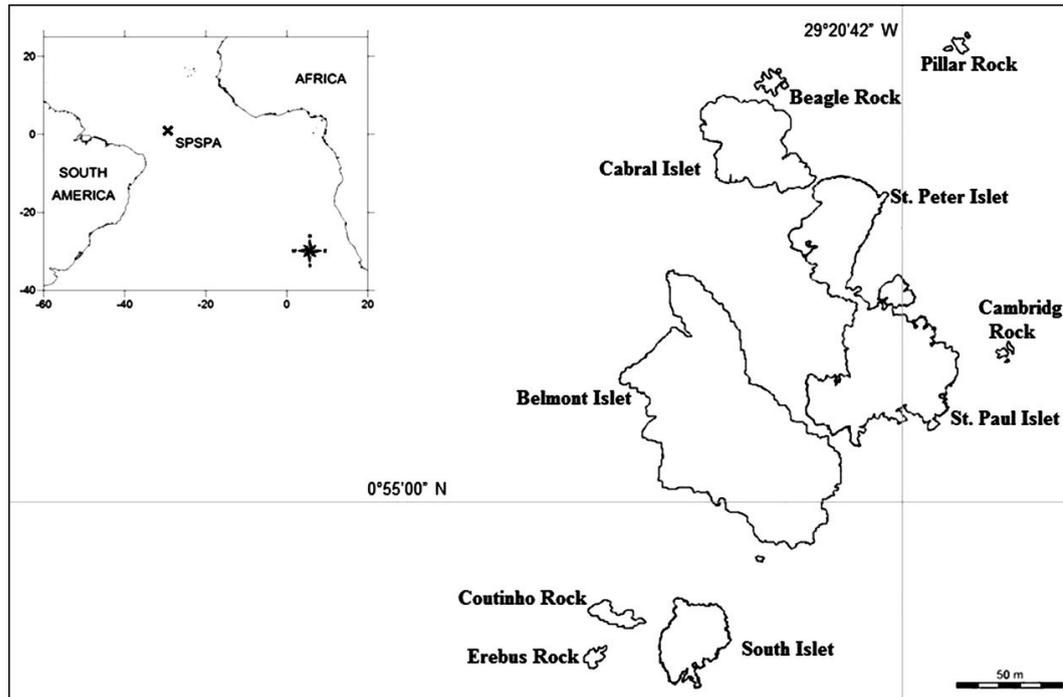
## **5. Material e métodos**

### **5.1. Área de estudo**

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00°55'02"N e 29°20'42"W) (figura 3), localizado a aproximadamente 1.100 km da costa brasileira, é constituído por um pequeno grupo de ilhas rochosas oceânicas que se situam nas imediações da Dorsal Mesoatlântica. Ocupa uma área total emersa de cerca de 17.500 m<sup>2</sup>, com aproximadamente 250 m por 426 m e uma elevação máxima de 18 m acima do nível do mar, o ASPSP difere de outros arquipélagos oceânicos, por não ser formado por rochas vulcânicas, mas plutônicas (CAMPOS et al., 2005), que se projetam para a superfície do mar com forte aclave, sendo, por isso, desprovidas de praias ou água potável (QUEIROZ, 2014).

A partir de 2018, com o Decreto nº 9.313, foi criada uma Área de Proteção Ambiental (APA) no ASPSP, que se trata de uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável, com o objetivo básico de proteger a diversidade biológica e assegurar a sustentabilidade de uso dos recursos naturais existentes, além da necessidade de ordenar a pesca da região. Ademais, juntamente com a APA, há também o Monumento Natural (MONA), uma Unidade de Conservação (UC) de proteção integral. Parte do Arquipélago está dentro do MONA, o que contribui substancialmente para a recuperação dos estoques pesqueiros e o acompanhamento das espécies do local. Além das ilhas, uma grande porção oceânica também está incluída no MONA a fim de ampliar a proteção dos ecossistemas marinhos profundos (BRASIL, 2018).

Devido à sua posição geográfica entre os hemisférios norte e sul e entre os continentes americano e africano, que a faz um ponto estratégico, o ASPSP desempenha forte influência no ciclo de vida de várias espécies migratórias, com elevado valor comercial, para as quais tem grande importância como local de reprodução e alimentação (VASKE-JR et al., 2003; LESSA et al., 1999).



**Figura 3.** Mapa com localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. (adaptado de BEZERRA et al., 2013).

## 5.2. Coleta de dados

As amostras da cavala examinadas histologicamente no presente estudo foram coletadas a partir de espécimes capturados por barcos que compuseram a frota comercial que operou nos arredores do ASPSP, entre os anos de 1998 e 2006, usando corrico, como artes de pesca. Foram coletadas as gônadas, aleatoriamente, de 276 fêmeas para a confecção das lâminas e posterior análise. Para análise microscópica do desenvolvimento ovariano, foram selecionadas lâminas histológicas de fêmeas, cujos ovários contemplaram as distintas fases de desenvolvimento gonadal da espécie.

## 5.3. Caracterização dos estágios maturacionais

Os procedimentos de triagem envolveram a medição de dados biométricos (comprimento total e furcal) e a obtenção dos ovários, os quais foram fixadas em formaldeído a 10% (overnight), clivada e refixada em solução de formaldeído a 10% (totalizando 24 h) e preservada em álcool a 70%. Para a confecção das lâminas histológicas, as gônadas passaram por uma desidratação em bateria de álcool (80%, 90%, 100% 1 e 100% 2), diafanização (xilol 1 e 2), inclusão em resina e corte em micrótomo (6  $\mu$ m). Para coloração, utilizou-se o método da hematoxilina-eosina (H.E).

Para descrever os diferentes estágios e fases de desenvolvimento ovariano, foi o usado

a terminologia e os critérios de classificação proposto por Brown-Peterson et al. (2011), adaptado para a espécie (ALEJO-PLATA, 2011). As fases de desenvolvimento foram classificadas da seguinte forma: Imaturo, em desenvolvimento, capaz de desovar, desova ativa, regressão e regeneração. Em ordem, para determinar e classificar os estágios de desenvolvimento celular, as células foram mensuradas quanto ao diâmetro máximo e do núcleo. Para a descrição do desenvolvimento celular, além da relação núcleo citoplasma, foi observado a reação do corante com as estruturas das células (basófilo e acidófilo) e as especificidades das células presente nos ovários.

#### 5.4. Análise dos dados

Após a seleção das lâminas histológicas das diferentes fases de desenvolvimento ovocitário de forma aleatória, as imagens foram digitalizadas, a fim de permitir sua análise por meio do software *Image J*. Com o uso do programa, foram medidos o tamanho de suas estruturas celulares, incluindo os núcleos para cada estágio maturacional. As fases do desenvolvimento ovocitário foram analisadas e descritas de acordo com a metodologia proposta por BROWN-PETERSON et al. (2011).

As células germinativas foram classificadas nos seguintes estágios: oogônias, ovócitos primários, ovócitos alvéolo-corticais, ovócitos pré-vitelogênicos (perinucleolares), ovócitos vitelogênicos nas fases 1, 2 e 3, migração da vesícula germinativa (MVG), quebrada vesícula germinativa (QVG), ovócitos hidratados (CÁRDENAS et al., 2008). Essa classificação é baseada no formato dos ovócitos, relação de proporção entre o núcleo-citoplasma e o grau de atividade vitelogênica em que cada célula se encontra. Posteriormente para determinar o tipo de desova, foi verificada a distribuição em termos de frequência relativa (%) de cada estágio maturacional dos ovócitos nas diferentes fases de desenvolvimento ovariano, de acordo com o proposto por Vazzoler (1996). Para este fim, foram medidos o tamanho médio de 80 ovócitos com núcleo visível de doze ovários em diferentes fases de desenvolvimento, 3 em cada fase (imaturos, desenvolvimento, capaz de desovar e regressão). Não foi possível realizar as medidas para a fase de desenvolvimento em regeneração.

Após as medições, foi calculada a mediana dos diâmetros das células ( $D_c$ ), dos núcleos ( $D_n$ ) para cada estágio de desenvolvimento e calculada a proporção  $DN/DC\%$ . Com o objetivo de analisar se os diâmetros das células e os núcleos nos diversos estágios do

desenvolvimento ovocitário tem alguma diferença estatística ( $p < 0,05$ ), ou seja, se existe diferenças estatísticas na proporção DN/DC% encontrada para cada estágio. Para isso, foi aplicado um teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias (teste de “Bartlett”) com base na relação núcleo-citoplasma em cada estágio encontrado. Após isso, foi feito o teste não paramétrico de Wilcoxon.

## 6. Resultados

### 6.1. Descrição microscópica do sistema reprodutor das fêmeas do *Acanthocybium solandri*

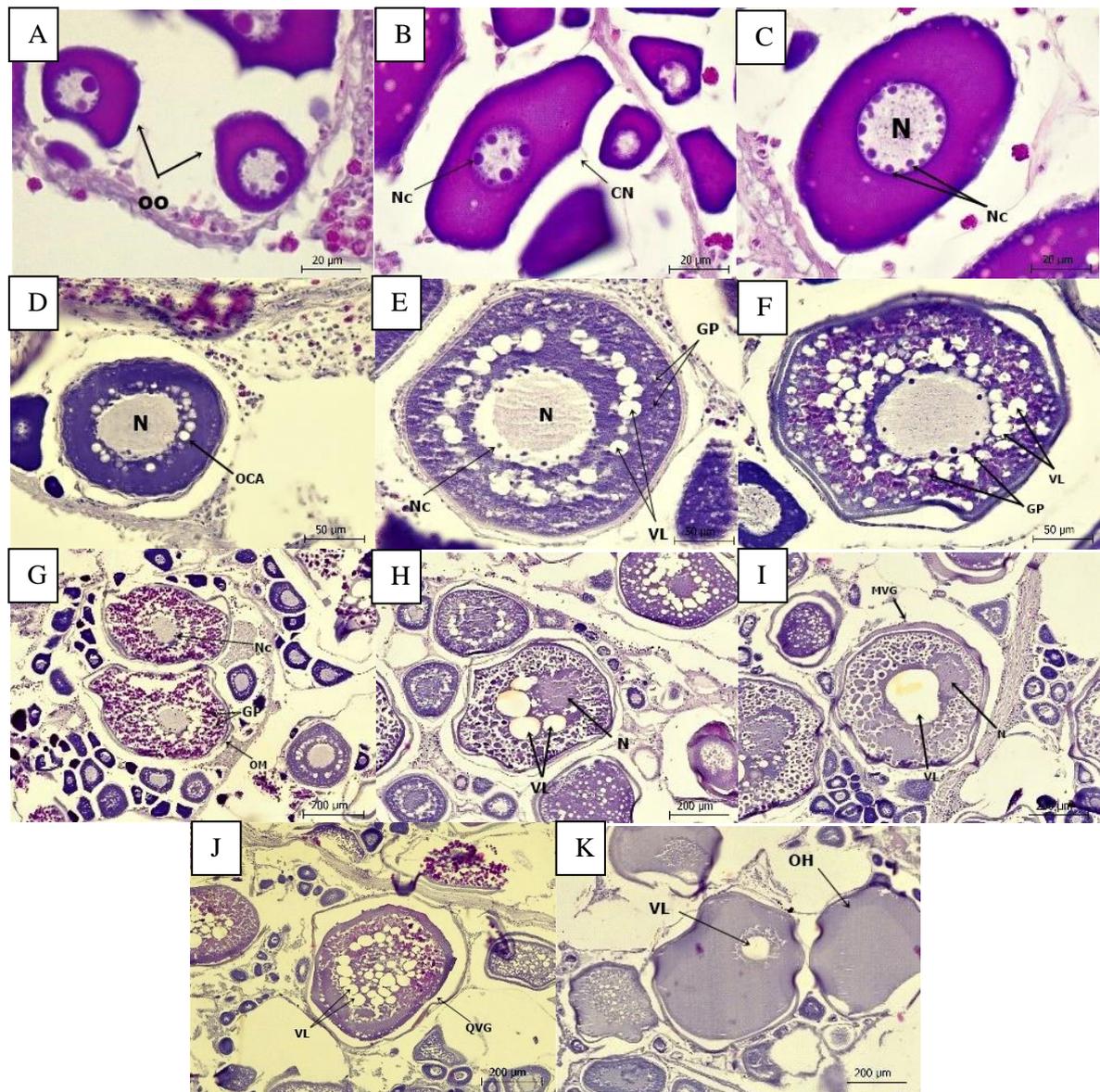
Os ovários do *A. solandri* são constituídos por um tecido muscular liso que envolve a gônada e por uma extensão que se projeta a partir da membrana muscular em direção ao centro do órgão. Essa projeção para dentro do ovário forma as lamelas ovíferas que são constituídas pelas células somáticas epiteliais, que posteriormente, se tornam as células foliculares, responsáveis pela sustentação das células germinativas durante o desenvolvimento vitelogênico e onde se localiza a irrigação sanguínea, que se apresentou bastante irrigada nas gônadas que já haviam iniciado o processo de vitelogênese.

Diversas divisões da meiose (figura 4), entre as oogônias (figura 4a) e ovócitos em crescimento primário (figura 4b), caracterizam o início do desenvolvimento dos ovócitos. O desenvolvimento vitelogênico é definido pela presença de minúsculas vesículas esféricas no citoplasma (figura 4c) e gradualmente, vesículas de lipídeos de tamanhos variados começam a se propagar no citoplasma, bem como os grânulos de proteínas que começam a surgir no citoplasma, dando-se início ao processo de vitelogênese (figura 4d). Nos estágios de desenvolvimento que caracterizam o início do processo da ovogênese, não foi possível observar uma epitélio superficial bem definido e aparente. Além disso, foi possível visualizar que a formação e o desenvolvimento dos vacúolos de lipídios se dão próximo ao núcleo das células germinativas com o início do processo de vitelogênese. Com o desenvolvimento da vitelogênese, os grânulos de proteína aumentam no citoplasma (figura 4 e, f, g). Durante o desenvolvimento da vitelogênese, as vesículas de lipídios presentes nas células iniciam a migração para a região central do núcleo, resultando em uma quantidade de grânulos de proteína maior na periferia do citoplasma (figura 4h). Após o desenvolvimento da vitelogênese, as vesículas de lipídios se fundem e formam uma única gotícula de maior diâmetro no centro do ovócito, próximo ao núcleo, dando-se início ao processo de migração do núcleo para o polo animal (figura 4i), e por último, ocorre a quebra da vitelogênese germinativa (figura 4j), em que é observado a condensação dos grânulos de proteína se

originando no ovócito hidratado (figura 4k). O citoplasma, com o decorrer de seu desenvolvimento passou a apresentar de caráter acidófilo, mudança que começou a ser identificada após o início da vitelogênese. Os diâmetros das células, assim como a descrição das características do desenvolvimento ovocitário estão disponíveis na tabela 1.

