



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

**DINÂMICA REPRODUTIVA DA SARDINHA-LAJE *Opisthonema oglinum*, LESUEUR,
1818 CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL.**

Maria Ester Ribeiro Simoni

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Orientador

Recife,
Junho/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S599d Simoni, Maria Ester Ribeiro
Dinâmica reprodutiva da sardinha-laje *opisthonema oglinum*,
lesueur, 1818 capturada no litoral norte de Pernambuco, Brasil. / Maria
Ester Ribeiro Simoni. – 2019.
52 f. : il.

Orientador: Paulo Travassos.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e
Aqüicultura, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Sardinha (Peixe) - Pesca 2. Sardinha - Reprodução
3. Reprodução animal 4. Desova 3. Peixes - Fecundidade
I. Travassos, Paulo, orient. II. Título

CDD 636.3

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

**DINÂMICA REPRODUTIVA DA SARDINHA-LAJE *Opisthonema oglinum*, LESUEUR,
1818 CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL.**

Maria Ester Ribeiro Simoni

Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 18 de junho de 2019, pela seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Paulo Travassos
Orientador
Departamento de Pesca/UFRPE

Prof^a. Dr^a. Mariana Gomes do Rêgo
Membro externo
Departamento de Veterinária/UFRPE

Prof^o Dr. Francisco Marcante Santana da Silva
Membro externo
Departamento de Ecologia UAST/UFRPE

Prof. Dr. Paulo Vasconcelos Oliveira
Membro interno
Departamento de Pesca/UFRPE

Prof^a. Dr^a. Rosangela Lessa
Membro interno
Departamento de Pesca/UFRPE

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais Vicente (*in memorian*) e Sonia, ao meu marido Edson e aos meus filhos Giovanna e Bernardo, meus maiores e mais fortes suportes nessa vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, que iluminou o meu caminho durante toda esta jornada.

Agradeço a um grande homem, meu Pai Vicente (*in memorian*), por todos os ensinamentos, por todo amor depositado, mesmo quando já lhe faltavam forças, mas sempre estava ao nosso lado. Te Amo para sempre!

Agradeço a minha mãe Sonia, pelo seu amor e por ser a mulher mais forte do mundo. Aquela que me inspirou a entrar para a área acadêmica e enxergar a docência de forma tão bonita.

À minha pequena Giovanna e meu pequeno Bernardo, meus anjos lindos que me fazem muito felizes. Vocês são minhas razões de viver!

À minha imensa gratidão ao meu marido Edson, o meu maior incentivo na academia e na vida, meu porto seguro e meu grande parceiro.

À meu irmão Vicente e minha cunhada Isis, pelo carinho e estímulo.

Ao meu orientador Paulo Travassos, pela confiança, paciência, convívio, amizade e por todo aprendizado.

A todos os meus amigos queridos do LEMAR, minha grande casa por tantos e tantos anos, que saudade vou sentir de todos, principalmente das horas do café, pois com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

Gratidão ao professor Paulo Oliveira, “Paulinho”, uma pessoa que acolhe todos com muito carinho e um grande incentivador.

À Fábio Hazin, por todos os ensinamentos.

A todos do LATEP, LOP e BIOIMPACT, em especial a Brutus.

Às minhas amigas queridas Railma e Meire, por toda ajuda e carinho.

Aos queridos professores de Biologia e do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, obrigada pela formação e aos funcionários, pelo carinho, em especial a Telminha, Jaqueline, D. Linda, Niara, D.Eliane, Wan, Luciana e a linda Zeninha.

Resumo

Este trabalho aborda as estratégias reprodutivas da sardinha-laje, *Opisthonema oglinum*, peixe teleósteo pertencente à família Clupeidae, abundante no litoral do Nordeste Brasileiro. As amostragens foram realizadas no litoral Norte do Estado de Pernambuco, entre maio de 2016 a abril de 2018. Foram coletados e sexados 497 exemplares, sendo 304 gônadas seccionados para avaliação maturacional. As fêmeas foram mais frequentes que os machos, com uma proporção sexual de 1,5 fêmeas: 1 macho. O comprimento total das fêmeas variou de 8,0 a 28,3 cm e o dos machos de 8,1 a 28,0 cm. O tamanho de primeira maturação foi estimado em 11,43 cm de comprimento total para fêmeas e 12,5 de comprimento total para os machos. O Índice Gonadosomático (IGS) em conjunção com a distribuição de frequência mensal dos estágios de maturação gonadal, indicou um ciclo reprodutivo sazonal com a desova ocorrendo de agosto a fevereiro, com um pico para fêmeas em novembro e fevereiro e para machos em setembro e fevereiro. Os valores indicam um número potencial de 19 desovas durante o ano, usando o método OH, e 25, usando o método POF. A fecundidade absoluta de 15 fêmeas maduras variou de 44.100 a 86.513 ovócitos. Análises histológicas de 70 gônadas permitiu descrever as características do crescimento ovocitário para a espécie. Os diâmetros dos ovócitos nas fases de maturidade sexual “desenvolvendo”, “capaz de desovar” e “desova ativa” foram mensurados e em todos os estágios ovocitários (cortical alveolar, vitelogênese primária, secundária, terciária, ovócitos hidratados e migração e quebra da vesícula germinal) foram medidos e a frequência de ocorrência ao longo do período de desova avaliada. A ausência de um intervalo na frequência de diâmetro dos ovócitos entre todas as fases de maturidade gonadal é um forte indicador de recrutamento contínuo de ovócitos do estoque de reserva. A presença de ovócitos em vários estágios de desenvolvimento e diâmetros distintos em um mesmo ovário confirma a desova do tipo parcelada com desenvolvimento assincrônico do ovócito. Conhecimentos sobre a biologia reprodutiva da *Opisthonema oglinum* no litoral de Pernambuco são fundamentais para nortear medidas de manejo e preservação da espécie, contribuindo para uma melhor compreensão da sua dinâmica populacional na região, gerando informações que sejam capazes de assegurar a conservação da espécie e a sustentabilidade da atividade pesqueira.

Palavras-chave: clupeidae, fecundidade, vitelogênese, desova, ovócito

Abstract

This work deals with the reproductive strategies of Thread herring, *Opisthonema oglinum*, a teleost fish belonging to the Clupeidae family, abundant in the Brazilian Northeast coast. Sampling was carried out in the northern coast of the state of Pernambuco between May 2016 and April 2018. A total of 497 specimens were collected and sexed, 304 gonads sectioned for maturational evaluation. Females were more frequent than males, with a sex ratio of 1.5 females: 1 male. The total length of the females ranged from 8.0 to 28.3 cm and that of males from 8.1 to 28.0 cm. The first maturation size was estimated at 11.43 cm of total length for females and 12.5 of total length for males. The Gonadosomatic Index (GSI) in conjunction with the monthly frequency distribution of the gonad maturation stages, indicated a seasonal reproductive cycle with spawning occurring from August to February, with a peak for females November and February and for males in September and February. The values indicate a potential number of 19 spawns during the year using the OH method and 25 using the POF method. The absolute fecundity of 15 mature females ranged from 44,100 to 86,513 oocytes. Histological analyzes of 70 gonads allowed to describe the characteristics of oocyte growth for the species. The diameters of oocytes phases of sexual maturity, "developing", "able to spawn" and "active spawning" were measured and all ovocitários stages (alveolar cortical primary vitelogenesis, secondary, tertiary, hydrated oocytes and migration and vesicle breaks germinal) were measured and the frequency of occurrence during the spawning period evaluated. The absence of a range in oocyte diameter frequency across all phases of gonadal maturity is a strong indicator of continuous recruitment of oocytes from the stock stock. The presence of oocytes at various stages of development and distinct diameters in the same ovary confirms spawning type spawning with asynchronous oocyte development. Knowledge of the reproductive biology of *Opisthonema oglinum* in Pernambuco coast are fundamental to guide management measures and preservation of the species, thus contributing to a better understanding of their population dynamics in the region, generating information that is capable of ensuring the conservation of the species and sustainability of fishing activity.