**Tabela 1.** Sumário descritivo dos estágios de desenvolvimento ovocitário para o *Acanthocybium solandri*, capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre 1998 e 2006. Para cada estágio de desenvolvimento, foi calculado a mediana para os diâmetros dos ovócitos.

Estágios de desenvolvimento	Características	Diâmetro do ovócito (µm)
<b>Crescimento primário</b>		
Oogônias	Se trata das menores células germinativas e podem ser encontradas em toda a extensão das gônadas. São caracterizadas pelo seu grande núcleo desenvolvido e o pequeno citoplasma de caráter basófilo.	8,4 – 37,1 19,61
Cromatina nucleolar	O núcleo se encontra de forma acidófila e o citoplasma se encontra mais desenvolvido e de caráter basófilo. É caracterizado pela cromatina nucleolar, sendo possível observar vários nucléolos se formando no interior da célula.	20,8 – 55,65 38,05
Cromatina Peri nucleolar	O citoplasma continua basófilo e os nucléolos são posicionados na periferia do núcleo de forma organizada. Também é possível observar o envoltório do núcleo mais definido.	42,8 – 98,2 75,08
Cortical alveolar	Nesse estágio, é observado formação de vesículas esféricas no citoplasma próximo ao núcleo, para o início dos estágios vitelogênicos. O citoplasma permanece basófilo e com a cromatina na periferia do núcleo.	85,2 – 141,2 114,71
<b>Vitelogênese</b>		
Vitelogênese I	Vesículas de vitelo (lipídios e proteínas) são observadas no citoplasma que apresenta caráter de menor basofilia. Gotas de lipídios estão presentes por todo o citoplasma com o seu desenvolvimento em grande proporção próximo ao núcleo, e podem ser observados alguns grânulos de proteína próximo à periferia do citoplasma.	109,8 – 221,4 174,24
Vitelogênese II	É possível observar vacúolos de lipídios e grânulos de proteínas na mesma proporção no citoplasma. Os vacúolos de lipídios são observados na proximidade do núcleo.	172,6 – 290,3 238,37
Vitelogênese III	Os grânulos de proteína neste estágio são mais evidentes e em grande quantidade. Os vacúolos de lipídios estão presentes em menor quantidade próximo ao núcleo.	264,1 – 482,2 332,41
<b>Maturação do ovócito</b>		
Migração da vesícula germinativa (GVM)	As gotículas de lipídios se fusionam em uma gotícula próximo ao núcleo. É possível observar a migração do núcleo para o polo animal. Os grânulos de proteína começam a se fusionar.	373,5 – 578,1 496,9
Quebra da vesícula germinativa (GVBD)	Toda a migração do núcleo é concluída, sendo possível observar o início da formação de uma única gotícula de lipídio no citoplasma.	558,2 – 592 578,2
Hidratação	É possível visualizar apenas uma gota de lipídio no ovócito e todos os grânulos de vitelo se fusionam, podendo também ser observada uma camada de caráter acidófilo e homogêneo no citoplasma.	568 – 601,2 586

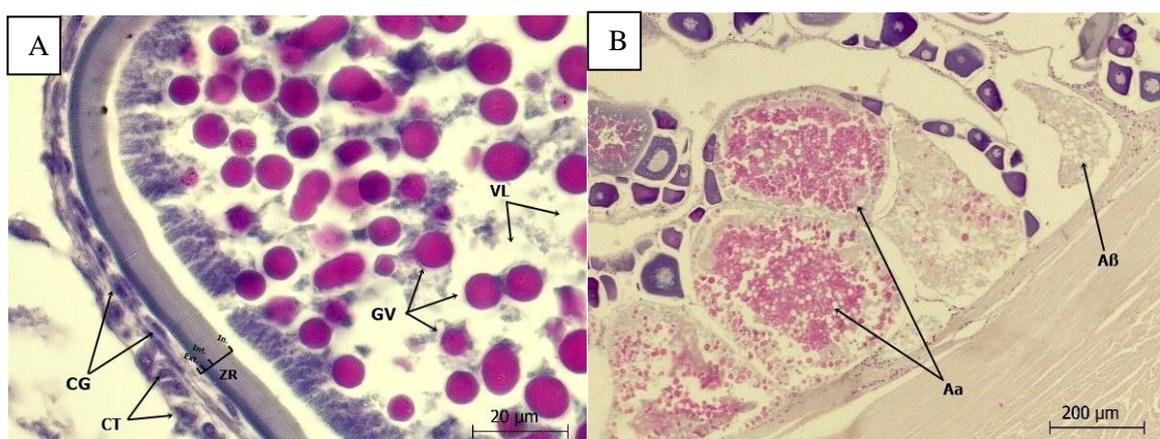


**Figura 4.** Fases de desenvolvimento ovocitário do *Acanthocybium solandri*, capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre os anos de 1998 e 2006: (A), (B) e (C) Estágio imaturo, com oogônias (OO), ovócitos em crescimento primário (PG), com presença de ovócitos com cromatina nucleolar (CN) e perinucleolar (CPN); (D), (E) e (F) Estágio em desenvolvimento, apresentado ovócitos mais avançados na fase cortical alveolar (CA), com a presença de ovócitos em cortical alveolar (OCA), Vitelogênese I e II, respectivamente; (G) e (H) Estágio Capaz de desovar, Vitelogênese III e formação da gotícula de lipídio; (I) a (K) Estágio Desova Ativa, apresentando ovócitos MVG e QVG, e OH em desova eminente com a ausência do vacúolo de lipídio. (Nc) Nucléolos, (N) Núcleo, (VL) vacúolos de lipídios, (GP) Grânulos de proteína.

Os ovócitos da espécie são constituídos por um epitélio superficial, formados por células da teca (CT) na primeira camada e células da granulosa (GC) constituindo a segunda camada, sendo encontrados na porção mais externa dos ovócitos. Na porção interna, próximo ao citoplasma, é possível observar a membrana vitelínica (MV) e as três camadas (externa, intermediária e interna) da Zona radiada (ZR). Tais características só puderam ser identificadas em ovócitos já desenvolvidos, devido às suas especificidades. Nas fases mais

avanzadas de desenvolvimento do estágio ovocitário, foram observados os vacúolos de lipídios e os grânulos de proteína no citoplasma (figura 5a).

Nos cortes histológicos, foram identificadas diferentes fases de reabsorção dos ovócitos ( $\alpha$  Atrésia e  $\beta$  Atrésia), que indicam o fim da estação reprodutiva. Nesse sentido, a  $\alpha$  Atrésia foi designada para ovócitos vitelogênicos avançados, com a primeira ocorrência de atresia visível sendo a quebra do envoltório nuclear. O envelope nuclear então dispersa o conteúdo nuclear no citoplasma. Uma característica determinante é a decomposição das estruturas que compõem o epitélio superficial que encobre o ovócito (células da teca, células da granulosa, membrana vitelínica e zona radiada). Os ovócitos se tornam irregulares em sua forma e como parte do processo de reabsorção, grânulos e vacúolos podem ser observados por toda a célula.  $\beta$  Atrésia: Depois que o ovócito é completamente degradado, o folículo entra no estágio mais avançado de reabsorção das células, caracterizada pela redução das estruturas que compõem o ovócito, apresentando pouco ou nenhum vacúolo e ausência de lúmen. No início desta fase, as células foliculares aparecem desorganizadas, algumas com núcleos picnóticos, enquanto outras apresentam vacúolos intracelulares aparentemente vazios ou vacúolos preenchidos por material dismorfo. Para esta espécie, gotículas lipídicas enriquecidas com numerosos vacúolos esféricos residuais são distribuídas ao longo dos folículos  $\beta$ -atrésicos. Este, pode ser observado ao final do período de máxima reprodução, quando a reabsorção tende a ser mais rápida, pois o processo de maturação é mais frequente (figura 5b e 5c).



**Figura 5.** Sumário das estruturas que compõem os ovários do *Acanthocybium solandri*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 1998 e 2006. (A) Epitélio superficial, constituído por células da teca (CT), células da granulosa (CG) e a zona radiada (ZR), constituída por três zonas: Externa (Ex.), Intermediária (Int.) e Interna (In.). Em fases avançadas, o citoplasma é constituído por vacúolos de lipídeo (VL) e grânulos de vitelo (GV); (B) Atrésia  $\alpha$  e  $\beta$ . Escala: 20  $\mu$ m (A), 200  $\mu$ m (B).

As oogônias e os ovócitos em crescimento primário se fazem presente em todas as fases de desenvolvimento das gônadas observadas. Na fase inicial de desenvolvimento, no qual as mesmas estão de forma abundante, não foi possível identificar nenhum outro estágio de desenvolvimento, o que caracteriza a fase imatura. A partir do em desenvolvimento, pode-se observar a presença da vitelogênese II e a abundância da Vitelogênese I, caracterizando o início do desenvolvimento ovocitário da espécie. Na fase capaz de desovar, a espécie apresenta uma abundância significativa dos estágios vitelogênicos I, II e III, além de terem a presença de atresias e POFs na desova ativa, porém em pequena quantidade. Em regressão, as atresias e POFs estão apresentadas de forma abundante e em regeneração ainda foi possível observar POFs antigas e atresias tardias, o que determina o início do ciclo germinativo das células maturacionais (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição celular dos estágios maturacionais do *Acanthocybium solandri* para cada fase de desenvolvimento (A\*= Abundante, A=Ausente, P= Presente). (OO) oogônias, (CP) crescimento primário, (CA) cortical alveolar, (VTG1) vitelogênese 1, (VTG2) vitelogênese 2, (VTG3) vitelogênese 3, (MVG) migração da vesícula germinativa, (QVG) quebra da vesícula germinativa, (OH) ovócito hidratado, (A) atresia.

Fases	Estágios de Desenvolvimento					
	Imaturo	Desenvolvimento	Capaz de Desovar	Desova Ativa	Regressão	Regeneração
OO	A*	A*	P	P	P	P
PG	A*	A*	P	P	P	P
CA	A	A*	P	P	P	P
VTG1	A	A*	A*	A*	P	A
VTG2	A	P	A*	A*	P	A
VTG3	A	A	A*	A*	P	A
MVG	A	A	A	A*	A	A
QVG	A	A	A	A*	A	A
OH	A	A	A	A*	A	A
A	A	A	P	P	A*	P
POF	A	A	A	P	A*	P

### 6.3. Diâmetro dos ovócitos e relação núcleo-citoplasma para fêmeas do *Acanthocybium solandri*

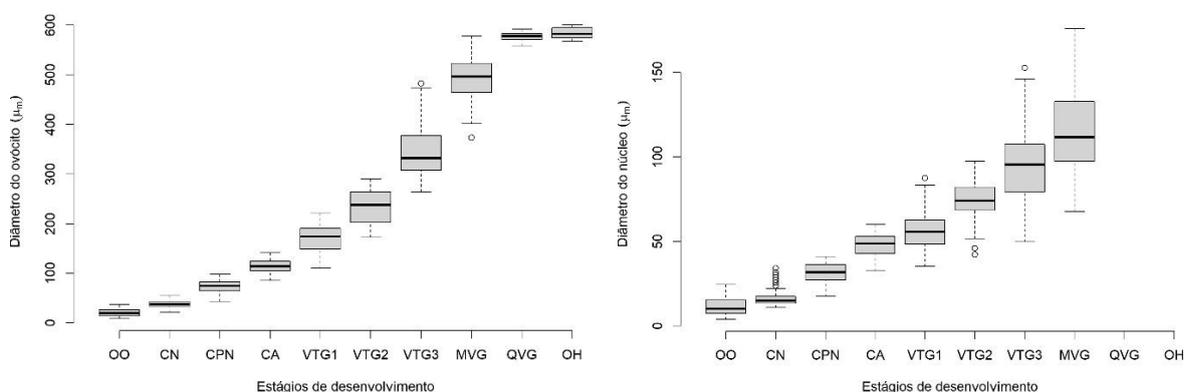
De maneira geral, os ovócitos apresentaram um aumento em seu diâmetro acompanhando o desenvolvimento das células, com ovócitos pré-vitelogênicos exibindo diâmetros, em média, três vezes maiores do que aqueles observados nas oogônias ( $p < 0,05$ ). Embora em menor proporção, incrementos estatisticamente significativos foram observados para os ovócitos alvéolos corticais em relação ao pré-vitelogênico ( $p < 0,05$ ). Além disso, ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre o diâmetro celular nos núcleos de ovócitos alveolares corticais em relação aos vitelogênicos ( $p < 0,05$ ) (Fig. 6). Em todas as

fases analisadas, diâmetros do célula e do núcleo diferiu estatisticamente em todos os estágios ( $p < 0,05$ ).

O núcleo, nos estágios iniciais de desenvolvimento (oogônias e ovócitos em crescimento primário), apresentaram uma maior proporção das células em sua composição, mudando de forma constante com o decorrer do desenvolvimento ovocitário, como pode ser observado na tabela abaixo (tabela 3). O citoplasma começa a se desenvolver e aumentar de tamanho de forma exponencial em relação ao núcleo. A cromatina nucleolar e a cromatina perinucleolar, se tratando de ovócitos em crescimento primário, apresentam um relação núcleo-citoplasma semelhante (tabela 3).

**Tabela 3.** Diâmetro (mediana) em  $\mu\text{m}$  dos ovócitos e dos núcleos para cada estágio de desenvolvimento celular da *A. solandri*. Legenda: Oogônias (OO), Cromatina Nucleolar (CN), Cromatina Perinucleolar (CP), Cortical Alveolar (CA), Vitelogênese I (Vtg I), Vitelogênese II (Vtg II), Vitelogênese III (Vtg III), Quebra da Vesícula Germinativa (QVG), Migração da Vesícula Germinativa (MVG), Ovócito Hidratado (HO), N = número de células, DC = Diâmetro da célula, DN = Diâmetro do núcleo.

Estágios	N	DC	Mín	Máx	DN	Mín	Máx	DN/DC %
OO	80	19,61	8,4	37,1	10,19	3,7	24,3	51,96
CN	80	38,05	20,8	55,65	15,03	10,7	33,9	43,31
CPN	80	75,08	42,8	98,2	31,74	17,4	41,1	42,27
CA	80	114,71	85,2	141,2	48,78	32,5	59,9	42,52
VTGI	80	174,24	109,8	221,4	55,73	35	87,5	31,98
VTGII	80	238,37	172,6	290,3	74,1	42,09	97,53	31,09
VTGIII	80	332,41	264,1	482,2	95,4	49,76	152,6	28,70
MGV	80	496,9	373,5	578,1	111,73	67,6	175,9	22,49
QVG	80	578,2	558,2	592	—	—	—	—
OH	80	586	568	601,2	—	—	—	—



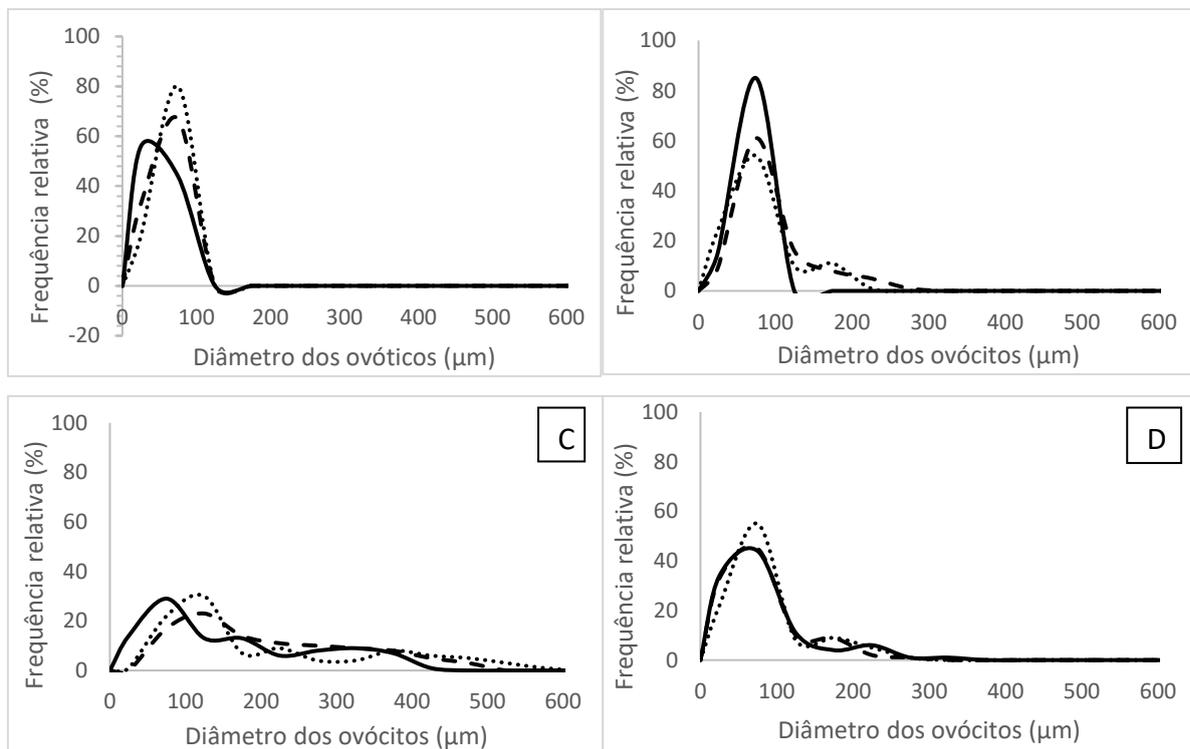
**Figura 6.** Representação gráfica dos diâmetros das células e núcleos dos estágios de desenvolvimento da *Acanthocybium solandri*

#### 6.4. Tipo de desova das fêmeas do *Acanthocybium solandri*

Os diâmetros dos ovócitos variaram de 14,08 a 601,2  $\mu\text{m}$ . Os ovários imaturos tinham

ovócitos de até 89,83  $\mu\text{m}$  de diâmetro, ovários em desenvolvimento apresentaram diâmetros medindo até 261,7  $\mu\text{m}$  e os ovários no estágio capaz de desovar e em fases de regressão tinha ovários com diâmetro de ovócito com maior amplitude, apresentando os valores máximos de 557,22  $\mu\text{m}$  e 303,09  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Os ovários capazes de desovar tinham menos ovócitos em crescimento primário e mais ovócitos em vitelogênese avançada, em comparação com a fase de regressão (Figura 7).

A distribuição de frequência de tamanho dos estágios de desenvolvimento comprovou que em todas as fases de desenvolvimento ocorre a formação de lotes e à medida que o desenvolvimento aumenta, novos lotes são formados. Através das observações histológicas das gônadas e o deslocamento das classes de comprimento dos ovócitos durante o processo de desenvolvimento, a espécie apresenta uma desova múltipla do tipo sincrônica em mais de dois grupos, por ter sido identificada um aumento de mais de dois lotes de ovócitos que aumentam o diâmetro de forma sincrônica em diâmetro até a desova. aumento dos lotes de forma sincrônica em diâmetro até o período de desova (figura 7).



**Figura 7.** Frequência de distribuição do diâmetro dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) de fêmeas do *Acanthocybium solandri*, capturadas no Arquipélago de São Paulo e São Paulo, entre 1998 e 2006. (A) Imaturo, (B) Em desenvolvimento, (C) Capaz de desovar e (D) Em regressão.

## 7. Discussão

O conhecimento sobre a reprodução dos peixes requer uma maior atenção sobre questões voltadas para os estágios de desenvolvimento ovocitário, especialmente no que diz respeito às particularidades do desenvolvimento da ovogênese e suas evoluções nas estruturas morfométricas. Nesse estudo, foi possível obter informações acerca das alterações estruturais que ocorrem durante o desenvolvimento dos ovócitos através das lâminas histológicas aqui analisadas. Em trabalhos realizados a respeito da biologia reprodutiva de peixes ósseos, é frequente observar que as caracterizações das gônadas seguem um padrão terminológico, em que pode ser adotado classificações e nomenclaturas distintas para o desenvolvimento ovariano (VAZZOLER, 1996; BROWN-PETERSON et al., 2011). No entanto, em relação aos estágios de desenvolvimento das células, ou seja, as classificações que ocorrem em função das fases das células germinativas analisadas, podem, portanto, mudar de acordo com os diferentes autores e espécies. Além disso, há uma limitação relacionada à determinação dos estágios maturacionais, no que diz respeito aos padrões morfológicos que estabelece a ovogênese. Apesar dos folículos ovarianos seguirem um desenvolvimento padrão geral em teleósteos, a morfologia relacionada a essas estruturas tende a serem variáveis em detrimento das estratégias reprodutivas das diferentes espécies investigadas (MARTIN et al., 2017).

A análise histológica realizada nos tecidos ovarianos das cavalas propiciou a identificação clara de onze estágios de desenvolvimento dos ovócitos: oogônias, ovócitos em cromatina nucleolar, cromatina perinucleolar, ovócitos alvéolos corticais, ovócitos em vitelogênese I, vitelogênese II, vitelogênese III, migração da vesícula germinativa, quebra da vesícula germinativa, ovócitos hidratados, folículo pós-ovulatório e atrésicos, padrão esse de classificação semelhante ao que foi descrito para outras espécies de peixes marinhos (MURUA et al., 2003; LOWERRE-BARBIERI et al., 2011; GRIER, 2000). Diferentemente de alguns estudos de reprodução de teleósteos que relacionam um período de repouso intercalado por atividades sexuais que dão origem a uma nova prole, caracterizado pela observação apenas de células gametogênicas em estágios iniciais de desenvolvimento (GODINHO, 2007), a cavala detém características na qual são observadas desovas múltiplas. No presente estudo, foi determinado que a cavala apresenta uma desova múltipla e um desenvolvimento ovocitário sincrônico em mais de dois grupos, resultados diferentes aos encontrados para a espécie no Norte do Golfo do México, em que foi observado no diagrama de frequência-comprimento e nas análises histológicas do estudo (BROWN-PETERSON et al., 2000). Sendo assim, existem

evidências de que a espécie exibe um contínuo recrutamento das células germinativas com distintas modas relacionadas ao diâmetro dos ovócitos, pois apesar de ter sido observado um grande número de ovócitos hidratados em gônadas em fases finais de desenvolvimento, também foram visualizadas várias células em estágios de desenvolvimento iniciais (ZISCHKE et al., 2012; VIANA et al., 2013). De acordo com Viana et al. (2013), a cavala tem seu período reprodutivo no ASPSP entre abril e julho, que coincide com a elevação da temperatura superficial da água na região, fato igualmente observado na Flórida por Wollan (1969) e no hemisfério norte com o estudo de Oxenford et al. (2003), em que a mesma espécie aparenta desovar nos meses de verão.

Na região em que o arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) está inserido, caracteriza-se como uma área de alta produtividade biológica, que funciona como uma zona de reprodução e alimentação de várias espécies de peixes. Devido as características peculiares da ilha, é possível que exista uma agregação reprodutiva para a espécie, já que os fatores físico-químicos da região propiciam um ganho de energia através dos recursos alimentares disponíveis, crucial para o ganho energético que proporcionará o desenvolvimento final das células germinativas. O período mencionado de reprodução da cavala no ASPSP também coincide com a época de desova de outras espécies na ilha, sugerindo que fatores abióticos e bióticos deflagram a reprodução das espécies (BEZERRA et al., 2013; DOS SANTOS et al., 2014; PINHEIRO et al. 2011).

Nas análises dos cortes histológicos para a cavala, foram observadas alterações nas organizações e tamanhos das células no decorrer do desenvolvimento das mesmas, que estão relacionados diretamente com o processo de vitelogênese. O aumento do tamanho das células pode ser explicado pela absorção de proteínas de origem fidalgal para a composição do vitelo no citoplasma (VLAMING et al. 1980). Essa proteína, a vitelogenina, que se trata de uma lipofosfoglicoproteína, antecessora das proteínas vitelínicas, é sintetizada principalmente no fígado e assimilada nos ovócitos através de endocitose mediada por receptores (BABIN et al., 2007; LUBZENS et al., 2010). A deposição de vitelo é feita na forma de grânulos, formados pela junção de vesículas que aparecem inicialmente no citoplasma periférico e que gradualmente preenchem o citoplasma (WALLACE e SELMAN, 1990; TYLER e SUMPTER, 1996).

Os diâmetros das células encontradas no presente estudo diferem dos valores observados por Brown-Peterson et al., (2000) para a mesma espécie no Norte do Golfo do México. Na região citada, os diâmetros das células ultrapassaram a 900  $\mu\text{m}$  nos estágios finais

antes da liberação dos ovócitos, enquanto no presente trabalho não chegaram a 600  $\mu\text{m}$ , provavelmente devido a diferenças abióticas da região, bem como a disponibilidade de alimento. Os altos valores descritos para a espécie no Norte do Golfo do México estão relacionados diretamente à hidratação dos ovócitos, conseqüentemente, proporcionando a expansão do volume celular, causados pela proteólise das proteínas vitelínicas (MUNÓZ et al., 2001). O diâmetro dos ovócitos é um atributo de grande importância para as análises de taxas de fertilização, em que as mesmas podem prognosticar as condições reprodutivas das populações (FELIZARDO et al., 2011). As modificações nos diâmetros dos ovócitos liberados podem influenciar na dispersão dos ovos e sobrevivência das larvas após a fecundação do ovócito (BONISLAWSKA et al., 2001). Tais modificações nos diâmetros dos ovócitos podem ser influenciadas, por exemplo, pela disponibilidade de alimento e condições de temperatura de uma determinada área, que pode ser propícia para o desenvolvimento das células ou apresentarem condições ambientais desfavoráveis para o incremento no tamanho dos ovócitos (MASCARENHAS, 2019).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo exibe características consideradas favoráveis para diversas espécies residentes e migratórias, devido a sua geografia isolada e a alta produtividade biológica responsável pelo ganho de energia, que certamente viabiliza diferentes estratégias reprodutivas, em especial para a cavala, espécie alvo desse estudo. Os resultados obtidos fornecem informações importantes sobre a biologia reprodutiva da espécie, que podem vir a auxiliar novos estudos sobre a identificação dos estágios de desenvolvimento da espécie e de outras, cujo apresentam grande importância comercial e necessitam de um olhar aprofundado sobre tais aspectos, primordiais para a realização de uma gestão pesqueira eficaz, garantindo a sustentabilidade..

## 8. Referências

- ABASCAL, Francisco J.; MEDINA, Antonio. Ultrastructure of oogenesis in the bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. *Journal of Morphology*, v. 264, n. 2, p. 149-160, 2005.
- ALEJO-PLATA, Carmen; DÍAZ-JAIMES, Píndaro; SALGADO-UGARTE, Isaías H. Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) captured in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Fisheries Research*, v. 110, n. 1, p. 207-216, 2011.
- AQUINO, Eveline Pinheiro de. Fitoplâncton como indicativo das condições oceanográficas de um arquipélago no Atlântico Equatorial (Fernando de Noronha, Brasil). 2016.
- BABIN, Patrick J.; CERDÀ, Joan; LUBZENS, Esther (Ed.). *The fish oocyte: from basic studies to biotechnological applications*. Springer Science & Business Media, 2007.
- BEZERRA, Natalia et al. Reproduction of blackfin tuna *Thunnus atlanticus* (perciformes: Scombridae) in saint peter and saint paul archipelago, equatorial atlantic, Brazil. *Revista de biologia tropical*, v. 61, n. 3, p. 1327-1339, 2013.
- BONISŁAWSKA, Małgorzata et al. Fish egg size variability: biological significance. *Differences*, v. 40, n. 42, p. 55, 2001.
- BRANCO, Ilka SL et al. Oocyte development and ovarian maturation of the black triggerfish, *Melichthys niger* (Actinopterygii: Balistidae) in São Pedro e São Paulo Archipelago, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 11, p. 597-606, 2013.
- BRASIL. Decreto nº 9.313, de 19 de março de 2018. Cria a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e o Monumento Natural do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Brasília.
- BROWN-PETERSON, Nancy J. et al. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. ***Marine and Coastal Fisheries***, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011.
- BROWN-PETERSON, Nancy J.; FRANKS, James S.; BURKE, A. MEAGHIN. Observações preliminares sobre a biologia reprodutiva do wahoo, *Acanthocybium solandri*, do norte do Golfo do México e Bimini, Bahamas. 2000.
- CAMPOS, T. F. C. et al. Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. *O Arquipélago de São Pedro e São Paulo*, v. 10, p. 54-63, 2009.
- CAMPOS, Thomas Ferreira da Costa et al. Arquipélagos de São Pedro e São Paulo: soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. ***Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP, 2005. 12 p., 2005.***

CÁRDENAS, R. et al. Oocyte structure and ultrastructure in the Mexican silverside fish *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniforme: Atherinopsidae). **Revista de biologia tropical**, v. 56, n. 3, p. 1371-1380, 2008.

COLLETE, BB Catálogo de espécies da FAO, Vol 2. Scombrids of the world: um catálogo anotado e ilustrado de atuns, cavalas, bonitos e espécies relacionadas até hoje conhecidas. FAO Fish. Synop. , v. 125, p. 1-137, 1983.

COLLETTE, Bruce B.; NAUEN, Cornelia E. Scombrids of the world: an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date. v. 2. 1983.

DE VLAMING, Victor L. et al. Goldfish (*Carassius auratus*) vitellogenin: induction, isolation, properties and relationship to yolk proteins. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, v. 67, n. 4, p. 613-623, 1980.