Key words: clupeidae, fecundity, vitellogenesis, spawning, oocyte

Lista de figuras

	Página
Figura 1. Exemplar da sardinha-laje, <i>Opisthonema oglinum</i> capturado no litoral de Pernambuco	13
 ARTIGO CIENTÍFICO I - BIOLOGIA REPRODUTIVA DA <i>Opisthonema oglinum</i> LESUEUR, 1818 (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL.....	
Figura 1. Área de coleta da <i>Opisthonema oglinum</i> no litoral norte de Pernambuco.....	17
Figura 2. Distribuição da frequência absoluta por classes de comprimento total dos machos e fêmeas da <i>O. oglinum</i> , capturados no litoral norte de Pernambuco, entre maio de 2016 a abril de 2018.....	19
Figura 3. L ₅₀ para fêmeas (a) e machos (b) da <i>Opisthonema oglinum</i> , capturados no litoral norte de Pernambuco, entre maio de 2016 a abril de 2018.....	21
Figura 4. Médias mensais do IGS de fêmeas (a) e machos (b) de <i>Opisthonema oglinum</i> , capturados no litoral norte de Pernambuco.....	21
Figura 5. Variação da precipitação média mensal no litoral norte de Pernambuco no período de 2016 a 2018.....	22
Figura 6. Ovários de <i>Opisthonema oglinum</i> em diferentes estágios maturacionais: Desenvolvimento (a); Capaz de reproduzir (b); Desova Ativa (c); Regressão (d) e Regeneração (e). CA = ovócito cortical alveolar; Vtg1 = vitelogênese primária; Vtg2 = Vitelogênese Secundária; Vtg3 = vitelogênese terciária; POF = folículo pós-ovulatório, GVM = migração da vesícula germinal; A = ovócito atresico e OH = ovócito hidratado.....	23
Figura 7. Distribuição mensal dos estágios maturacionais de fêmeas (a) e machos (b) de <i>O. oglinum</i> capturados no litoral norte de Pernambuco entre maio de 2016 e abril de 2018.....	24
Figura 8. Relação entre a fecundidade absoluta e o peso das gônadas de fêmeas maduras de <i>Opisthonema oglinum</i> capturadas no litoral norte do estado de Pernambuco.....	25
 ARTIGO CIENTÍFICO II - CARACTERIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO OVOCITÁRIO DA SARDINHA-LAJE <i>Opisthonema oglinum</i> LESUEUR, 1818 (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) NO NORDESTE DO BRASIL.....	
	33

Figura 1. Litoral norte de Pernambuco, região de coleta das amostras.....	35
Figura 2. Ovócitos no estágio Cortical Alveolar com identificação das Células Foliculares (CF), Zona pelúcida (ZP), Vesícula Lipídica (VL), Núcleo (N), Nucléolos (NC) e Grânulos de vitelo (GV).....	38
Figura 3. Ovócito em Vitelogênese primária (Vtg1) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Teca externa (TE), Teca interna (TI), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV), Glóbulos lipídicos (GL), Núcleo (N) e Nucléolo (NC).....	39
Figura 4. Ovócito em Vitelogênese secundária (Vtg2) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Teca externa (TE), Teca interna (TI), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV), Glóbulos lipídicos (GL) e Núcleo (N).....	39
Figura 5. Vitelogênese terciária (Vtg3) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV) e Núcleo (N).....	40
Figura 6. Detalhes da migração da vesícula germinal (MVG)(a); da quebra da vesícula germinal (QVG) (b) e do ovócito hidratado (OH)(c e d).....	41
Figura 7. Ovócitos atresícos (a e b).....	42
Figura 8. Percentagem média dos estágios de desenvolvimento ovocitário da <i>Opisthonema oglinum</i> em três fases reprodutivas: (a) desenvolvendo (n=25), (b) capaz de desovar (n=17) e (c) desova ativa (n=28).....	42
Figura 9. Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da <i>Opisthonema oglinum</i> em intervalos de 50 μ m. (a) desenvolvendo (n=25), (b) capaz de desovar (n=17) e (c) desova ativa (n=28).....	43
Figura 10. Variações mensais na frequência do diâmetro dos ovócitos em diferentes fases maturacionais da <i>Opisthonema oglinum</i>	44

Lista de tabelas

Página

ARTIGO CIENTÍFICO I - BIOLOGIA REPRODUTIVA DA <i>Opisthonema oglinum</i> LESUEUR, 1818 CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL.....	14
---	-----------

Tabela 1. Proporção sexual e Qui-Quadrado para machos e fêmeas de <i>Opisthonema oglinum</i> , capturada na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco.....	19
---	----

Tabela 2. Frequência de desova da <i>Opisthonema oglinum</i> , capturada na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco. N = número total de ovários; OH = número de ovários com ovócitos hidratados; POF = número de ovários com folículos pós-ovulatórios.....	25
--	----

ARTIGO CIENTÍFICO II - CARACTERIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO OVOCITÁRIO DA SARDINHA-LAJE <i>Opisthonema oglinum</i> LESUEUR, 1818 (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) NO NORDESTE DO BRASIL.....	33
---	-----------

Tabela I. Descrição do desenvolvimento dos ovócitos da <i>Opisthonema oglinum</i> no litoral de Pernambuco.....	37
---	----

Sumário	Página
1. Introdução.....	12
2. Artigo científico I.....	14
2.1 Introdução.....	15
2.2 Material e métodos	17
2.3 Resultados	19
2.4 Discussão.....	26
2.5 Conclusões	29
2.6 Referências	29
3. Artigo científico II.....	33
3.1 Introdução.....	34
3.2 Material e métodos	35
3.3 Resultados	36
3.3.1 Caracterização dos estágios de desenvolvimento ovocitário.....	36
3.3.2 Porcentagem média dos estágios de desenvolvimento ovocitários.....	42
3.3.3 Distribuição do diâmetro dos ovócitos.....	42
3.3.4 Desenvolvimento mensal dos ovócitos nos diferentes estágios maturacionais.....	43
3.4 Discussão	44
3.5 Conclusões	47
3.6 Referências	47
4. Referência bibliográfica	51

1. Introdução

A sardinha-laje, *Opisthonema oglinum* (Leseuer, 1818), pertence a família Clupeidae, peixes tipicamente marinhos e costeiros, sendo o único representante deste gênero na costa Atlântica das Américas. Ocorre no Atlântico Ocidental desde o Golfo do Maine, Estados Unidos, até Santa Catarina, Brasil, em regiões pelágicas marinhas e estuarinas (Menezes et al., 2003).

São peixes de pequeno porte, que vivem sempre em cardumes, alimentando-se de plâncton (Paiva e Pereira, 2003). Há vários gêneros e espécies conhecidos como sardinhas. Na região Nordeste, a sardinha mais representativa é *Opisthonema oglinum* (Lessa, 2006), conhecida como sardinha-laje ou sardinha-bandeira.

A espécie (Figura 1) apresenta um elevado valor ecológico, sendo considerada presa de grande importância na dieta de muitos peixes, aves e mamíferos marinhos (Finucane e Vaught, 1986; Simons et al., 2013). Possui, também, valor comercial, sendo apontada como principal espécie alternativa para manter o fornecimento de matéria-prima para o setor pesqueiro industrial frente ao declínio nas capturas da sardinha-verdadeira (*Sardinella aurita*), cuja exploração entrou em colapso devido à sobrepesca no Sudeste do Brasil, uma vez que apresenta qualidades nutricionais, gustativas e visuais muito semelhantes a *Sardinella aurita* (Feltrim & Schwingel, 2005). A *O. oglinum* é considerada uma fonte de alimento abundante, de baixo custo (Figueiredo e Menezes, 1978; Lino, 2003) e de altíssimo valor nutricional, reconhecido principalmente pela elevada quantidade de ácidos graxos poli-insaturados e baixo teor de colesterol, mas também por ser fonte de proteína de alto valor biológico, possuindo também quantidades significativas de vitaminas A, B6, B12 e niacina e de minerais como cálcio, ferro, fósforo, magnésio e sódio (Capistrano-Sobrinho et al., 2011).

A *O. oglinum* é uma das espécies mais abundantes no litoral Brasileiro, sendo bastante capturada pela pesca artesanal. Segundo Lessa et al, 2004, há indícios de que seus estoques estejam em níveis de exploração acima do limite máximo sustentável, apresentado um declínio de captura no Brasil, nos últimos anos, passando de 13.252 toneladas em 2007 para 8.810,3 toneladas em 2011 (MPA, 2012). Além disso, a sardinha-laje tem sido uma importante alternativa para a pesca em algumas localidades, devido ao declínio nos estoques de outras espécies exploradas no Nordeste. Em paralelo a isto, existe uma lacuna em trabalhos científicos que reportem informações bioecológicas sobre a espécie, para que se possa compreender sua dinâmica reprodutiva, a fim de subsidiar medidas de ordenamento pesqueiro para garantir a conservação dos seus estoques.

Na Ilha de Itamaracá, local de estudo, norte de Pernambuco, a pesca da sardinha-laje, ocorre tanto no litoral costeiro marinho, como nas regiões estuarinas adjacentes a Ilha, como o

Canal de Santa Cruz. Segundo Vasconcelos Filho e Oliveira, 1999, esta espécie é muito encontrada em estuários, sendo considerada uma espécie visitante no local, não dependendo deste hábitat para seu desenvolvimento, utilizando o local em certo período da vida, devido a melhores condições que este ambiente lhe proporciona.

Em relação à biologia da *O. oglinum*, estudos realizados na região Sudeste e Sul do Brasil, Feltrim & Schwingel (2005) concluíram que o ciclo reprodutivo da espécie, se dá a partir de novembro (primavera), estendendo-se durante o verão. Em relação a região Nordeste, estudos realizados por Alves e Sawaya (1975) com indivíduos da sardinha-laje, encontraram um período de atividade reprodutiva de junho a novembro.

A sobreexploração tornou-se uma ameaça constante aos estoques pesqueiros, provocando um decréscimo ano a ano de várias espécies de peixes (EMBRAPA, 2014). Com isso, o estudo das estratégias reprodutivas das espécies é uma das ferramentas que se utiliza para maior compreensão das estações reprodutivas, sendo considerada ferramenta crucial para ajudar no manejo de biomassa populacional dos estoques.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as estratégias reprodutivas da sardinha-laje *Opisthonema oglinum*, tendo como principal hipótese que a espécie apresenta desova parcelada e fecundidade indeterminada, aproveitando o aporte de nutrientes após a estação chuvosa no litoral de Pernambuco, para desovar. Espera-se que com essas informações, sejam geradas medidas de gestão e manejo para a espécie, o qual vem sendo bastante capturada no litoral do Estado.