DOMINGUEZ, Paloma Sant'Anna et al. A pesca artesanal no arquipélago de Fernando de Noronha (PE). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 42, n. 1, p. 241-251, 2016.

DOS SANTOS, Andrea Carla Lira et al. Reproductive biology of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Actinopterygii: Coryphaenidae), in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. **Scientia Marina**, v. 78, n. 3, p. 363-369, 2014.

FELIZARDO, V. O. et al. Osmolaridade e taxa de diluição na ativação do sêmen criopreservado de *Prochilodus lineatus*. *Archivos de zootecnia*, v. 60, n. 232, p. 1255-1262, 2011.

FISH, Teresa et al. A comprehensive description of oocyte developmental stages in Pacific halibut, *Hippoglossus stenolepis*. *Journal of Fish Biology*, v. 97, n. 6, p. 1880-1885, 2020.

GODINHO, Alexandre L.; KYNARD, Boyd; GODINHO, Hugo P. Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, v. 80, n. 4, p. 421-433, 2007.

GRIER, H. J.; LO NOSTRO, F. The teleost germinal epithelium: a unifying concept. In: *International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish*. 2000.

GRIER, Harry J.; URIBE-ARANZÁBAL, M. C. The testis and spermatogenesis in teleosts. **Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes)**, v. 8, p. 119-142, 2009.

GRIER, Harry. Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). *Journal of Morphology*, v. 243, n. 3, p. 265-281, 2000.

HONJ, Renato M.; VAZ-DOS-SANTOS, André M.; ROSSI-WONGTSCHOWSK, Carmen Lúcia DB. Identification of the stages of ovarian maturation of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 (Teleostei: Merlucciidae): advantages and disadvantages of the use of the macroscopic and microscopic scales. *Neotropical Ichthyology*, v. 4, p. 329- 337, 2006.

JÚNIOR, T. Vaske; VOOREN, Carolus Maria; LESSA, Rosângela Paula. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 29, p. 173-181, 2003.

KING, M. *Fisheries Biology Assessment and Management*. Black Well Science. Link: <https://bit.ly/2SXrKYy>, 1995.

KJESBU, Olav S. et al. Applied fish reproductive biology: contribution of individual reproductive potential to recruitment and fisheries management. *Fish reproductive biology: implications for assessment and management*, p. 293-332, 2009.

LESSA, R. P. et al. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, v. 47, n. 2-3, p. 239-252, 1999.

LIMA, Cynthia Dayanne Mello de. Distribuição vertical de Euphausiacea ao largo do arquipélago de São Pedro e São Paulo. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

LOWERRE-BARBIERI, Susan K. et al. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 32-51, 2011.

LOWERRE-BARBIERI, Susan K. et al. Emerging issues and methodological advances in fisheries reproductive biology. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 32-51, 2011.

LUBZENS, Esther et al. Oogenesis in teleosts: how fish eggs are formed. *General and comparative endocrinology*, v. 165, n. 3, p. 367-389, 2010.

MARTIN, Karen LM; ISHIMATSU, Atsushi. Review of reproductive strategies. In: *Fishes Out of Water*. CRC Press, 2017. p. 209-236.

MASCARENHAS, Maria Bárbara. Efeitos da alteração ambiental sobre *Bryconops giacopinii* (Characidae) em igarapés de terra firme: dieta, fator de condição, parasitismo e reprodução. 2019.

MCBRIDE, Richard S.; RICHARDSON, Adam K.; MAKI, Kristin L. Age, growth, and mortality of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the Atlantic coast of Florida and the Bahamas. *Marine and Freshwater Research*, v. 59, n. 9, p. 799-807, 2008.

MCMILLAN, Donald B. *Fish histology: female reproductive systems*. Springer Science & Business Media, 2007.

MELO, I. M. F. et al. Efeito da enrofloxacin sobre a interação blastocisto endométrio e seu

reflexo no desenvolvimento placentário e fetal em ratas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, n. 5, p. 1406-1412, 2014.

MELO, Pedro Augusto Mendes De Castro et al. Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, v. 5, 2012.

MUÑOZ, Marta; CASADEVALL, Margarida; BONET, Sergi. Gonadal structure and gametogenesis of *Aspitrigla obscura* (Pisces, Triglididae). *Italian Journal of Zoology*, v. 68, n.1, p. 39-46, 2001.

MURUA, Hilario et al. Procedures to estimate fecundity of marine fish species from field samples in relation to reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic fishery science*, v. 33, p. 33-54, 2003.

OXENFORD, Hazel A .; MURRAY, Peter A .; LUCKHURST, Brian E. A biologia do wahoo (*Acanthocybium solandri*) no Atlântico centro-oeste. *Gulf and Caribbean Research* ,v. 15, n. 1, pág. 33-49, 2003.

OXENFORD, Hazel A.; MURRAY, Peter A.; LUCKHURST, Brian E. The biology of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the western central Atlantic. *Gulf and Caribbean Research*, v. 15, n. 1, p. 33-49, 2003.

PINHEIRO, P. B. et al. The reproductive biology of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825) caught in the São Pedro and São Paulo Archipelago. *Brazilian journal of biology*, v. 71, p. 99-106, 2011.

PONS, M. et al. Exploration of length-based and catch-based data-limited assessments for small tunas. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, v. 76, p. 78-95, 2019.

QUEIROZ, Daniel Évora de. **Análise dos microssismos registrados no arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e suas relações com variáveis oceanográficas.** 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RODRIGUES, PAULO PINHEIRO. Aspectos reprodutivos do robalo peba, *Centropomus parallelus*, na foz do rio doce, Linhares/ES. Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Humanas e Naturais Departamento de Ecologia e Recursos Naturais Curso de Graduação em Oceanografia, 2005.

SEPULVEDA, Chugey A. et al. Depth distribution and temperature preferences of wahoo (*Acanthocybium solandri*) off Baja California Sur, Mexico. *Marine Biology*, v. 158, n. 4, p. 917-926, 2011.

TYLER, C. R.; SUMPTER, J. P. Oocyte growth and development in teleosts. *Reviews in fish*

biology and fisheries, v. 6, n. 3, p. 287-318, 1996.

VASKE JR, Teodoro et al. A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Tropical Oceanography Online, v. 36, p. 47-54, 2008.

Vaske Jr., T., R.P.T. Lessa, A.C.B. Ribeiro, M.F. Nóbrega, A.A. Pereira & C.D.P. Andrade. 2006. A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Trop. Oceanogr., 34(1): 31-41.

VASKE-JR, T. Arquipélago de São Pedro e São Paulo: histórico e recursos naturais/Teodoro Vaske Júnior et al. **Fortaleza: NAVE/LABOMAR UFC**, 2010.

VAZZOLER, A. E. A. M. et al. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. **Maringá: Eduem**, v. 169, 1996.

VIANA, D. L. et al. The wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Col Vol Sci Pap ICCAT, v. 62,p. 1662-1670, 2008.

VIANA, Daniel Fadigas et al. Fisheries in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago: 13 years of monitoring. Bol. Inst. Pesca, v. 41, n. 2, p. 239-248, 2015.

VIANA, Danielle et al. Reproductive biology of the wahoo, *Acanthocybium solandri* (Teleostei: Scombridae) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. International Journal of Plant and Animal Sciences, v. 1, n. 4, p. 49-57, 2013.

WALLACE, Robin A.; SELMAN, Kelly. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. American zoologist, v. 21, n. 2, p. 325-343, 1981.

WALLACE, Robin A.; SELMAN, Kelly. Ultrastructural aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. **Journal of electron microscopy technique**, v. 16, n. 3, p. 175-201, 1990.

WEST, Grant. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Marine and freshwater research, v. 41, n. 2, p. 199-222, 1990.

WOLLAM, Michael B. Larval wahoo, *Acanthocybium solandri* (Cuvier),(Scombridae) from the straits of Yucatan and Florida. Florida Department of Natural Resources, Division of Marine Resources, Marine Research Laboratory, 1969.

ZISCHKE, Mitchell T. A review of the biology, stock structure, fisheries and status of wahoo (*Acanthocybium solandri*), with reference to the Pacific Ocean. Fisheries Research, v. 119, p. 13-22, 2012.

ZISCHKE, Mitchell T. Uma revisão da biologia, estrutura de estoque, pesca e status do

wahoo (*Acanthocybium solandri*), com referência ao Oceano Pacífico. Fisheries Research ,v. 119, p. 13-22, 2012.

ZISCHKE, Mitchell Thomas. Stock structure, biology, fisheries and status of wahoo, *Acanthocybium solandri*, off eastern Australia. 2013.

ZUCKERMAN, SIR SOLLY. The development of the ovary and the process of oogenesis II franchi, anita m. Mandl and. The Ovary, v. 1, p. 1, 1962.

## 9. Capítulo II

### 9.1. Caracterização Morfológica das gônadas e desenvolvimento ovocitário do dourado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil

Morphological characterization of the gonads and ovocyte development of the dolphinfish *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758) (Perciformes: Coryphaenidae) of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil

Laboratório de Oceanografia Pesqueira, Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, Pernambuco, Av. Dom Manuel de  
Medeiros, 52171-900, Brasil

\* Correspondence: M.G. Barboza; email: marigo\_mes@hotmail.com

#### Abstract

Studies on the morphological changes that occur within the gonads are essential to adequately describe the reproductive cycle of the species, since this information is essential for the adoption of an efficient fisheries management. This study aimed to analyze the reproductive aspects of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) for a better understanding of its oogenesis, from specimens captured in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. A total of 132 histological slides covering the different phases of gonadal development were selected. It was possible to observe the formation of lipid vesicles near the periphery of the cytoplasm with the development of vitellogenic germ cells, from the alveolar cortical being observed until vitellogenesis III. Pre-vitellogenic oocytes exhibited diameters, on average, twice those observed in oogonia ( $p < 0,05$ ). For cortical alveolar oocytes in relation to vitellogenesis III, large statistical differences were observed ( $p < 0,05$ ). Oocyte diameter ranged from 13.49 to 422.68  $\mu\text{m}$  for the observed developmental stages. Also, it was identified that the species does not present a dynamic in ovarian organization, due to the presence of all cellular developmental stages, determining that ovarian development is asynchronous with a multiple spawning. Characterizing the different stages of oocyte development are extremely important to support the knowledge of the bioecological cycle of *Coryphaena hippurus*, an important fishery resource for the region.

**Key words:** Diameter, Development stages, Ovogenesis, Coryphaenidae, SPSPA

## Resumo

Estudos sobre as alterações morfológicas que ocorrem no interior das gônadas são fundamentais para descrever adequadamente o ciclo reprodutivo da espécie, pois se trata de informações imprescindíveis para a adoção de uma gestão pesqueira eficiente. O estudo teve como objetivo analisar os aspectos reprodutivos do dourado (*Coryphaena hippurus*) para um melhor entendimento de sua ovogênese, a partir de espécimes capturados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Foram selecionadas 132 lâminas histológicas já confeccionadas que abrangem as distintas fases de desenvolvimento gonadal. Foi possível observar a formação de vesículas lipídicas próximo a periferia do citoplasma com o desenvolvimento das células germinativas vitelogênicas, a partir do cortical alveolar sendo observado até a vitelogênese III. Os ovócitos pré-vitelogênicos exibiram diâmetros, em média, duas vezes maiores daqueles observados nas oogônias ( $p < 0,05$ ). Para os ovócitos alvéolos corticais em relação à vitelogênese III, foram observadas grandes diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ). O diâmetro dos ovócitos variou de 13,49 a 422,68  $\mu\text{m}$  para os estágios de desenvolvimento observados. Ainda, foi identificado que a espécie não apresenta uma dinâmica na organização ovariana, devido a presença de todos os estágios de desenvolvimento celulares, determinando que o desenvolvimento ovariano é assincrônico com uma desova múltipla. Caracterizar os diferentes estágios de desenvolvimento do ovócito são extremamente importantes para dar suporte ao conhecimento do ciclo bioecológico do *Coryphaena hippurus*, um importante recurso pesqueiro para a região.

**Palavras-chave:** Diâmetro, Estágios de desenvolvimento, Ovogênese, Coryphaenidae, ASPSP

## 10. Introdução

O dourado, *Coryphaena hippurus* (LINNAEUS, 1758), pertencente à família Coryphaenidae, apresenta distribuição circumtropical nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (BEARDSLEY, 1967; ROSE e HASSLER, 1968; CARPENTER, 2002). É uma espécie migratória, pelágica, de natação rápida, capaz de formar agregações em dispositivos de atração de peixes ou objetos flutuantes (DEMPSTER, 2004). A espécie possui elevado valor econômico, sendo intensivamente capturada pela pesca comercial e esportiva em todo o mundo (ERDMAN, 1956; ZANEVELD, 1961; SACCHI et al., 1981). A espécie tem uma extensa área de captura pela pesca comercial no Oceano Atlântico (PARKER et al., 2000; PRAGER, 2000), representando uma captura total de 4637 toneladas apenas para o Atlântico Ocidental (ICCAT, 2020).

No Brasil, a espécie é comumente capturada em toda costa brasileira, incluindo as ilhas oceânicas de Fernando de Noronha e Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (VIANA et al., 2008; VASKE-Jr, 2008) em que representou uma captura total de 764 toneladas para o país.

Em decorrência da importância comercial e ecológica da espécie, existe a crucial necessidade da geração de informações e investigações mais precisas sobre os seus aspectos biológicos (BROWN-PETERSON et al., 2000; OXENFORD et al., 2003; MCBRIDE et al., 2008), em particular sobre o seu desenvolvimento gonadal, fundamental para que se possa compreender adequadamente o seu ciclo reprodutivo, sendo estas informações imprescindíveis para a adoção de estratégias adequadas de gestão pesqueira, capazes de assegurar a conservação dos estoques e a sustentabilidade da pesca (ZUCKERMAN, 1962; RODRIGUES, 2005). O dourado é uma espécie gonocórica e sexualmente dimórfica (BREder e ROSEN 1966, MASSUTÍ e MORALES-NIN 1997), com a capacidade de produzir grandes lotes de ovos (OXENFORD, 1999). Diversos manuscritos foram publicados acerca da biologia reprodutiva da espécie no mundo (BEARDSLEY, 1967; MASSUTÍ e MORALES-NIN, 1995; POTOSCHI et al., 1999; CASTRO et al., 1999; WU et al., 2001; ALEJO-PLATA et al., 2011; ZÚÑIGA-FLORES et al., 2011), com a descrição das classificações das fases reprodutivas, fecundidade e época de desova da espécie. Contudo, no que diz respeito aos estudos relacionados ao detalhamento do desenvolvimento celular reprodutivo do dourado, esses ainda são incipientes.

Embora os resultados obtidos através dos estudos gerais sobre a biologia reprodutiva sejam de grande valia para uma melhor compreensão sobre a história de vida da espécie, ainda se faz necessário estudos sobre o processo da ovogênese da mesma a partir de análises com o uso de microscopia óptica, em que são melhor detalhadas as estruturas internas dos ovários e suas alterações morfológicas e biológicas, fundamentais para determinar o potencial reprodutivo da espécie. No que diz respeito ao desenvolvimento dos ovários da espécie, Potoschi et al. (1999) realizou um estudo no Mar Mediterrâneo, em que foi possível inferir que as alterações de algumas características macroscópicas como cor e forma da gônada não correspondiam a modificações histológicas importantes, que servem para descrever de forma adequada o desenvolvimento do órgão reprodutor da espécie. No Atlântico Oeste Central, com a análise morfométrica e morfológica celular, foi possível observar a presença de diversas classes de tamanho dos ovócitos no interior das gônadas que indica a produção de lotes, demonstrando que a espécie tem uma desova múltipla e um desenvolvimento assincrônico (Oxenford, 1999). Além disso, no Golfo do México, foram observadas pequenas larvas ao longo do ano, demonstrando que o dourado desova praticamente durante todo o ano nessa região (DITTY et al., 1994).

No Brasil, estudos sobre a reprodução da espécie já foi desenvolvido no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em que foi possível identificar uma maior atividade reprodutiva no primeiro semestre do ano, época que coincide com o aumento da temperatura da superfície do mar. No ASPSP, apesar do estudo agregar informações primordiais para compreender a reprodução da espécie como um todo, ainda são insuficientes os dados acerca da biologia reprodutiva da espécie, levando em consideração o tipo de desova da espécie, bem como os aspectos morfológicos que ocorrem no interior no órgão reprodutor. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar aspectos da biologia reprodutiva através de observações e caracterizações do desenvolvimento ovocitário da espécie capturada no entorno do Arquipélago de Pedro e São Paulo, com vistas a fornecer dados que permitam melhor compreender o seu ciclo reprodutivo.

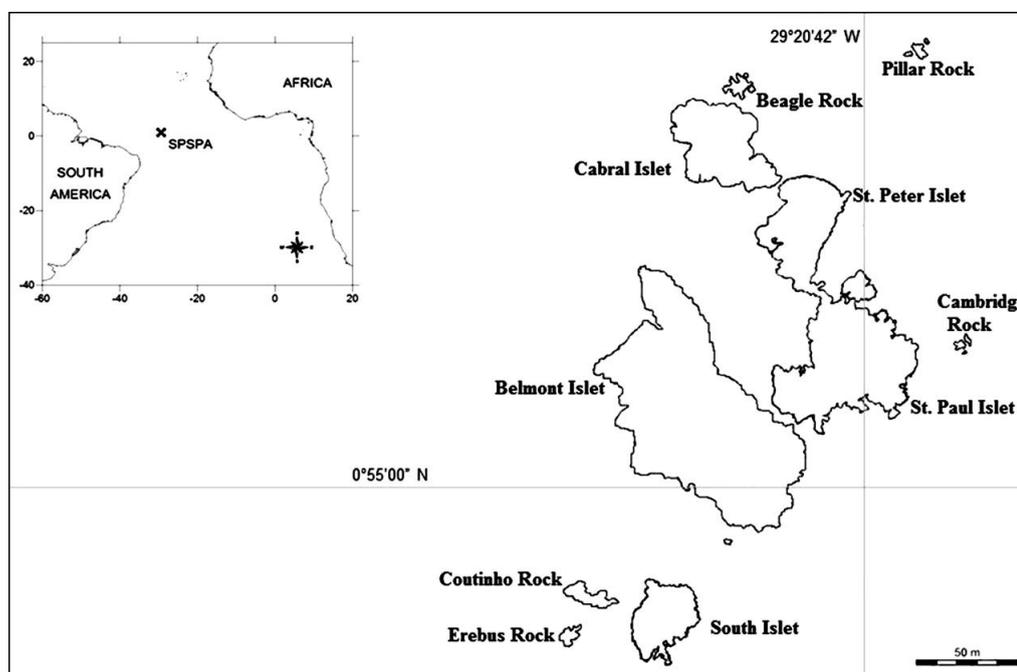
## **11. Material e métodos**

### **11.1. Área de estudo**

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (figura 8) está localizado a aproximadamente 1.100 km do Cabo de São Roque, na costa Nordeste do Brasil. Se trata de

um pequeno grupo de ilhas rochosas oceânicas de origem plutônicas (CAMPOS et al., 2005), situadas na Dorsal Mesoatlântica. Desde 2018, com o Decreto nº 9.313, foi instituída uma Área de Proteção Ambiental (APA) no ASPSP, que é uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável, com o objetivo básico de proteger a biodiversidade, estudar e garantir a sustentabilidade de seu uso . recursos naturais existentes, além disso, é necessário organizar a exploração pesqueira na área. Além disso, junto com a APA, existe o Monumento à Natureza (MONA), a Unidade de Conservação (UC) de proteção integral. Parte do arquipélago fica dentro do MONA, o que contribui essencialmente para a recuperação do estoque pesqueiro e monitoramento das espécies locais. Além das ilhas, grande parte do oceano também está incluída no MONA, a fim de ampliar a proteção dos ecossistemas de águas profundas (BRASIL, 2018).

Em razão de sua localização geográfica , entre os hemisférios norte e sul e entre os continentes americano e africano, é considerada de grande importância para diversas espécies migratórias, influenciando fortemente no ciclo de vida das mesmas tornando-se um lugar propício, seja para a reprodução quanto para a alimentação (VASKE-JR et al., 2003; CAMPOS et al., 2005), além de apresentar um alto nível de endemismo que configura a importância da conservação da biodiversidade do local(EDWARDS e LUBBOCK, 1983).



**Figura 8.** Mapa com a localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (adaptado de BEZERRA et al., 2013).

## **11.2. Coleta de dados**

As coletas das amostras do dourado no presente trabalho foram realizadas entre 2007 e 2011, através das capturas executadas por embarcações pesqueiras que atuaram nos arredores do ASPSP, utilizando como apetrechos de pesca, linha de mão e corrico. Foram coletadas as gônadas de 132 fêmeas e realizada o processo histológico através das confecções das lâminas. Com o objetivo de analisar o desenvolvimento ovariano de forma microscópica, foram selecionadas lâminas (80 para cada estágio observado), cujos ovários contemplaram as distintas fases de desenvolvimento gonadal da espécie.

## **11.3. Caracterização dos estágios maturacionais**

Os animais foram eviscerados e suas gônadas foram posteriormente fixadas em formaldeído a 10% (overnight), clivadas e refixadas em solução de formaldeído a 10% (totalizando 24 h) e preservada em álcool a 70%. As gônadas passaram por uma bateria de desidratação, onde foram colocados em diferentes concentrações de álcool (80%, 90%, 100% 1 e 2), da mesma forma para a diafanização (xilol 1 e 2), inclusão em resina e corte em micrótomo (6 µm). Para coloração, utilizou-se o método da hematoxilina-eosina (H.E).

Foi utilizado os critérios de classificação proposto por Brow-Peterson et al. (2011), e adaptado para a espécie (DOS SANTOS et al., 2014), para a descrição dos diferentes estágios e fases de desenvolvimento dos ovários encontrados.

## **11.4. Análise dos dados**

Foi utilizado o software Image J para digitalizar as imagens das lâminas histológicas selecionadas para a análise. Para isso, foram selecionados aleatoriamente lâminas histológicas em diferentes fases de desenvolvimento ovariano classificados no estudo. Foram mensurados o diâmetro de suas estruturas celulares, incluindo os núcleos (80 ovócitos de cada estágio por lâmina, para cada fase de desenvolvimento).

De acordo com Brown-Peterson et al. (2011), os estágios de desenvolvimento ovocitário foram classificadas da seguinte forma: oogônias, ovócitos primários, ovócitos alvéolo-corticais, ovócitos pré-vitelogênicos (perinucleolares), ovócitos vitelogênicos nas fases 1, 2 e 3, migração da vesícula germinativa (MVG), quebra da vesícula germinativa (QVG), ovócitos hidratados e foliculos pós-ovulatórios (FPO) (CÁRDENAS et al., 2008), levando em consideração a forma dos ovócitos, a relação núcleo-citoplasma e o grau de

atividade vitelogênica em que cada um se encontra. A distribuição em termos de frequência relativa (%) de cada estágio de desenvolvimento dos ovócitos nas diferentes fases de desenvolvimento ovariano foi verificada para determinar o tipo de desova da espécie. Para isso, foram medidos o tamanho médio dos ovócitos com núcleo visível de doze gônadas nas diferentes fases de desenvolvimento, 3 em cada fase (imaturos, desenvolvimento, capaz de desovar e regressão).

Ainda, foi calculada a mediana dos diâmetros das células (Dc), dos núcleos (Dn) para cada estágio de desenvolvimento e calculada a proporção DN/DC%, para determinar a relação núcleo-citoplasma. Com o objetivo de avaliar se existiram diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre os diâmetros das células e os núcleos, foi aplicado um teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias (teste de "Bartlett"). Após essa etapa, o teste não paramétrico de Wilcoxon foi aplicado.

## **12. Resultados**

### **12.1. Descrição microscópica do sistema reprodutor das fêmeas do *Coryphaena hippurus***

As gônadas do dourado são compostas por um tecido muscular liso que envolve todo o ovário e por uma membrana muscular que a partir dela é projetado uma extensão em direção ao centro do órgão que formará as lamelas ovígeras. As lamelas ovígeras são constituídas pelas células somáticas epiteliais que se tornarão com a evolução do desenvolvimento as células foliculares, com a função de sustentar as células germinativas durante todo o processo da ovogênese, havendo também nessa estrutura a presença de vasos sanguíneos poucos irrigados por todo o órgão.

Através de observações a respeito do desenvolvimento das células e suas alterações morfológicas, bem como de suas reações químicas ao corante utilizado, foi possível estabelecer 11 (onze) estágios de desenvolvimento germinativo: oogônias (OO), cromatina nucleolar (CN), cromatina perinucleolar (CPN), Cortical alveolar (CA), Vitelogênese primária (Vtg1), Vitelogênese secundária (Vtg2), Vitelogênese terciária (Vtg3), Migração da vesícula germinativa (MVG), Quebra da vesícula Germinativa (QVG), Ovócito hidratado (OH) e Ovócito atrésico (OA).

O início do desenvolvimento das células é caracterizado por diversas divisões meióticas (figura 9), entre as oogônias (figura 9a) e o ovócitos em crescimento primário

(figura 9 b, c). O começo do processo de vitelogênese é caracterizado pelo aparecimento de minúsculas vesículas lipídicas no citoplasma (figura 9d), que progressivamente aumentam de tamanho se propagando no citoplasma, assim como a partir do surgimento dos grânulos de proteínas (figura 9 e, f, g). Ao final do desenvolvimento da vitelogênese, é possível observar as vesículas de lipídios se fundirem, formando uma única gotícula no centro da célula germinativa, próximo ao núcleo, iniciando assim o processo de migração do núcleo para o polo celular (figura 9h). Após a migração do núcleo, ocorre a quebra da vesícula germinativa (figura 9i), situação essa em que se observa a condensação dos grânulos de proteína dando origem ao ovócito hidratado (figura 9j). Os diferentes estágios de desenvolvimento das células, baseado na descrição dos ovócitos, assim como a descrição dos diâmetros das estruturas estão presente na Tabela 4. Em todas as fases de desenvolvimento foram observadas células jovens, sendo encontradas em grande proporção nas fases iniciais de desenvolvimento.

**Tabela 4.** Sumário dos estágios de desenvolvimento ovocitário para o *Coryphaena hippurus*, capturado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, entre 2007 e 2011. Para cada estágio de desenvolvimento, foi calculado a mediana para os diâmetros dos ovócitos.

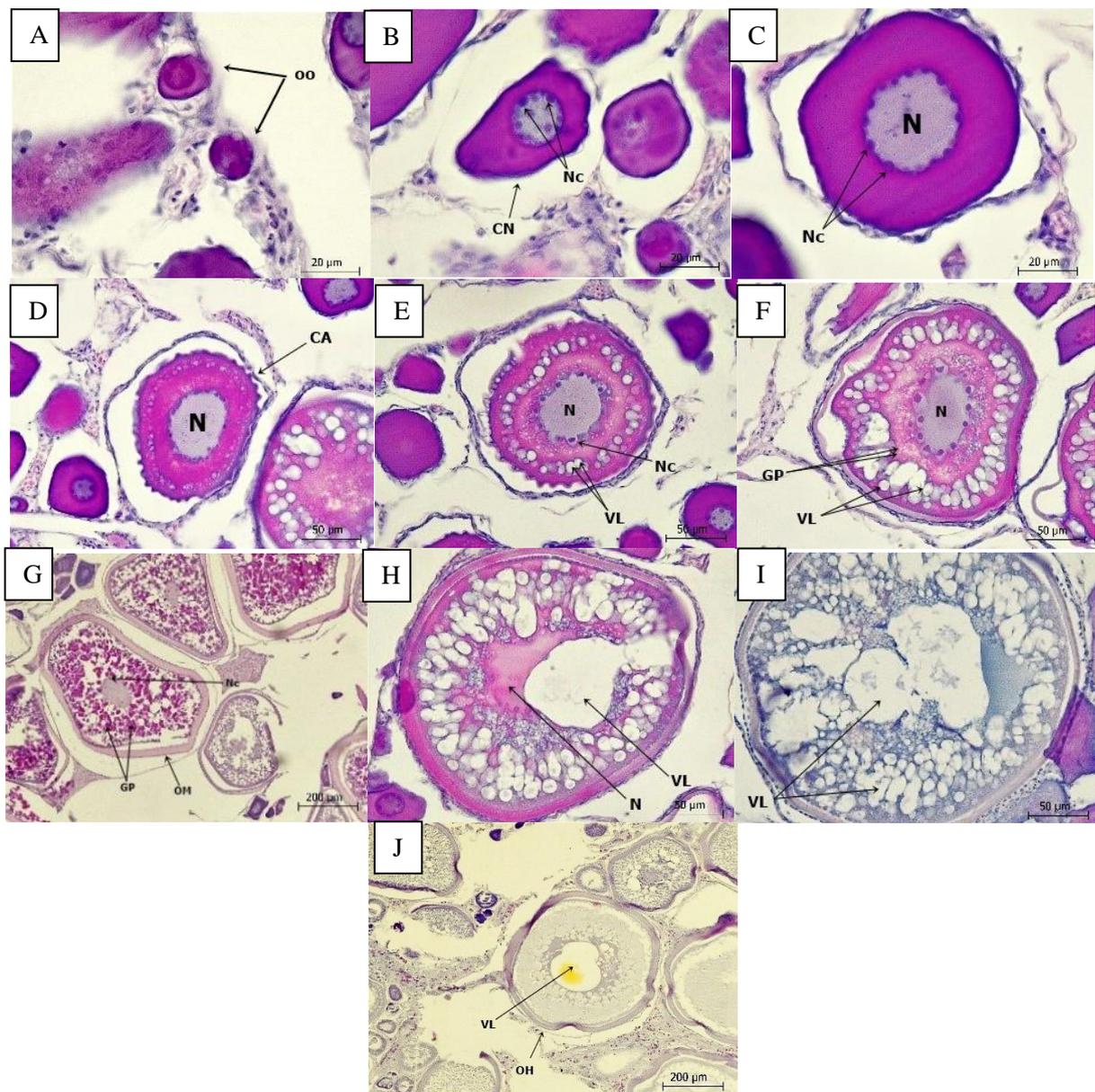
Estágios de desenvolvimento	Características	Diâmetro dos ovócitos (µm)
<b>Crescimento primário</b>		
Oogônias	Menor célula germinativa e pode ser encontrada em toda a extensão das gônadas, o núcleo é bem desenvolvido e o citoplasma em dimensões reduzidas. Pode ser observado no núcleo os nucléolos.	18 – 42,6 31,80
Cromatina nucleolar	O citoplasma está mais desenvolvido, de caráter basófilo, e o núcleo de forma acidófila. É possível observar vários nucléolos por todo o núcleo, caracterizado pela cromatina nucleolar.	41,5 – 71,8 58,41
Cromatina Perinucleolar	O citoplasma permanece basófilo e os nucléolos dessa vez são posicionados de forma organizada na periferia do núcleo. O núcleo se encontra definido e uniforme para esse estágio de desenvolvimento.	62,7 – 89,7 75,18
Cortical alveolar	É observado a formação de vesículas lipídicas esféricas próximo a periferia do citoplasma, que configura o início do desenvolvimento vitelínico. O citoplasma continua basófilo e com a cromatina na periferia do núcleo.	82,1 – 147,6 116,09
<b>Vitelogênese</b>		
Vitelogênese I	Vacúolos de lipídios são observados no citoplasma que apresenta uma menor basofilia. Os vacúolos de lipídios estão presentes por todo o citoplasma em grande maioria.	114,3 – 176,8 151,96
Vitelogênese II	Neste estágio, é possível observar os vacúolos de lipídios e os grânulos de proteínas em mesma proporção no conteúdo citoplasmático. Observa-se uma aderência dos vacúolos de lipídios a periferia do citoplasma nesse estágio de desenvolvimento	152,7 – 225 192,97
Vitelogênese III	Os grânulos de proteína estão em grande quantidade neste estágio, sendo mais evidentes. Os vacúolos de lipídios estão presentes em menor quantidade no citoplasma apesar de não se apresentarem de maneira mais aparente. O epitélio superficial se encontra de forma mais grosseira.	224,1 – 465,4 276,90
<b>Maturação do ovócito</b>		
Migração da vesícula germinativa (GVM)	Inicia-se a formação de uma gotícula de lipídio que é observada próximo ao núcleo. Se dá início à migração do núcleo para o polo animal, a micrópila.	235 – 360,8 280,01
Quebra da vesícula germinativa (GVBD)	Toda a migração do núcleo é feita sendo possível observar o início da formação de uma única gotícula de lipídio no	292,2 – 374,4 343,00