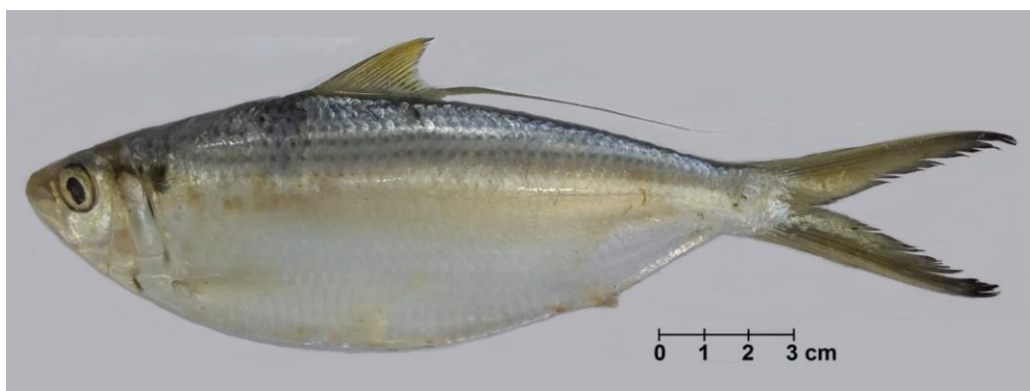


Figura 1. Exemplar de sardinha-laje, *Opisthonema oglinum* capturado no litoral de Pernambuco.

2. ARTIGO CIENTÍFICO I

BIOLOGIA REPRODUTIVA DA SARDINHA-LAJE *Opisthonema oglinum* LESUEUR, 1818 CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO, BRASIL

Maria Ester Ribeiro Simoni, Edson Bortoletto Garciov Filho, Mariana Gomes do Rêgo, Paulo
Travassos

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo investigar a reprodução da sardinha-laje, *Opisthonema oglinum*, através da análise histológica e descrição dos estágios de maturação gonadal de 497 exemplares, em 2 anos de coleta, dos quais 304 foram seccionados para avaliação microscópica (186 fêmeas e 118 machos). Foram determinados seis estágios de maturação para fêmeas (imaturo, desenvolvimento, capaz de reproduzir, desova ativa, regressão e regeneração) e cinco para os machos (imaturo, desenvolvimento, capaz de reproduzir, regressão e regeneração). A distribuição de comprimento total variou entre 8,0 e 28,3 cm e a proporção sexual foi de 1,5 fêmeas: 1,0 macho. O L_{50} foi 11,43 cm para fêmeas e 12,5 cm para machos. A relação entre o índice gonadosomático (IGS) e a frequência de exemplares em maturação avançada mostrou que a reprodução ocorre de agosto a fevereiro, com picos em novembro e fevereiro. A partir das fotomicrografias histológicas foi possível observar células em diferentes estágios maturacionais em um único ovário. A desova é parcelada, ocorrendo a cada 2,7 dias, com base no método dos ovócitos hidratados (OH), e a cada 3,6 dias, segundo o método do folículo pós-ovulatório (POF). A fecundidade absoluta estimada a partir da contagem de ovócitos maduros, variou entre 44.100 e 86.513 ovócitos, por lote.

Palavras-chave: maturação; desova; fecundidade.

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *Opisthonema oglinum* CAUGHT IN ITAMARACÁ ISLAND, COASTAL PERNAMBUCO STATE NORTH, BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this work was to investigate Thread herring reproduction, *Opisthonema oglinum*, through histological analysis and description of the stages of gonadal maturation of 497 specimens, in 2 years of collection, of which 304 were sectioned for microscopic evaluation (186 females and 118 males). Six stages of maturation were determined for females (immature, development, able to reproduce, active spawn, regression and regeneration) and five stages for

males (immature, development, capable of reproducing, regression and regeneration). The total length distribution varied between 8.0 and 28.3 cm and the sex ratio was 1.5 females: 1.0 males. The L50 was 11.43 cm for females and 12.5 cm for males. The relationship between the gonadosomatic index (GSI) and the frequency of advanced maturing specimens showed that reproduction occurs from August to February, with peaks in November and February. From the histological photomicrographs it was possible to observe cells in different maturational stages in a single ovary. Spawning occurs every 2.7 days, based on the hydrated oocytes (OH) method, and every 3.6 days, according to the post-ovulatory follicle method (POF). The absolute fecundity estimated from the count of mature oocytes varied between 44,100 and 86,513 oocytes per lot.

Key words: maturation; spawning; fecundity.

2.1 INTRODUÇÃO

A sardinha-laje, *Opisthonema oglinum* (Leseuer, 1818) pertencente à família Clupeidae, é uma das espécies mais comuns e abundantes no litoral do nordeste Brasileiro, sendo a única representante deste gênero na costa Atlântica das Américas, a qual se distribui desde o Golfo do Maine, nos Estados Unidos, até Santa Catarina, no Brasil.

É um peixe de pequeno porte, que vive sempre em cardumes, apresentando uma característica morfológica bem particular para a espécie que é o filamento prolongado do último raio da nadadeira dorsal. Sua dieta consiste em plâncton e detritos orgânicos que filtram da coluna d'água (IUCN, 2019). É uma espécie de elevada importância na cadeia trófica marinha, servindo de alimento para vários peixes, pássaros e mamíferos marinhos (Finucane e Vaught, 1986; Simons et al., 2013).

Conhecida como sardinha-laje ou sardinha-bandeira, é bastante capturada pela pesca artesanal no litoral de Pernambuco (Lessa et al., 2006), predominantemente com redes de emalhe (Sá et al., 2012). No litoral norte de Pernambuco, na Ilha de Itamaracá, a pesca da sardinha-laje ocorre tanto na costa como nas regiões estuarinas do canal de Santa Cruz, sendo a sardinha-laje uma das espécies de maior produção nessa região (CPRH, 2010). O complexo estuarino costeiro da Área de Proteção Ambiental de Santa Cruz – APA de Santa Cruz, que recebe aporte dulcícola de vários rios, representa o maior e mais fértil ecossistema do litoral de Pernambuco, área de grande importância biológica, sendo fonte de nutrientes e alimento para as espécies dependentes desse ecossistema (CPRH, 2010).

Segundo Vasconcelos filho e Oliveira, 1999, a sardinha-laje é muito encontrada em estuários, sendo considerada uma espécie visitante nesses ambientes, já que se utiliza dos

mesmos em certo período da vida, devido às condições mais favoráveis, embora não dependa deles para o seu desenvolvimento. Nos estuários, os indivíduos jovens são a maioria da captura, enquanto na costa há uma predominância de indivíduos adultos.

Pequenos pelágicos, como a sardinha-laje, foram uma das espécies de peixe de maior abundância e importância socioeconômica para o Estado de Pernambuco, juntamente com a agulha branca (*Hemiramphus brasiliensis*), a agulha preta (*Hyporhamphus unifasciatus*), e a cavala (*Scomberomorus cavalla*) (Nóbrega et al., 2009). Além disso, apresenta grande relevância ecológica, uma vez que são o elo entre produtores primários e secundários e os grandes pelágicos na cadeia trófica (Feltrin, 2002). Essa posição na cadeia trófica, também torna os pequenos pelágicos vulneráveis a variações ambientais, pois suas principais fontes energéticas dependem de condições propícias para se desenvolverem, o que muitas vezes dificulta os trabalhos de predição e manejo de suas pescarias (Schwingel, 1988; Schneider e Schwingel, 1999). Além disso, o ambiente marinho da APA de Santa Cruz apresenta grande sensibilidade a impactos antrópicos constantes, podendo causar morte e o desaparecimento de espécies que dependem da integridade desse ambiente (CPRH, 2010).

A *Opisthonema oglinum*, é considerada a principal espécie alternativa para manter o fornecimento de matéria-prima para o setor pesqueiro industrial frente ao declínio nas capturas da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, uma vez que apresenta qualidades nutricionais, gustativas e visuais muito semelhantes às da sardinha-verdadeira (Feltrin e Schwingel, 2005).