citoplasma que levará ao último estágio de desenvolvimento da célula germinativa

Hidratação

É possível visualizar apenas uma gotícula de lipídio no ovócito e todos os grânulos de proteína se fusionam, podendo-se observar uma camada de caráter acidófilo e quase todo homogêneo.

311,8 – 392,3  
349



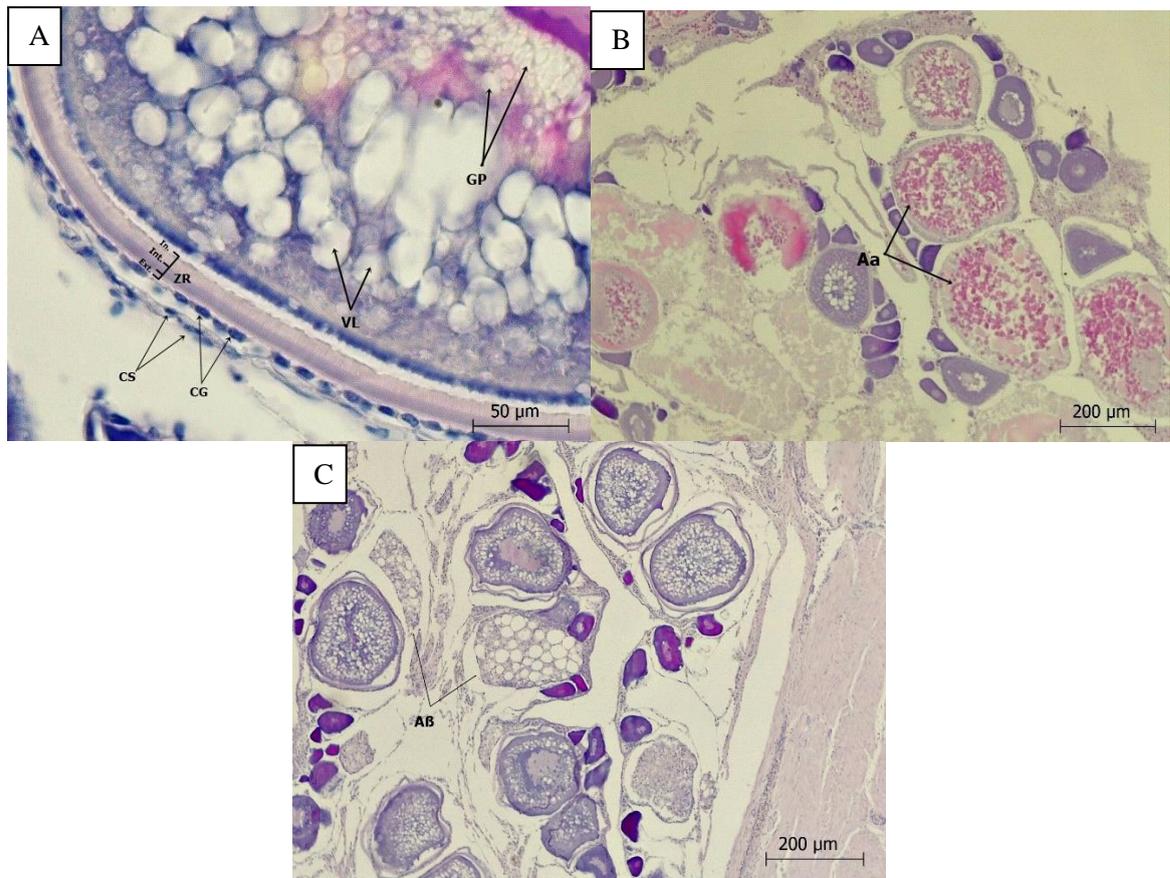
**Figura 9.** Fases de desenvolvimento ovocitário do *Coryphaena hipurus*, capturada no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 2007 e 2011: (A), (B) e (C) Estágio imaturo, com oogônias (OO), células ovócitos em crescimento primário (PG), com presença de ovócitos com cromatina nucleolar (CN) e perinucleolar (CPN); (D), (E) e (F) Estágio em desenvolvimento, apresentado ovócitos mais avançados na fase cortical alveolar (CA) constituídos por ovócitos em cortical alveolar (OCA), Vitelogênese I e II, respectivamente; (G) e (H) Estágio

Capaz de desovar, Vitelogênese III; (I) e (J) Estágio Desova Ativa, apresentando ovócitos com um único vacúolo de lipídio (VL), ovócitos com MVG e QVG, e OH. (GP) Grânulo de proteína, (N) Núcleo, (Nc) Nucléolos. Escala: 20 $\mu$ m (A a C), 50 $\mu$ m (D a F, H, I), 200 $\mu$ m (G e J).

Os ovócitos da espécie são compostos por um epitélio superficial, que é constituída pelas células da teca (CT) e pelas células da granulosa (GC), sendo observados na primeira e segunda camada mais externa dos ovócitos, respectivamente. Na porção interna, é possível observar a membrana vitelínica (MV) e as suas três camadas (externa, intermediária e interna) da Zona radiada (ZR), que envolve todo o citoplasma. Nos estágios mais avançados de desenvolvimento das células germinativas, é possível observar os vacúolos de lipídios e os grânulos de proteína no citoplasma (figura 10a).

Os diferentes estágios de reabsorção dos ovócitos ( $\alpha$  Atrésia e  $\beta$  Atrésia) foram observados para a espécie, apontando o fim do período reprodutivo, especialmente nas fases de desenvolvimento mais avançadas. Na atrésia  $\alpha$ , ocorre a quebra do envelope nuclear dispersando por todo o citoplasma o conteúdo nuclear da célula, caracterizada pelo primeiro evento atrésico visível no ovócito vitelínico. Os ovócitos apresentam um formato irregular neste estágio e são caracterizados pela decomposição das estruturas que formam o epitélio superficial, capazes de envolve a célula germinativa (células da teca, células da granulosa, membrana vitelínica e zona radiada). Apesar de ser encontrado em fases avançadas de desenvolvimento, as atresias observadas nas gônadas apresentaram tamanhos variados em seu diâmetro. Nessas estruturas, é possível observar os grânulos de proteína e gotículas de lipídios começando a coalescer sob a ação de hidrolases. Grânulos de proteínas e vacúolos de lipídios podem ser observados por toda a célula, como parte do processo de reabsorção da célula. Além disso, é possível notar que as atresias alfa conseguem estabelecer formatos mais regulares em comparação com as atresias mais avançadas, como as atresias beta. Para a atrésia  $\beta$ , o ovócito entra neste estágio completamente degradado, por isso é o estágio mais avançado de reabsorção das células, sendo possível observar a redução das estruturas que compõe o ovócito, apresentando pouco ou nenhum vacúolo e a ausência de lúmen. No betaatrésico, as células foliculares aparecem de forma desorganizada, algumas apresentam núcleos picnóticos, enquanto outras possuem vacúolos intracelulares supostamente vazios ou com um vacúolo preenchido de conteúdo amórfico. As células foliculares são envolvidas por uma camada fina de células tecas e vasos sanguíneos, por isso são observadas no fim do período reprodutivo, quando a reabsorção da célula tende a ser mais rápida (figura 10b e 10c). A composição celular dos estágios maturacionais para cada fase do desenvolvimento, caracterizada presença,

ausência e abundância de formações celulares, estão discriminadas na tabela 5.



**Figura 10.** Estruturas que compõe os ovários do *Coryphaena hippurus*, no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, entre 2007 e 2011. (A) Epitélio superficial, constituído por células da teca (CS), células da granulosa (CG) e a zona radiada (ZR), constituída por três zonas: Externa (Ex.), Intermediária (Int.) e interna (In.). Em fases avançadas, o citoplasma é constituído por vacúolos de lípidio (VL) e grânulos de vitelo (GV); (B e C) Atresia  $\alpha$  e  $\beta$ .

**Tabela 5.** Composição celular dos estágios maturacionais do *Coryphaena hippurus* para cada fase de desenvolvimento (A\*= Abundante, A=Ausente, P= Presente). (OO) oogônias, (CP) crescimento primário, (CA) cortical alveolar, (VTG1) vitelogênese 1, (VTG2) vitelogênese 2, (VTG3) vitelogênese 3, (MVG) migração da vesícula germinativa, (QVG) quebra da vesícula germinativa, (OH) ovócito hidratado, (A) atresia.

Fases	Estágios de Desenvolvimento					
	Imaturo	Desenvolvimento	Capaz de Desovar	Desova Ativa	Regressão	Regeneração
OO	A*	A*	P	P	P	P
CP	A*	A*	P	P	P	P
CA	A	A*	P	P	P	P
VTG1	A	A*	P	P	P	A
VTG2	A	P	A*	A*	P	A
VTG3	A	A	A*	A*	P	A
MVG	A	A	A*	A*	A	A
QVG	A	A	A	A*	A	A
OH	A	A	A	A*	A	A
A	A	A	P	A*	A*	A
POF	A	A	A	P	A*	P

Em todas as fases de desenvolvimento foi possível observar as oogônias (OO) e os estágios de desenvolvimento em crescimento primário (CN, CPN). Não foi possível identificar nenhum outro estágio de desenvolvimento na fase imatura além das células jovens, oogônias, e das células em crescimento primário (cromatina nucleolar e perinucleolar), características da fase inicial de desenvolvimento. Gônadas com a presença do Cortical Alveolar (CA) são caracterizadas como o início do desenvolvimento maturacional definidos como fase em desenvolvimento, além de ser possível observar a presença da vitelogênese II e a abundância da vitelogênese I. Na fase de desenvolvimento capaz de desovar, as gônadas da espécie contém uma abundância significativa dos estágios vitelogênicos II e III e migração da vesícula germinativa (MVG), além da presença de POFs, apesar de ser em pequena quantidade, e atresias em grande quantidade na desova ativa. Para a fase em regressão, as atresias (novas e tardias) e os POFs são numerosos e para o estágio em regeneração, foi possível observar alguns POFs antigos, que determina o início de um novo processo da ovogênese das células maturacionais.

### **12.3. Diâmetro dos ovócitos e relação núcleo citoplasma para fêmeas do *Coryphaena hippurus***

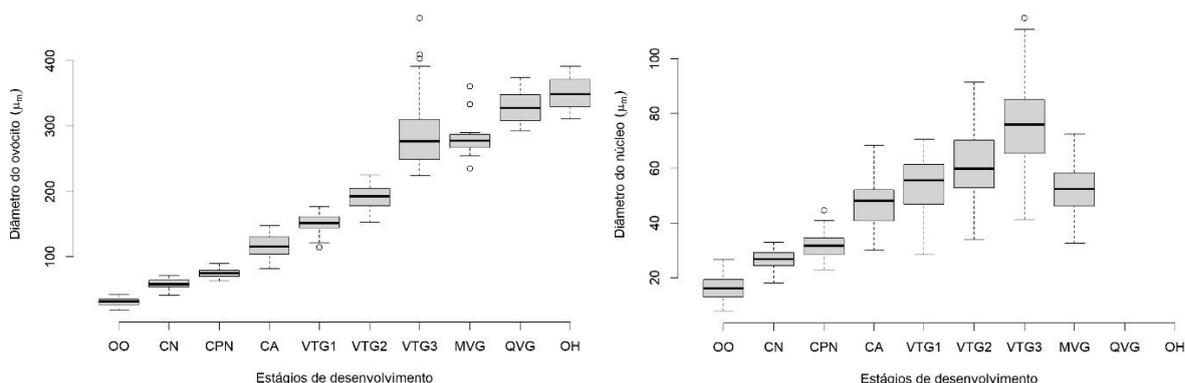
Foi possível observar que o diâmetro dos estágios de desenvolvimento analisados seguia uma tendência a aumentar com o decorrer de seu desenvolvimento. Para os ovócitos pré-vitelogênicos, exibiram diâmetros, em média, duas vezes maiores daqueles observados nas oogônias ( $p < 0,05$ ). Para os ovócitos alvéolos corticais em relação diâmetro dos vitelogênico I, foram observados uma menor diferença quando comparados ( $p < 0,05$ ). Quando analisado os diâmetros dos ovócitos alvéolos corticais em relação à vitelogênese III, foi possível observar uma diferença estatística de ( $p < 0,05$ ), pois o diâmetro mensurado foi duas vezes maior que a mesma medida para os ovócitos alvéolos corticais. Quando analisado o diâmetro celular nos núcleos dos alvéolos corticais e vitelogênico I, foi possível observar uma diferença estatística, apesar de ser menor quando comparado aos outros estágios ( $p < 0,05$ ). Diâmetros da célula e núcleo diferiram estatisticamente em todos os estágios (Wilcoxon,  $p < 0,05$ ).