Devido ao declínio nos estoques de outras espécies exploradas no Nordeste, a pesca de sardinha-laje nesta região tem sido uma alternativa importante em algumas localidades, havendo indícios de que seus estoques estejam em níveis de exploração acima do limite máximo sustentável (Lessa et al., 2004). No Brasil a espécie apresentou um declínio, nos últimos anos, passando de 13.252 toneladas capturadas em 2007 para 8.810 t em 2011 (MPA, 2012). Além disso, a espécie apresentou uma evolução na lista vermelha da IUCN, passando de dados deficientes para pouco preocupante, chegando perto de se tornar uma espécie ameaçada pela sobreexploração.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo, investigar a reprodução da sardinha-laje, *Opisthonema oglinum*, através da análise histológica e descrição dos estágios de maturação gonadal, indentificando o período de desova, tamanho de primeira maturação e fecundidade da espécie, para a geração de informações científicas sobre sua biologia, principalmente sobre a sua dinâmica reprodutiva, a fim de subsidiar medidas de ordenamento pesqueiro, que possam contribuir para a conservação dos seus estoques e para a sustentabilidade da sua pesca.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A Ilha de Itamaracá, local de estudo (Figura 1), está situada no litoral norte de Pernambuco, a 55 km do Recife, entre as latitudes com latitude de 7°44'53"S e longitude de 34°49'49"W. A região de entorno da ilha caracteriza-se como um rico complexo estuarino-costeiro da Área de Proteção Ambiental – APA de Santa Cruz englobando a região marinha e de recifes de corais calcários que dividem o mar de dentro (parte interna dos recifes) do mar de fora (zona externa) (CPRH, 2010). Existem duas estações climáticas bem distintas na região: uma seca, compreendida entre os meses de setembro a fevereiro, com precipitação média para o período inferior a 60 mm em média, seguida pela estação chuvosa, a qual compreende os meses entre março e agosto, na qual a precipitação média para o período é superior 220 mm (APAC, 2019).



Figura 1. Área de coleta da *Opisthonema oglinum* no litoral norte de Pernambuco.

Foram realizadas coletas mensais de sardinhas-laje de maio de 2016 a abril de 2018, provenientes da pesca artesanal realizada na zona costeira da ilha (mar de dentro), a qual utilizou a rede de emalhe de 2,5mm e 5,0mm de malha, como arte de pesca, no período diurno. Após coletados os exemplares em desembarques, foram conservados em gelo e levados para o laboratório, onde foi realizada a biometria, medindo-se os comprimentos total (CT) os pesos total (PT) e eviscerado (PE).

Após o processo de evisceração dos exemplares, as gônadas foram coletadas e pesadas. Posteriormente, foram conservadas em álcool 70% e submetidas à análise histológica, na qual uma pequena parte das gônadas de 304 exemplares foram clivadas, desidratadas (álcool), diafanizadas (xilol), impregnadas e incluídas em parafina líquida a 59°, para corte em micrótomo (5 µm), para preparação de lâminas, tendo sido depois coradas com hematoxilina-eosina (Mackie

e Lewis, 2001). Após coradas, as lâminas foram analisadas microscopicamente para identificação do sexo e do seu estágio de maturação gonadal.

A proporção sexual foi estimada para todos os meses amostrados e realizado o teste do qui-quadrado para avaliar diferença estatística significativa. O tamanho médio da primeira maturação gonadal (L50) foi estimado usando a curva logística (Brown e Rothery 1993), comparando a maturação relativa de indivíduos e seu comprimento total, excluindo-se os imaturos. Para o cálculo do índice gonadosomático (IGS), foi utilizada a equação proposta por Farrell et al. (2012), como segue: $IGS = ((PG/(PT^3)) \times 10^5)$, onde: PG = peso da gônada (g), PT = peso total (g).

Para análise da frequência de chuvas na região, foram coletados dados de precipitação no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para todo o período de trabalho. As fases de maturação dos ovários e testículos foram definidas de acordo com a escala de Brown-Peterson et al. (2011), o qual é uma terminologia padrão para descrever o desenvolvimento reprodutivo em peixes marinhos, a qual foi modificada para se adequar melhor a espécie em estudo, incluindo 6 fases reprodutivas para fêmeas: imaturo, desenvolvimento, capaz de reproduzir, desova ativa, regressão e regeneração; e 5 para os machos: imaturo, desenvolvimento, capaz de reproduzir, regressão e regeneração. Os estágio maturacionais são identificados pela presença de determinados tipos de crescimento ovocitários.

A época de desova foi definida a partir da distribuição mensal dos estágios de maturação sexual e da variação do IGS médio mensal das fêmeas e machos adultos (Vazzoler, 1996). Para estimativa da fecundidade, foram utilizadas alíquotas de 0,25g de 15 fêmeas no estágio capaz de reproduzir, utilizando-se o método gravimétrico proposto por Hunter et al., (1985).

A frequência mensal de desova foi determinada pelo cálculo da porcentagem de fêmeas com ovócitos hidratados (OH) e folículos pós-ovulatórios (POF) a partir do exame histológico dos tecidos ovarianos, seguindo os procedimentos descritos por Hunter e Macewicz (1980). Esses métodos fornecem estimativas de peixes na população que irão desovar dentro das próximas 12 h (OH) ou que acabaram de desovar nas últimas 12-24 h (POF). A frequência de desova foi determinada dividindo-se 100% (representando todos os peixes da amostra) pela porcentagem de peixes na amostra com OH ou POF nos ovários. O número de desovas durante o ano, para ambos os métodos, foi estimado multiplicando-se a frequência média de desova pela duração da época de desova (Brown-Peterson et al., 2002).

2.3 RESULTADOS

Foram identificados quanto ao sexo, 497 exemplares, sendo 300 fêmeas e 197 machos. A proporção sexual, para toda a amostra foi igual a 1,5 fêmeas: 1 macho, analisando mensalmente a proporção sexual, pôde-se notar diferença estatística significativa nos meses de janeiro, outubro e dezembro, que influenciaram no total anual da amostra (Tabela 1). No mês de março foi registrado uma maior ocorrência de machos. O comprimento total das fêmeas variou de 8,0 a 28,3 cm e o dos machos de 8,1 a 28,0 cm, com duas modas, para as fêmeas na classe 14 | 16 cm e 20 | 22 cm e para os machos em 16 | 18 cm e 22 | 24 cm (Figura 2).

Tabela 1. Proporção sexual e Qui-Quadrado para machos e fêmeas de *Opisthonema oglinum*, capturada na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco.

Meses	Fêmeas	Machos	Total Geral	% Fêmeas	Proporção	P
Janeiro	17	6	23	73,91	2,8	0,0218 *
Fevereiro	27	17	44	61,36	1,6	0,1317
Março	4	10	14	28,57	0,4	0,1088
Abril	9	5	14	64,29	1,8	0,2850
Maio	49	41	90	54,44	1,2	0,3991
Junho	24	15	39	61,54	1,6	0,1495
Julho	12	11	23	52,17	1,1	0,8348
Agosto	53	39	92	57,61	1,4	0,1444
Setembro	29	17	46	63,04	1,7	0,0768
Outubro	26	10	36	72,22	2,6	0,0077 *
Novembro	23	14	37	62,16	1,6	0,1390
Dezembro	27	12	39	69,23	2,3	0,0163 *
Total	300	197	497	60,36	1,5	0,0000 *

*Diferença estatística, nível de significancia 5%.

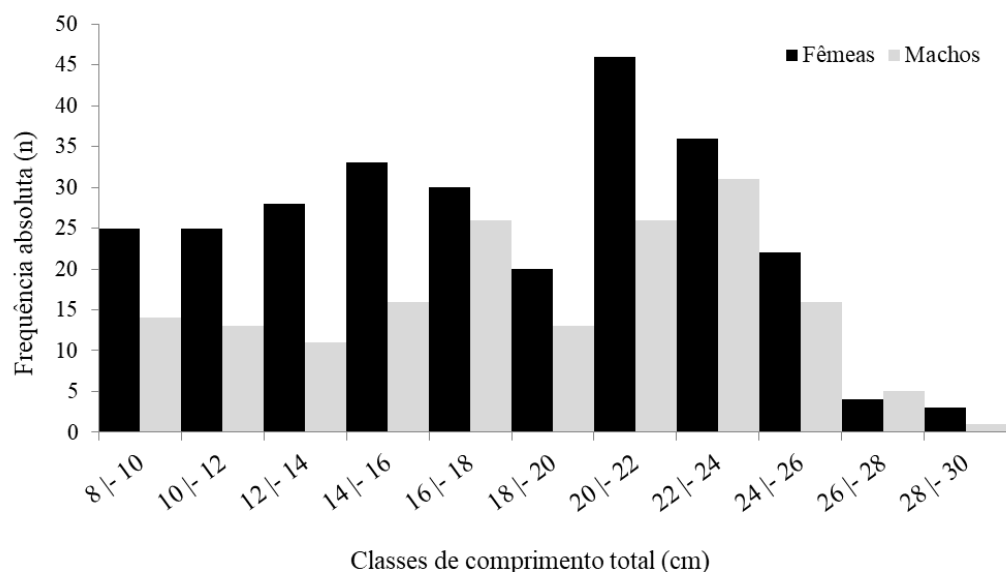
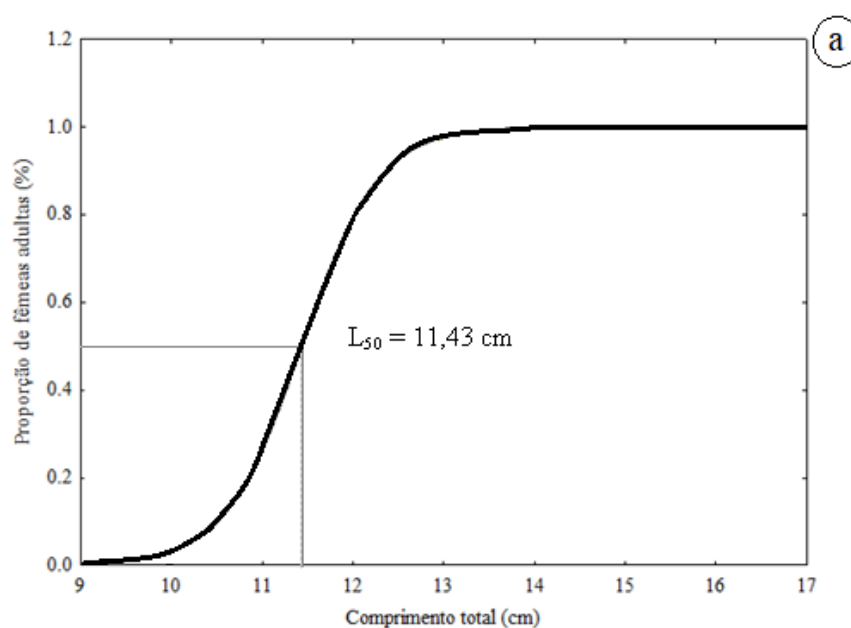


Figura 2. Distribuição da frequência absoluta por classes de comprimento total dos machos e fêmeas da *O. oglinum*, capturados no litoral norte de Pernambuco, entre maio de 2016 a abril de 2018.

O L_{50} foi estimado em 11,43 cm de comprimento total para fêmeas (Figura 3a) e 12,5 cm de comprimento total para os machos (Figura 3b). A variação do IGS médio mensal das fêmeas sugere um período de maior atividade reprodutiva entre agosto e fevereiro, com picos de desova em novembro (15,8) e fevereiro (14,3) (Figura 4). Para os machos, os maiores valores da média mensal do IGS ocorreram em setembro (13,5) e fevereiro (12,5). Da mesma forma que para as fêmeas, entre os meses de março e julho, os machos apresentaram médias mensais de IGS com valores reduzidos (de 1,5 a 3,4) (Figura 4).

Foram observados dois períodos distintos, de 2016 a 2018, quanto ao regime de chuvas no litoral norte de Pernambuco: o período de menor precipitação, considerado seco, entre os meses de agosto a fevereiro, com precipitação média para o período inferior a 47 mm, e outro período de maior precipitação, considerado chuvoso, nos meses entre março e julho, na qual a precipitação média é superior a 228 mm (Figura 5).



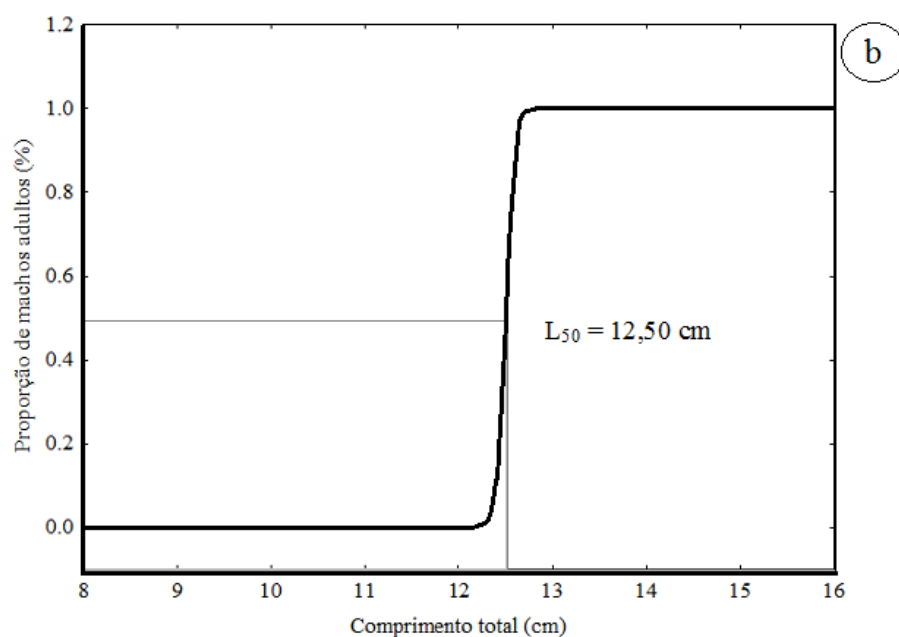


Figure 3. L_{50} para fêmeas (a) e machos (b) da *Opisthonema oglinum*, capturados no litoral norte de Pernambuco, entre maio de 2016 a abril de 2018.

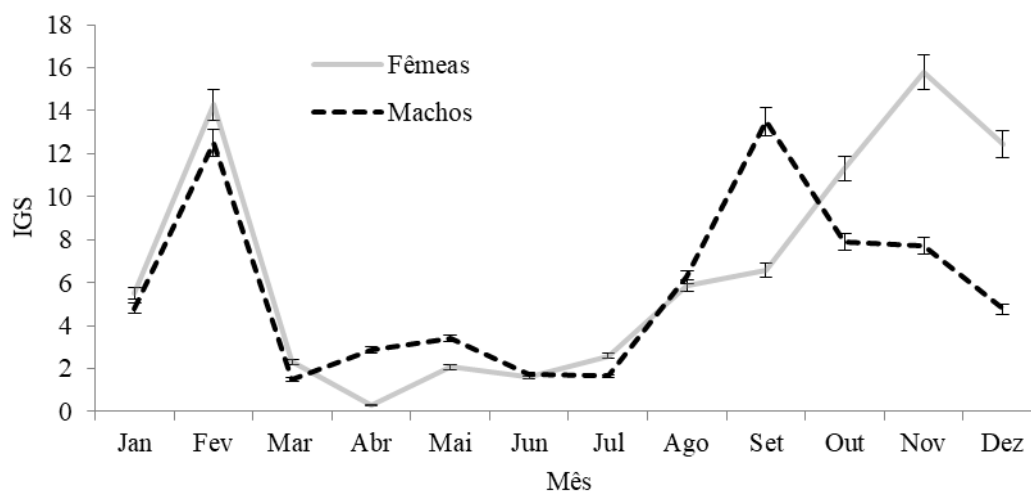


Figura 4. Médias mensais do IGS de fêmeas (a) e machos (b) de *Opisthonema oglinum*, capturados no litoral norte de Pernambuco.

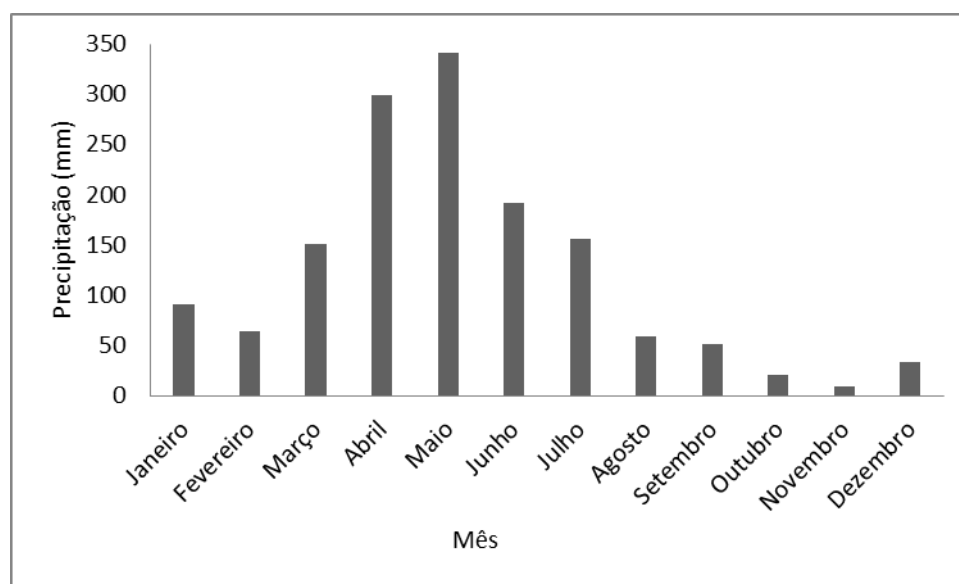


Figura 5. Variação da precipitação média mensal no litoral norte de Pernambuco no período de 2016 a 2018.

Um total de 304 indivíduos foram seccionados para avaliação microscópica dos seus estágios gonadais, sendo 186 fêmeas e 118 machos. Foram registradas através de imagens, cinco fases de desenvolvimento gonadal para fêmeas: a) desenvolvimento, caracterizada pela presença de ovócitos corticais alveolar (CA) e, com o desenvolvimento do ovário, de ovócitos em vitelogênese primária (Vtg1) e secundária (Vtg2); b) capaz de reproduzir, caracterizada pela presença de ovócitos em estágios mais avançados de desenvolvimento, em vitelogênese terciária (Vtg3); c) desova ativa, com ovócitos maduros (GVM- migração da vesícula germinativa e GVBD- quebra da vesícula germinativa), ovócitos hidratados (OH) e folículos pós-ovulatórios (POF); d) regressão, caracterizada principalmente pela abundância de ovócitos atrésicos (A); e e) regeneração, representada pela presença de oócitos primários em crescimento (PG) e ovócitos atrésicos (A) (Figura 6). Não foi possível o registro fotomicrográfico adequado de ovário imaturos.