Nas oogônias, o núcleo representou mais de 50% da composição da célula, mudando constantemente com o passar do desenvolvimento das células germinativas. O diâmetro das células germinativas cresce de forma constante. Para os ovócitos em crescimento primário (cromatina nucleolar e a cromatina perinucleolar), foi observado uma relação núcleo-

citoplasma abaixo dos 50% quando comparado com as oogônias (tabela 6).

**Tabela 6.** Diâmetro (mediana) em  $\mu\text{m}$  dos ovócitos e dos núcleos para cada estágio de desenvolvimento celular da *C. hippurus*. Legenda: Oogônias (OO), Cromatina Nucleolar (CN), Cromatina Perinucleolar (CP), Cortical Alveolar (CA), Vitelogênese I (Vtg I), Vitelogênese II (Vtg II), Vitelogênese III (Vtg III), Quebra da Vesícula Germinativa (QVG), Migração da Vesícula Germinativa (MVG), Ovócito Hidratado (HO), N = número de células, DC = Diâmetro da célula, DN = Diâmetro do núcleo

Estágios	N	DC	Mín	Máx	DN	Mín	Máx	DN/DC%
OO	80	31,80	18	42,6	16,09	7,7	26,7	50,60
CN	80	58,41	41,5	71,8	26,83	18	32,9	45,93
CPN	80	75,18	62,7	89,7	31,76	22,9	44,5	42,25
CA	80	116,09	82,1	147,6	48,04	29,9	68,2	41,38
VTGI	80	151,96	114,3	176,83	55,63	28,3	70,6	36,61
VTGII	80	192,97	152,7	225	59,89	33,97	91,46	31,04
VTGIII	80	276,90	224,1	365,4	76,00	41,2	114,9	27,45
MGV	80	280,01	235	360,8	52,04	32,6	72,5	18,85
QVG	80	343,00	292,2	374,4				
OH	80	349	311,8	392,3				



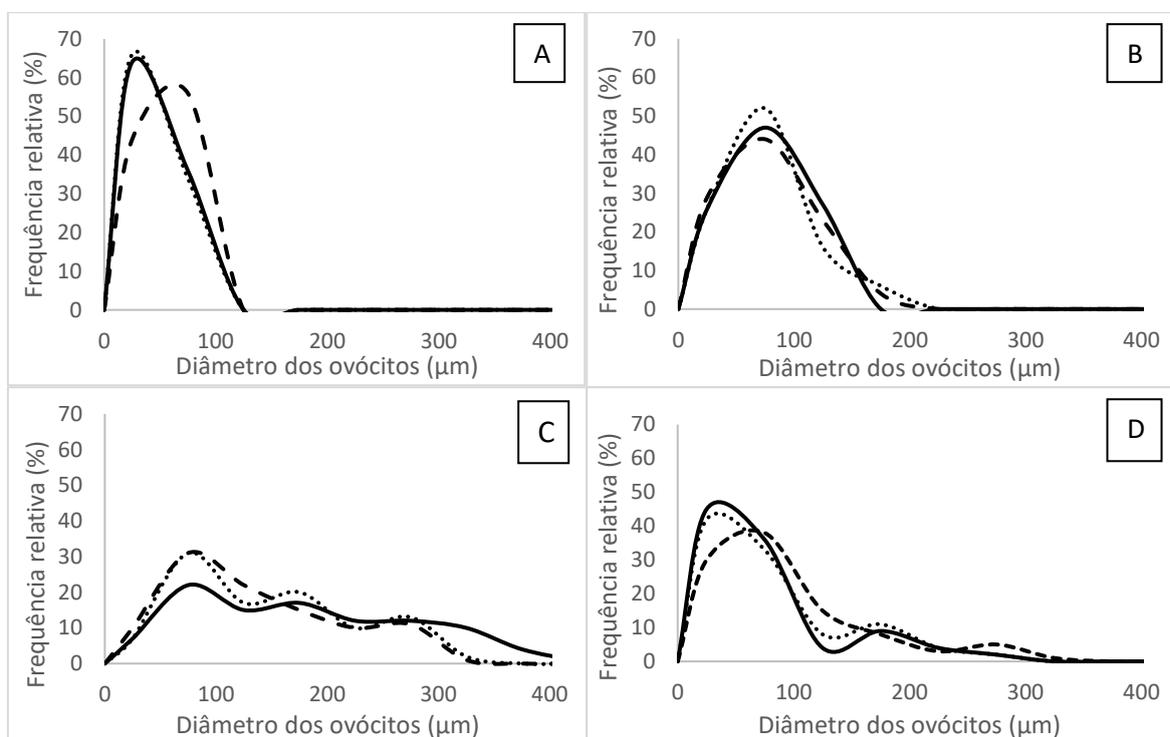
**Figura 11.** Representação gráfica dos diâmetros das células e dos núcleos dos estágios de desenvolvimento do *Coryphaena hippurus*.

#### 12.4. Tipo de desova das fêmeas do *Coryphaena hippurus*

Para a espécie, os diâmetros dos ovócitos variaram de 13,49 a 392,3  $\mu\text{m}$ . Os ovários imaturos apresentaram ovócitos de até 91,62  $\mu\text{m}$  de diâmetro e ovários na fase em desenvolvimento obtiveram medidas de diâmetros com até 170,56  $\mu\text{m}$ . Para os ovários na fase de desenvolvimento capaz de desovar e em regressão, foram obtidos diâmetros de ovócitos em maior tamanho, com medidas de até 422,68  $\mu\text{m}$  e 362,42  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Os ovócitos em crescimento primário foram encontrados em pequeno número nos ovários capazes de desovar quando comparados aos ovários em regressão, diferentemente dos ovócitos em vitelogênese avançada que estão em maior número nos ovários em regressão.

Foi possível observar a formação de lotes na distribuição de frequência de tamanho

dos estágios de desenvolvimento (figura 12), ou seja, à medida que ocorre o amadurecimento da célula, existe a criação de um número maior de ovócitos em diferentes fases. Foi observado que o dourado não apresenta uma dinâmica na organização ovariana, tendo a presença de todos os estágios de desenvolvimento celular em sua composição. A espécie apresenta um aumento dos lotes de forma sincrônica em diâmetro até a desova, determinando que o desenvolvimento ovariano é sincrônico em mais de dois grupos com uma desova múltipla, características essas de espécies que desovam durante todo o ano, com a presença de intervalos entre elas.



**Figura 12.** Frequência de distribuição do diâmetro dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) de fêmeas do *Coryphaena hippurus*, capturados no Arquipélago de São Paulo e São Paulo, entre 2007 e 2011. (A) Imaturo, (B) Em desenvolvimento, (C) Capaz de desovar e (D) Em regressão.

### 13. Discussão

Descrever de forma mais precisa e detalhada os aspectos relacionados à biologia reprodutiva da espécie se torna fundamental para a realização de uma avaliação e uma gestão eficaz dos estoques pesqueiros explorados (VITALE et al., 2006). Embora as fases de desenvolvimento gonadal baseado na morfologia externa dos ovários seja o mais simples e rápido método de estudo, por essa razão o mais aplicado, trabalhos sobre a atividade

reprodutiva de uma espécie precisam ser validados por uma análise histológica dos tecidos, a fim de garantir um melhor detalhamento das fases reprodutivas da espécie (WEST, 1990). Frequentemente, é possível observar que os aspectos macroscópicos das gônadas seguem um padrão classificatório, os quais irão depender da metodologia utilizada para realizar a análise (VAZZOLER, 1996; BROWN-PETERSON et al., 2011). Entretanto, é possível perceber que os estágios de desenvolvimento, em que são analisadas as células germinativas e suas estruturas, podem sofrer modificações que serão averiguadas de acordo com a espécie a ser estudada. Ademais, investigações acerca dos estágios de desenvolvimento enquanto suas particularidades em detrimento a sua morfologia ainda são escassas.

As fases de desenvolvimento ovocitário, são descritos por diversos autores, levando em consideração a presença de células em estágios de desenvolvimento específicos, a exemplo, células em alvéolo cortical, utilizado para classificar a fase “em desenvolvimento”, como foi observado no presente trabalho. No presente estudo, foi possível realizar a descrição de onze estágios de desenvolvimento celular. Embora essas estruturas não sejam frequentemente descritas em trabalhos sobre reprodução, pode-se considerar que as mesmas seguem um padrão estabelecido para outras espécies (FARREL et al., 2012; FISH et al., 2020). Nos estudos relacionados ao desenvolvimento ovocitário em peixes, é possível identificar que os alvéolos corticais das espécies iniciaram o seu desenvolvimento na periferia do citoplasma, migrando para o centro da célula no decorrer da sua modificação. Assim, essas estruturas estão inicialmente na periferia da célula e gradualmente se expande em direção ao núcleo (GANECO et al., 2001; FÁVARO et al., 2005; GONÇALVES et al., 2006), corroborando com o que foi descrito neste trabalho.

Embora alguns estudos descrevam que pode haver a presença de atresias em qualquer fase de desenvolvimento, que provavelmente influenciaria no recrutamento dos ovócitos que estão se desenvolvendo (RYAN, 1981; VALDEBENITO, 2011; GANIAS et al., 2008), a ocorrência da atresia para o dourado só foi visível em fases avançadas de desenvolvimento. A presença desses ovócitos atrésicos pode estar relacionada à disponibilidade de alimento reduzida em uma determinada região, além de condições ambientais desfavoráveis, como temperatura, que podem vir a influenciar no ganho de energia, no metabolismo e nas condições ideais para a reprodução da espécie (SKJAERAASEN et al., 2013; CORRIERO et al., 2011; RIDEOUT e TOMKIEWICZ, 2011). Embora exista a presença de ovócitos em atresia nas gônadas do dourado em desenvolvimento, essas estruturas não estão presentes em grande número nos tecidos analisados, sugerindo que o desempenho reprodutivo da espécie

não foi comprometido.

Com o desenvolvimento celular dos ovócitos no ovário do *C. hippurus*, foi possível observar que os diâmetros encontrados determinaram alterações no citoplasma das células. Essas modificações estão relacionadas ao tamanho e composição de suas estruturas desencadeadas pelo processo da vitelogênese, através da hidratação dos ovócitos, acarretando, conseqüentemente, a expansão do volume celular, que é deflagrada pelas proteínas vitelínicas por meio da proteólise, assimilada nos ovócitos através de endocitose mediada por receptores (ABASCAL e MEDINA, 2005; SHINOZAKI, 2008). De acordo com Wallace e Selman (1985), a captação das proteínas para a formação do vitelo se finda no momento da quebra da vesícula germinativa, no entanto, ainda foi possível observar maiores diâmetros em ovócitos hidratados para a espécie no presente estudo. Contudo, esse fato pode ser explicado pelo desenvolvimento da célula em questão ter sido apenas visualizada no estudo na fase hidratada de desova eminente, ou seja, houve a quebra da vesícula germinativa para que a célula reprodutiva iniciasse o processo de hidratação, evidenciando assim que as células prontas para desovarem apresentam uma classe de diâmetros semelhantes a classificação da QVG.

A sobreposição dos intervalos dos diâmetros durante as fases avançadas de desenvolvimento, foi observada para o dourado no ASPSP. Essa sobreposição dos intervalos dos diâmetros pode ser explicada provavelmente pela separação dos grupos que estão na vitelogênese III e os grupos que iniciaram a migração da vesícula germinativa, que possivelmente irão ser desovados em breve, dando origem aos lotes subsequentes. Tais resultados corroboram com a afirmação feita por Zudaire et al. (2013), em que a variação do diâmetro médio dos ovócitos em vitelogênese III está relacionado ao desenvolvimento do grupo que irá compor o lote de células que serão desovadas, ocasionado assim, o sucesso reprodutivo da espécie. O *Coryphaena hippurus*, no presente estudo, apresentou um desenvolvimento ovariano sincrônico em mais de dois grupos com uma desova múltipla no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Segundo Alejo-Plata et al (2011), em um estudo realizado no México, a espécie possui uma estação de desova longa e desovas múltiplas, podendo desovar por todoo ano em condições de qualidade da água e nutrição adequadas. Já Shcherbachev (1973) abordou que o dourado são criadores intermitentes, ou seja, que se reproduzem e dão pequenos intervalos e recomeçam novamente, que aparentemente parecem desovar o ano todo em águas tropicais. Tais características reprodutivas são relacionadas a espécies que desovam durante todo o ano. Esses intervalos podem estar relacionados ao período em que os novos lotes a serem liberados estão finalizando o seu desenvolvimento

germinativo. Este fato fornece evidências que ocorre recrutamento contínuo de ovócitos e estoque permanente de ovócitos em desenvolvimento, sendo considerada uma estratégia reprodutiva para o dourado no ASPSP. Portanto, o ovário após a maturidade apresenta ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento ovocitário (REID e HOLDWAY, 1995), confirmando assim, o tipo de desova para a espécie em estudo.

Além disso, de acordo com Moltó et al. (2020), desovas realizadas ao longo do ano podem ser explicada pela tentativa de sincronizar a desova com o período do ano em que o calor é predominante, pois a temperatura pode ser a chave e o principal fator abiótico que desencadeia o processo reprodutivo do dourado, através de mecanismos de mistura da água que propicia o enriquecimento das águas para alimentação. Ademais, Campos et al. (1993) indicou em seu estudo que o *C hippurus* tem provavelmente uma sincronia entre a reprodução e recursos atmosféricos e oceanográficos particulares, como temperatura e mistura da água (BOYTON et al. 1982 apud CAMPOS et al., 1993). O mesmo pode ser observado para a espécie no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, em que a temperatura pode ser um fator determinante para o desenvolvimento reprodutivo da espécie (DOS SANTOS et al., 2014).