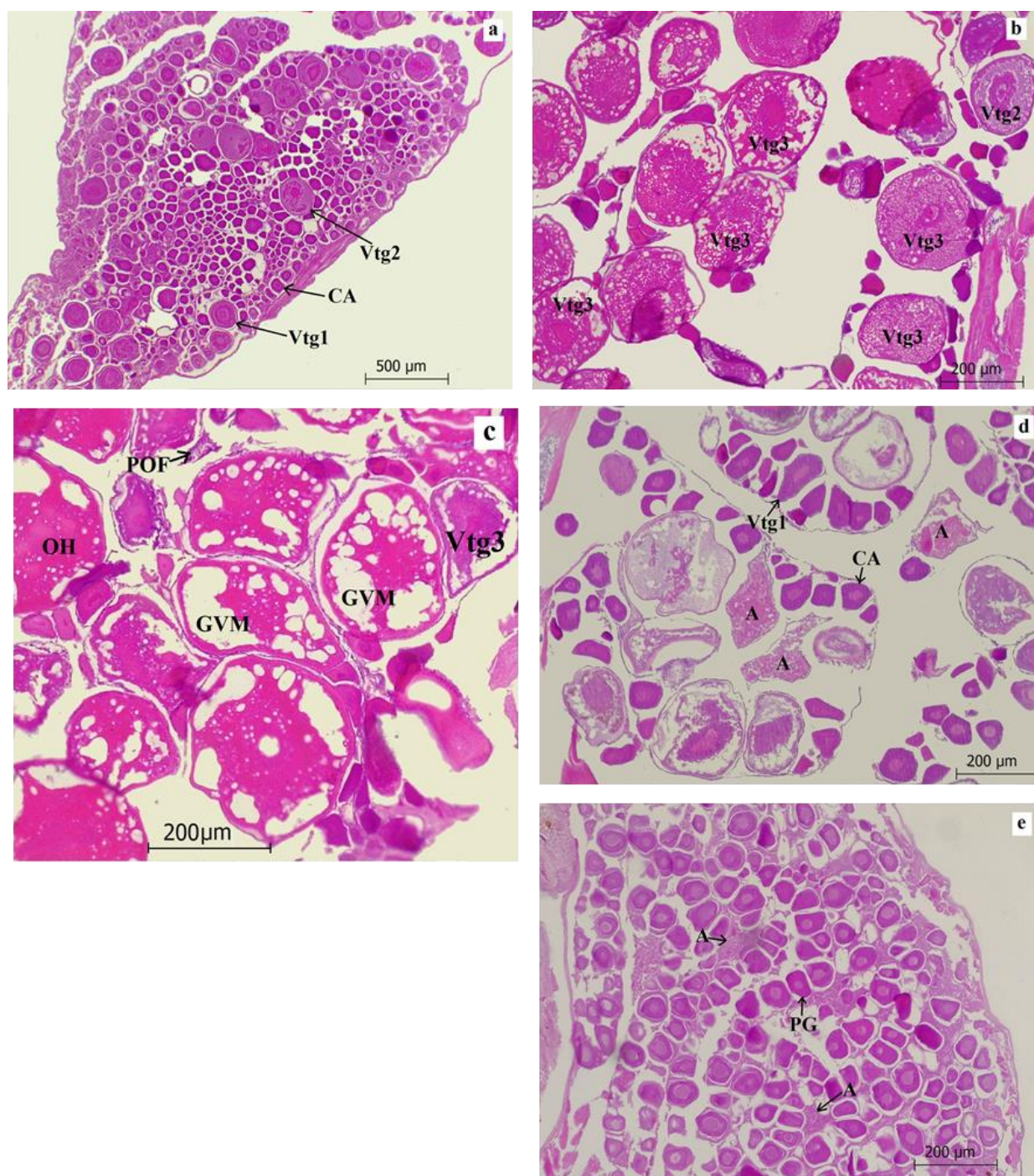


Figura 6. Ovários de *Opisthonema oglinum* em diferentes estágios maturacionais: Desenvolvimento (a); Capaz de reproduzir (b); Desova Ativa (c); Regressão (d) e Regeneração (e). CA = ovócito cortical alveolar; Vtg1 = vitelogênese primária; Vtg2 = Vitelogênese Secundária; Vtg3 = vitelogênese terciária; POF = folículo pós-ovulatório, GVM = migração da vesícula germinal; A = ovócito atresico e OH = ovócito hidratado.

Nos meses de agosto a fevereiro foram observados ovários maduros, em desova ativa (Figura 7a), indicando um período de desova entre esses meses. Foi possível identificar ovários regenerando e em desenvolvimento em quase todos os meses do ano, com exceção de fevereiro e setembro para os ovários regenerando, e novembro, para os ovários em desenvolvimento.

Ovários em regressão foram encontrados com maior frequência nos meses do período reprodutivo e ovários imaturos foram encontrados distribuídos em alguns meses do ano. Já para os machos, também foram observados testículos capazes de reproduzir entre agosto a fevereiro (Figura 7b), com exceção de dezembro. Também foi observado, para os machos, gônadas no estágio desenvolvendo em todos os meses do ano, com ressalva nos meses de maio e novembro, onde não foram observados.

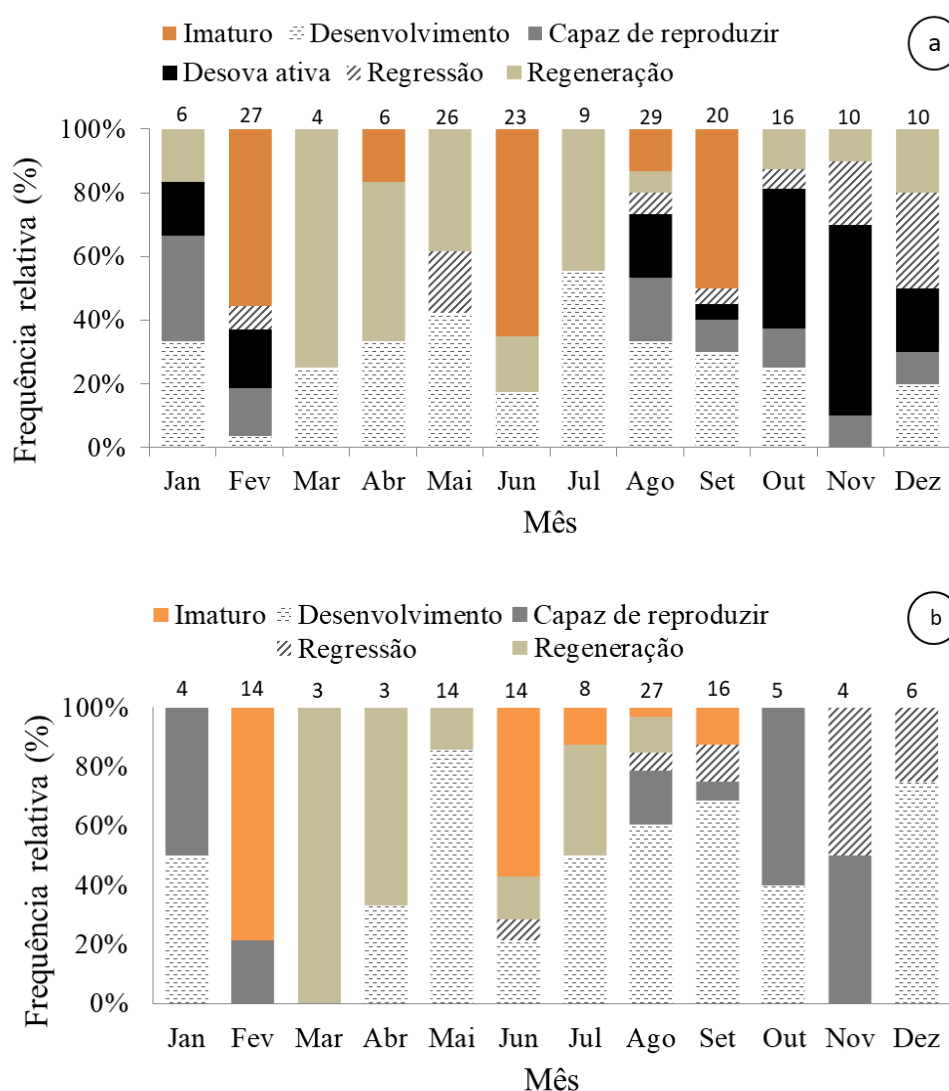


Figura 7. Distribuição mensal dos estágios maturacionais de fêmeas (a) e machos (b) de *O. oglinum* capturados no litoral norte de Pernambuco entre maio de 2016 e abril de 2018.

Durante os meses de desova, de agosto a fevereiro, onde verificou-se maior atividade reprodutiva, um total de 46 ovários nos estágios maduro e desova ativa foram analisados, dos quais 25 estavam com ovócitos hidratados (OH) e 17 estavam com folículos pós ovulatórios (POF) (Tabela 2). A percentagem da frequência de desova mensal foi de 53.1% usando o método de OH e 43% usando o método POF, indicando assim, uma frequência de desova de 1.9 dias e

2.3 dias, respectivamente. Não foi observada diferença estatística significativa entre os métodos OH e POF (ANOVA, $P=0,06$). Estes valores indicam um número potencial de 13 desovas durante o ano, usando o método OH, e 16, usando o método POF.

Tabela 2. Frequência de desova da *Opisthonema oglinum*, capturada na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco. N= número total de ovários; OH= número de ovários com ovócitos hidratados; POF= número de ovários com folículos pós-ovulatórios.

Mês	N	OH	POF	Desovas mensais (%)	
				OH	POF
Agosto	12	5	3	41,7	25,0
Setembro	3	1	1	33,3	33,3
Outubro	9	5	4	55,6	44,4
Novembro	7	6	3	85,7	42,9
Dezembro	3	2	3	66,7	100,0
Janeiro	3	1	1	33,3	33,3
Fevereiro	9	5	2	55,6	22,2
Média%				53,1	43

A fecundidade de 15 fêmeas no estágio desova ativa, com comprimento total variando de 22,7 a 27,3 cm foi estimada entre 44.100 a 86.513 ovócitos hidratados por lote, com média de aproximadamente 65.300 ovócitos por fêmea. As gônadas variaram de 3,6 a 6,7g e a relação entre o incremento de peso da gônada e o número de ovócitos foi diretamente proporcional (Figura 8).

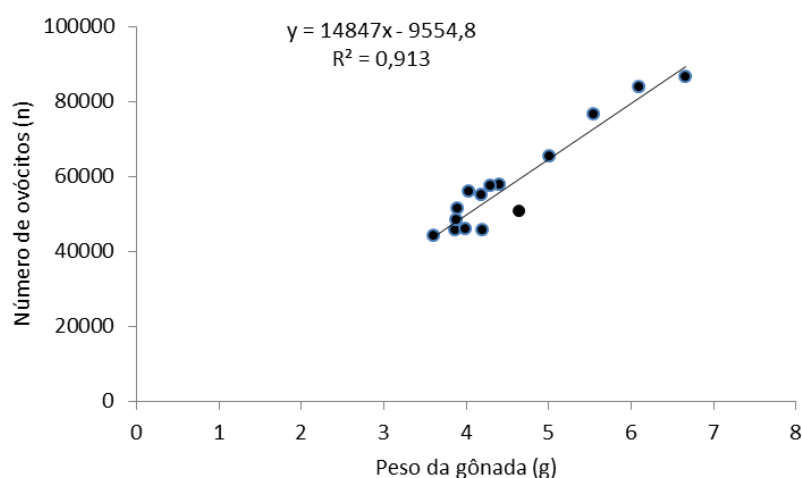


Figura 8. Relação entre a fecundidade absoluta (número de ovócitos) e o peso das gônadas de fêmeas maduras de *Opisthonema oglinum* capturadas no litoral norte do estado de Pernambuco entre maio de 2016 e abril de 2018.

2.4 DISCUSSÃO

A maior proporção de fêmeas, no presente estudo, pode estar atrelada a fatores de captura, onde os indivíduos de maior tamanho são capturados mais facilmente pela malha das artes de pesca, já que as fêmeas em desenvolvimento gonadal tendem a serem mais robustas (Hixon, 2014). Isto é confirmado ao observar que as maiores proporções de fêmeas capturadas no presente trabalho, ocorreu nos meses de intensa atividade reprodutiva, de agosto a fevereiro, confirmando assim que possivelmente as fêmeas maduras se tornam alvos mais fáceis para a arte de pesca. Smith (1994), estudando a *O. oglinum* na costa da Carolina do Norte, observou uma proporção sexual de 1,7 fêmeas: 1,0 macho, bastante próxima, portanto, à encontrada pelo presente trabalho.

A distribuição de comprimento total encontrada para a *Opisthonema oglinum* no litoral Norte de Pernambuco pode ser explicada devido à pesca raramente explorar toda a população de uma espécie, mas apenas indivíduos dentro de uma faixa de comprimento e idade que constituem o estoque disponível, e deste, somente uma parte que esteja acessível ao aparelho-de-pesca, sendo este, o estoque capturável. Outro fator que pode explicar a distribuição de comprimento encontrada é a seletividade da arte de pesca utilizada, a rede de emalhar, a qual acaba selecionando indivíduos dentro de uma determinada faixa de comprimento, devido ao tamanho da malha. A distribuição foi próxima ao encontrado por Feltrim e Schwingel (2005), através de dados de desembarque em Santa Catarina, entre 1997 e 1998, com uma distribuição de comprimento dos exemplares da mesma espécie de 13 a 26 cm, predominando exemplares de 16 e 17 cm. Já Teixeira et al., (2014), estudando esta mesma espécie no Ceará, em pescarias com a mesma arte de pesca, rede de emalhe, no período de julho a setembro de 2011, encontraram um comprimento total médio igual a 21,52 cm, bem próximo ao encontrado no presente trabalho, em 18,15 cm.

O tamanho de primeira maturação gonadal encontrado no presente trabalho sugere que a vasta maioria (86,9%) dos exemplares de *Opisthonema oglinum* capturados, possuía comprimento total acima de 11,43 cm, valor acima do L_{50} encontrado para fêmeas, sendo este um aspecto positivo desta pescaria, já que a maioria das capturas da sardinha-laje no litoral Norte de Pernambuco é composta por indivíduos jovens, com mais de 95% dos indivíduos apresentando comprimentos menores que 11,7 cm (Lino, 2003). Assim, o ideal seria que a pesca explorasse indivíduos que já completaram a maturidade sexual, pois a captura de indivíduos jovens, trás um grande desequilíbrio para a sustentabilidade do estoque de *O. oglinum*, no litoral de Pernambuco.

Alves e Sawaya (1975), analisando a estrutura histológica das gônadas da sardinha-laje, no Ceará, nordeste do Brasil, encontraram um L_{50} de 11,5 cm de comprimento total, respectivamente, valores muito próximos daqueles aqui encontrados. Já García-Abad et al, 1998, estudando a mesma espécie no Sul do Golfo do México, estimou um comprimento de primeira maturação sexual igual a 12,6 cm para ambos os sexos, muito próximo também, ao encontrado no presente estudo. O comprimento de primeira maturação é uma tática reprodutiva muito importante e que necessita de análises mais rebuscadas, pois muitas vezes subestima o real tamanho em que ocorre o desenvolvimento dos órgãos sexuais e início da atividade reprodutiva de algumas espécies, devido à inclusão de indivíduos já desenvolvidos sexualmente, pela utilização apenas de análises macroscópicas. Por isso é imprescindível a realização de análises microscópicas, para através da morfologia e organização celular dos ovários e testículos, garantir com maior acurácia as estimativas de maturidade sexual e garantir um correto manejo populacional da espécie (Hunter e Macevitz, 1985).

O início da atividade reprodutiva da *O. oglinum* no litoral norte de Pernambuco, logo após o período chuvoso na região, pode ser explicado por ser um período de elevadas descargas fluviais (nutrientes) no ambiente costeiro, gerando concentrações mais elevadas de biomassa primária, entre os meses de setembro/outubro, caracterizando um “bloom” de primavera na região (Ressureição et al., 1996). Este fato é considerado uma tática reprodutiva para potencializar o sucesso da desova, realizando a desova em momento mais adequado, de maior disponibilidade de alimento, diminuindo assim, a ameaça de predação de ovos e larvas, Araújo (2009). Isto também foi observado por Trott (2006), que registrou nas Ilhas Bermudas um incremento no peso gonadal no período de menor intensidade pluviométrica.

O pico da atividade reprodutiva durante os meses da estação seca, também pode estar relacionado às temperaturas mais altas da água, aproveitando assim, períodos de águas mais calmas do ano no litoral de Pernambuco, devido a diminuição de chuvas na região. Este fator também pode estar relacionado com a variação da salinidade na zona costeira, variável esta, que juntamente com a temperatura, são fatores que agem juntos e têm papel fundamental no período de incubação e eclosão de ovos, estando diretamente relacionado a desova de muitas espécies (Ribeiro e Moreira, 2012). O trabalho em estudo também se assemelha ao reportado por Feltrim & Schwingel (2005), que relataram um aumento significativo na atividade reprodutiva da *O. oglinum*, a partir do mês de novembro, na região Sudeste-Sul do Brasil. Segundo Alves e Sawaya (1975), na região Nordeste do Brasil, nas águas litorâneas do Ceará, a desova da *O. oglinum* ocorre de junho a novembro, período próximo ao encontrado no presente trabalho,

indicando um ciclo reprodutivo proporcionalmente mais cedo na Costa do Ceará, em relação ao litoral pernambucano.

Através do indicativo de um número potencial de desovas durante o ano para a espécie em estudo, evidencia-se que a *Opisthonema oglinum* possivelmente realiza desova do tipo parcelada no litoral norte de Pernambuco. Em paralelo a isso, a presença de vários estágios de crescimento ovocitário em quase todos os meses do ano, também pode ser um indicativo deste tipo de desova, na qual os ovócitos se desenvolvem e são liberados a intervalos durante o ano, com picos maiores na estação de desova. Este tipo de desova foi também evidenciado pela presença de inúmeros estágios de desenvolvimento ovocitário em um mesmo ovário, mesmo com os picos de desova em novembro e fevereiro. Segundo Lowe-McConnell (1999), na maioria das espécies marinhas, os indivíduos desovam diversas vezes durante a estação de desova, algumas com periodicidade diária, outras semanais ou mensais, e algumas mesmo com várias desovas durante dois ou três dias por mês.