Devido às suas especificidades, o Arquipélago de São Pedro e São Paulo fornece um ambiente propício e favorável para diversas espécies, tanto para alimentação, quanto para a reprodução. Portanto, por se tratar de uma espécie altamente migratória, o *Coryphaena hippurus* estaria continuamente a procura das melhores condições, se caracterizando como uma espécie agregadora nas proximidades do ASPSP. Apesar de complexo, os resultados aqui obtidos são de suma importância para o conhecimento dos aspectos reprodutivos da espécie e servirão como suporte para outros estudos sobre a biologia reprodutiva, em especial, sobre o processo da ovogênese e suas características.

#### 14. Referências

- ABASCAL, Francisco J.; MEDINA, Antonio. Ultrastructure of oogenesis in the bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. *Journal of Morphology*, v. 264, n. 2, p. 149-160, 2005.
- ALEJO-PLATA, Carmen; DÍAZ-JAIMES, Píndaro; SALGADO-UGARTE, Isaías H. Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) captured in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Fisheries Research*, v. 110, n. 1, p. 207-216, 2011.
- BEARDSLEY JR, Grant L. Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia*, p. 441-451, 1967.
- BOYNTON, W. R.; KEMP, W. M.; KEEFE, C. W. A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. In: *Estuarine comparisons*. Academic Press, 1982. p. 69-90.
- BREDER, Charles M. et al. Modes of reproduction in fishes. 1966.
- BROWN-PETERSON, Nancy J. et al. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. **Marine and Coastal Fisheries**, v. 3, n. 1, p. 52-70, 2011.
- BROWN-PETERSON, Nancy J.; FRANKS, James S.; BURKE, A. MEAGHIN. Observações preliminares sobre a biologia reprodutiva do wahoo, *Acanthocybium solandri*, do norte do Golfo do México e Bimini, Bahamas. 2000.
- CAMPOS, Jorge A. et al. Ecología básica de *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) y abundancia de otros grandes pelágicos en el Pacífico de Costa Rica. *Revista de biología tropical*, p. 783-790, 1993.
- CAMPOS, Thomas Ferreira da Costa et al. Arquipélagos de São Pedro e São Paulo: soerguimento tectônico de rochas infracrustais no Oceano Atlântico. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: SIGEP, 2005. 12 p., 2005.**
- CÁRDENAS, R. et al. Oocyte structure and ultrastructure in the Mexican silverside fish *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniforme: Atherinopsidae). **Revista de biología tropical**, v. 56, n. 3, p. 1371-1380, 2008.
- CARPENTER, Kent E.; DE ANGELIS, Nicoletta (Ed.). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations, 2002.
- CASTRO, J. J.; SANTIAGO, J. A.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, Vicente. Fish associated with fish aggregation devices off the Canary Islands (Central-East Atlantic). *Scientia Marina*, v. 63, n. 3-4, p. 191-198, 1999.
- CORRIERO, A. et al. Evidence that severe acute stress and starvation induce rapid atresia of ovarian vitellogenic follicles in Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L.)(Osteichthyes: Scombridae). *Journal of Fish Diseases*, v. 34, n. 11, p. 853-860, 2011.
- DEMPSTER, Tim. Biology of fish associated with moored fish aggregation devices (FADs): implications for the development of a FAD fishery in New South Wales, Australia. *Fisheries*

Research, v. 68, n. 1-3, p. 189-201, 2004.

DITTY, J. G. et al. Larval development, distribution, and abundance of common dolphin, *Coryphaena hippurus*, and pompano dolphin, *C. equiselis*(family: coryphaenidae), in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, v. 92, n. 2, p. 275-291, 1994.

DOS SANTOS, Andrea Carla Lira et al. Reproductive biology of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Actinopterygii: Coryphaenidae), in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. *Scientia Marina*, v. 78, n. 3, p. 363-369, 2014.

EDWARDS, Alasdair; LUBBOCK, Roger. Marine zoogeography of St Paul's Rocks. *Journal of Biogeography*, p. 65-72, 1983.

ERDMAN, Donald S. Recent fish records from Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science*, v. 6, n. 4, p. 315-340, 1956.

FARRELL, Edward D. et al. Oocyte development and maturity classification of boarfish (*Capros aper*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, v. 69, n. 4, p. 498-507, 2012.

FÁVARO, Luís F. et al. Reproduction of the Madamango sea catfish, *Cathorops spixii* (Agassiz)(Siluriformes, Ariidae), of the Pinheiros Bay, estuarine coastal area of Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 22, p. 1022-1029, 2005.

FISH, Teresa et al. A comprehensive description of oocyte developmental stages in Pacific halibut, *Hippoglossus stenolepis*. *Journal of Fish Biology*, v. 97, n. 6, p. 1880-1885, 2020.

GANECO, Luciana et al. Análise morfológica do desenvolvimento ovocitário de piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, durante o ciclo reprodutivo. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 27, n. 2, p. 131-138, 2018.

GANIAS, Konstantinos; NUNES, C.; STRATOUDAKIS, Y. Use of late ovarian atresia in describing spawning history of sardine, *Sardina pilchardus*. *Journal of Sea Research*, v. 60, n. 4, p. 297-302, 2008.

GONÇALVES, T. L.; BAZZOLI, N.; BRITO, M. F. G. Gametogenesis and reproduction of the matrinxã *Brycon orthotaenia* (GÜNTHER, 1864)(PISCES: CHARACIDAE) in the São Francisco River, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, p. 513-522, 2006.

GRIER, Harry J.; URIBE-ARANZÁBAL, M. C. The testis and spermatogenesis in teleosts. *Reproductive biology and phylogeny of fishes (agnathans and bony fishes)*, v. 8, p. 119-142, 2009.

JOBLING, S. et al. Altered sexual maturation and gamete production in wild roach (*Rutilus rutilus*) living in rivers that receive treated sewage effluents. *Biology of reproduction*, v. 66, n. 2, p. 272-281, 2002.

KING, M. *Fisheries Biology Assessment and Management*. Black Well Science. Link: <https://bit.ly/2SXrKYy>, 1995.

MASSUTÍ, Enric; MORALES-NIN, Beatriz. Otolith microstructure, age, and growth patterns of dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the western Mediterranean. 1999.

MASSUTÍ, Enric; MORALES-NIN, Beatriz. Seasonality and reproduction of dolphin-fish

(*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean. 1995.

MCBRIDE, Richard S.; RICHARDSON, Adam K.; MAKI, Kristin L. Age, growth, and mortality of wahoo, *Acanthocybium solandri*, from the Atlantic coast of Florida and the Bahamas. *Marine and Freshwater Research*, v. 59, n. 9, p. 799-807, 2008.

MOLTÓ, Vicenç et al. Uma revisão global sobre a biologia do doirado (*Coryphaena hippurus*) e sua pesca no Mar Mediterrâneo: avanços nas últimas duas décadas. *Avaliações em Fisheries Science & Aquaculture*, v. 28, n. 3, pág. 376-420, 2020.

OXENFORD, Hazel A. ; MURRAY, Peter A. ; LUCKHURST, Brian E. A biologia do wahoo (*Acanthocybium solandri*) no Atlântico centro-oeste. *Gulf and Caribbean Research*, v. 15, n. 1, pág. 33-49, 2003.

OXENFORD, Hazel A. Biology of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic: a review. *Scientia Marina*, v. 63, n. 3-4, p. 277-301, 1999.

PARKER, C. et al. Assessment of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fishery using eastern Caribbean data. In: *Caribbean pelagic and reef fisheries assessment and management workshop report*. Barbados, WI. 2001. p. 41-54.

POTOSCHI, A.; RENONES, O.; CANNIZZARO, L. Sexual development, maturity and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western and central Mediterranean. *Scientia Marina*, v. 63, n. 3-4, p. 367-372, 1999.

PRAGER, M. H. Exploratory assessment of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, based on US landings from the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. NMFS-SEFSC, Beaufort, North Carolina, 2000.

REID, H. P.; HOLDWAY, D. A. Early development of the Australian crimson-spotted rainbowfish, *Melanotaenia fluviatilis* (Pisces: Melanotaeniidae). *Marine and Freshwater Research*, v. 46, n. 2, p. 475-480, 1995.

RIDEOUT, Rick M.; TOMKIEWICZ, Jonna. Skipped spawning in fishes: more common than you might think. *Marine and Coastal Fisheries*, v. 3, n. 1, p. 176-189, 2011.

RODRIGUES, PAULO PINHEIRO. Aspectos reprodutivos do robalo peba, *Centropomus parallelus*, na foz do rio doce, Linhares/ES. Universidade Federal do Espírito Santo Centro de Ciências Humanas e Naturais Departamento de Ecologia e Recursos Naturais Curso de Graduação em Oceanografia, 2005.

ROSE, Curt D.; HASSLER, W. W. Age and growth of the dolphin, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 97, n. 3, p. 271-276, 1968.

RYAN, R. Follicular atresia: some speculations of biochemical markers and mechanism. *Dynamics of ovarian function*, p. 1-11, 1981.

SHCHERBACHEU, Y. N. The biology and distribution of the dolphins (Pisces, Coryphaenidae). *Vopr. Ikhtiol.*, v. 13, p. 219-230, 1973.

SHINOZAKI-MENDES, Renata A. et al. Reproductive biology of the squirrelfish, *Holocentrus adscensionis* (Osbeck, 1765), caught off the coast of Pernambuco, Brazil.

Scientia Marina, v. 71, n. 4, p. 715-722, 2007.

SKJÆRAASEN, Jon Egil et al. Size-, energy-and stage-dependent fecundity and the occurrence of atresia in the Northeast Arctic haddock *Melanogrammus aeglefinus*. Fisheries research, v. 138, p. 120-127, 2013.

THORPE, J. E. et al. Control of maturation in cultured Atlantic salmon, *Salmo salar*, in pumped seawater tanks, by restricting food intake. Aquaculture, v. 86, n. 2-3, p. 315-326, 1990.

VALDEBENITO, I. et al. Atresia folicular em peixes teleósteos: uma revisão. Archivos de medicina veterinaria , v. 43, n. 1, pág. 11-25, 2011.

VASKE JR, Teodoro et al. A pesca comercial de peixes pelágicos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Tropical Oceanography Online, v. 36, p. 47-54, 2008.

VASKE JÚNIOR, Teodoro; VOOREN, Carolus; LESSA, Rosângela. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. B. Inst. Pesca, p. 173-181, 2003.

VASKE-JR, T. Arquipélago de São Pedro e São Paulo: histórico e recursos naturais/Teodoro Vaske Júnior et al. **Fortaleza: NAVE/LABOMAR UFC**, 2010.

VAZZOLER, A. E. A. M. et al. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: Eduem, v. 169, 1996.

VIANA, D. L. et al. The wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of the Saint Peter and Saint Paul archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Col Vol Sci Pap ICCAT, v. 62,p. 1662-1670, 2008.

VIANA, D. L. et al. Wahoo *Acanthocybium solandri* fishery in the vicinity of Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil, from 1998 to 2006. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, v. 62, n. 5, p. 1662-1670, 2008.

VITALE, F.; SVEDÄNG, H.; CARDINALE, M. Histological analysis invalidates macroscopically determined maturity ogives of the Kattegat cod (*Gadus morhua*) and suggests new proxies for estimating maturity status of individual fish. ICES Journal of Marine Science, v. 63, n. 3, p. 485-492, 2006.

WALLACE, Robin A.; SELMAN, Kelly. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. American zoologist, v. 21, n. 2, p. 325-343, 1981.

WEST, Grant. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Marine and freshwater research, v. 41, n. 2, p. 199-222, 1990.

WU, Chuen-Chi; SU, Wei-Cheng; KAWASAKI, Tsuyoshi. Reproductive biology of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. Fisheries science, v. 67, n. 5, p. 784-793, 2001.

ZANEVELD, JACQUES S. The fishery resources and the fishery industries of the Netherlands Antilles. 1962.

ZUCKERMAN, SIR SOLLY. The development of the ovary and the process of oogenesis II franchi, anita m. Mandl and. The Ovary, v. 1, p. 1, 1962.

ZUDAIRE, Iker et al. Reproductive potential of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western Indian Ocean. 2013.

ZÚÑIGA-FLORES, Marcela S. et al. Reproductive dynamics of the common dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the southern Gulf of California. *Marine Biology Research*, v. 7, n. 7, p. 677-689, 2011.

## 15. Considerações finais

Ambos as espécies, *A. solandri* e *C. hippurus*, capturados no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil, apresentam células germinativas e formação distintas de seus ovários, possibilitando a identificação dos estágios de desenvolvimento ovocitário.

Foi estabelecido para ambas as espécies seis fases de desenvolvimento ovariano para fins classificatórios: imaturo, em desenvolvimento, capaz de desovar, desova ativa, regressão e regeneração. Para a classificação das células germinativas, foram observados onze estágios de desenvolvimento ovocitário: oogônias, ovócitos em crescimento primário (cromatina nuclear e perinucleolar), alvéolo cortical, vitelogênese I, II, III, migração e quebra da vesícula germinativa e ovócitos hidratados, ovócitos atrésicos.

A formação das vesículas lipídicas no decorrer do desenvolvimentos das células germinativas apresentaram distintas características para as espécies. Para a Cavala, observou-se que as vesículas lipídicas se formavam próximo ao núcleo, enquanto para o dourado, o mesmo ocorre próximo a periferia do citoplasma.

Para o *C. hippurus*, foram observados uma grande presença de ovócitos atrésicos na desova ativa. Apesar de ser encontrado em fases avançadas de desenvolvimento, as atresias observadas nas gônadas apresentaram tamanhos variados em seu diâmetro. Além disso, as atresias alfas se apresentaram de forma mais organizada e regular no interior das gônadas em comparação com os estados atrésicos mais avançados.

Os ovários são constituídos por um tecido muscular liso, células da teca e da granulosa, zona radiada (externa, intermediária, interna) que envolve todo o órgão, além das células foliculares responsáveis pela sustentação do ovário no decorrer do processo de vitelogênese. Os ovários analisados para a cavala apresentaram vasos sanguíneos bastante irrigados, diferentemente do dourado que foram observados vasos sanguíneos menos espessos.

Análises microscópicas se tornam cruciais e imprescindíveis para a estabelecer com maior precisão as fases de desenvolvimento ovariano, principalmente para aqueles em que podem ser confundidos devido as características macroscópicas dos ovários.

De forma geral, o diâmetro das células germinativas aumentou de acordo com seu processo estágio de desenvolvimento. Houve diferenças significativas em todos os estágios de desenvolvimento analisados para ambas as espécies.

As espécies não apresentam uma organização ovariana, havendo a presença de todos os estágios de desenvolvimento celular em sua composição, além de não exibir um aumento

dos lotes de forma sincrônica em diâmetro até a desova, determinando que o desenvolvimento ovariano é assincrônico com uma desova múltipla, características essas de espécies que desovam durante todo o ano.

Através dos resultados adquiridos neste presente estudo, acredita-se que uma importante etapa do ciclo reprodutivo das espécies tenha sido elucidada. No entanto, é fundamental para entender completamente a dinâmica reprodutiva das espécies a realização contínua de novos estudos.