Para espécies de desova parcelada, como a espécie em estudo, é muito importante a avaliação da desova através de lotes, pois apenas o número de ovócitos avançados, não indica a fecundidade anual, uma vez que novos lotes de ovócitos do estoque de reserva (pré-vitelogênicos) são recrutados constantemente durante a estação reprodutiva (Brown-Peterson et al., 2011). A maioria dos peixes que realizam desova parcelada têm altas frequências de desova e podem desovar sucessivamente durante a época de reprodução (Ganias et al., 2011), fator este que potencializa o sucesso reprodutivo, devido a reprodução ocorrer em diferentes ambientes e condições. Assim, é muito importante identificar o número de eventos de desova para que se possa avaliar o sucesso reprodutivo da *O. oglinum* no litoral de Pernambuco.

A estimativa de fecundidade relativa de fêmeas maduras de *O. oglinum*, é a única disponível para a região Nordeste do Brasil, apresentando valores muito próximos ao encontrado por Veda-Cendejas, et al., 1997, para a mesma espécie no México, o qual foi estimada de 21.252 a 75.656 ovócitos.

2.5 CONCLUSÕES

A *Opisthonema oglinum* possivelmente realiza desova parcelada ou múltipla, indicando um número potencial de desovas durante o ano, apresentando fecundidade por lote, do tipo indeterminada, com a presença de inúmeros estágios de desenvolvimento ovocitário em um mesmo ovário.. Foi visualizado nas análises microscópicas dos ovários a presença de Ovócitos Hidratados (OH) e Folículos pós-ovulatórios (POF) nos meses de grande pico reprodutivo, os quais as gônadas se encontravam no estágio desova ativa.

Com a estimativa do tamanho de primeira maturação para a espécie, pode-se perceber que aproximadamente 87% dos indivíduos capturados eram adultos, sendo este um aspecto positivo para o estoque da *O. oglinum* na parte costeira marinha do litoral de Pernambuco. Isto mostra que a maioria dos exemplares estão chegando a maturidade sexual, garantindo assim, a reprodução e desova da espécie, conservando esse importante recurso tão explorado no Nordeste.

A *O. oglinum* apresenta uma tática reprodutiva no litoral de Pernambuco, aproveitando o final do período chuvoso na região, meados de agosto, onde existe um maior aporte de nutrientes no ambiente costeiro, advindos das chuvas, para realizar sua desova.

2.6 REFERÊNCIAS

- Alves, M.I.; Sawaya, P. 1975. Sobre a reprodução da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (LeSueur), na costa do estado do Ceará (Brasil). Arquivo de Ciências do Mar, 1(15): 19-28.
- APAC. 2019. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>
- Araujo, R.B. 2009. Desova e fecundidade em peixes de água doce e marinhos. Revista de biologia e ciências da terra, 9(2): 24-312.
- Brown-Peterson, N.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Marine and Coastal Fisheries, 1(3): 52-70. <http://dx.doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>.
- Brown-Peterson, N.J.; Peterson, M.S.; Niedland, D.L.; Murphy, M.D.; Taylor, R.G.; Warren, J.R. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, in the Gulf of Mexico: differences among estuaries? Environmental Biology of Fishes, 63(4): 405-415. <https://doi.org/10.1023/A:1014925421111>.
- Brown, D.; Rothery, P. 1993. Models in biology: mathematics, statistics and computing. New York, John Wiley & Sons, 688 pp.

- CPRH, 2010. Agência Estadual de Meio Ambiente. Zoneamento Ambiental da Área de proteção ambiental – APA Santa Cruz – Itapissuma, Itamaracá e Goiana/PE. Recife, Pernambuco, 90p.
- Farrell, E.D.; Hussy, K.; Coad, J.O.; Clausen, L.W.; Clarke, M.W. 2012. Oocyte development and maturity classification of boarfish (*Capros aper*) in the Northeast Atlantic. ICES Journal of Marine Science, 69(4): 498–507. <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fss037>.
- Feltrim, M.C. 2002. Idade, crescimento e ciclo reprodutivo da sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*) para o sudeste e sul do Brasil. Monografia de graduação. Universidade do Vale do Itajaí, 37p.
- Feltrim, M.C. & Schwingel, P.R. 2005. *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818). In: Cergole, M.C., Ávila-da-Silva, A. O. & Rossi-Wongtschowky, C. L. B. (eds) Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração. Série Doc. Revizee/Score Sul, 112-115pp.
- Finucane, J.H.; Vaught, R.N. 1986. Species profile of Atlantic Thread Herring *Opisthonema oglinum*. NOAA Technical. Memorandum. 182(1): 1–32.
- Ganias. K.; Nunes. C.; Vavalidis. T.; Rakka. M.; Stratoudakis. Y. 2011. Estimating Oocyte Growth Rate and its Potencial Relationship to Spawning Frequency in Teleosts with Indeterminate Fecundity. Marine and Coastal Fisheries, 1(3): 119-126. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555729>.
- García-Abad, M.C.; Yáñez-Arancibia, A.; Sánchez-Gil, P; Tapia-García, M. 1998. Distribución, abundancia y reproducción de *Opisthonema oglinum* (Pisces: Clupeidae) en la plataforma continental del sur del Golfo de México. Revista de Biología Tropical, 46(2): 257-266.
- Hixon, M.A.; Johnson, D.W.; Sogard, S.M. 2014. BOFFFFs: On the importance of conserving old-growth age structure in fishery populations. ICES Journal of Marine Science, 8(7): 2171-2185.
- Hunter, J.R.; Lo, N.C.H.; Leong, R.J.H. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fish. In: Lasker, R. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA, Technical Report. National Marine Fisheries Service, 36(1): 67-77.
- Hunter, J.R.; Macewicz, B. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern in the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. CalCOFI Reports, 21(1): 139-149.

- Hunter, J.R.; Macewicz, B. 1985. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern in the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports, 21(1): 139-149.
- IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened species. [online] URL: <<http://www.iucnredlist.org/details/16466100/0>>
- Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Nogueira, G.D. 2004. *Opisthonema oglinum*. In: Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Bezerra-Junior, J.L. Dinâmica de Populações e avaliação de Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE. Sub-Comitê Regional Nordeste – Score – NE. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Pesca. Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas - DIMAR, vol. 2, pp. 172-182.
- Lessa, R.P.; Vieira, A.C.S.; Monteiro, A.; Santos, J.S.; Lima, M.M.; Cunha, E.J.; Junior, J.C.A.S.; Bezerra, S.; Travassos, P.E.P.F.; Oliveira, B.A.B. 2006. Diagnóstico da Pesca no Litoral do Estado de Pernambuco. In: Isaac, V.J.; Martins, A.S.; Haimovici, M.; Andriguetto-Filho, J. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Belém. Universidade Federal do Pará, p. 67-91.
- Lino, 2003. Estudo biológico-pesqueiro da manjuba *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818), da região de Itapissuma, Pernambuco. (Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco). Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6405/2/Mercia%20Andrea%20da%20Silva%20Lino.pdf>> Acesso em: 13 Abr. 2018.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 535p.
- Mackie, M.; Lewis, P. 2001. Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson* in Western Austrália. Fisheries Research Report, 2(136): 1-32.
- Nóbrega, M.F.; Lessa, R.; Santana, F.M. 2009. Peixes marinhos da região Nordeste do Brasil. Fortaleza: Editora Martins & Cordeiro. 208p.
- Ressurreição, M.G.; Passavante, J.Z.O.; Macêdo, S.J. 1996. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil): variação sazonal da biomassa fitoplanctônica (08°03'38" lat. S; 34°42'28" à 34°52'00" long. W). Trabalho oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco, 24: 39-59.

- Ribeiro, C.S.; Moreira, R. G. 2012. Fatores ambientais e reprodução dos peixes. *Revista da Biologia*, 8(1): 58-61.
- Sá, G.G.; Marinho, R.A.; Conceição, R.N.L. 2012. Primeira abordagem sobre a pesca da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (lesueur, 1818) em Caponga, Cascavel – Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, 45(1): 13–24.
- Schneider, F.; Schwingel, P.R. 1999. Estudo preliminar da ecologia trófica da *Sardinella brasiliensis*, na costa Sudeste do Brasil. *Notas Tec. FACIMAR*, 3: 67-72.
- Schwingel, P.R. 1988. Feeding ecology of *Engraulis anchoita* in Brazilian Waters (22° S to 34° S). tese de Doutorado. University of Hamburg. Germany.
- Simons, J.D.; Yuan, M.; Carollo, C. 2013. Building a fisheries trophic database for management and modeling research in the Gulf of Mexico large marine ecosystem. *Bulletin of Marine Science*, 89(1): 135–160. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1130>.
- Smith, J.W. 1994. Biology and Fishery for Atlantic Thread Herring, *Opisthonema oglinum*, along the North Carolina Coast. *Marine Fisheries Review*, 56(4): 1-7.
- Teixeira, S.R.D.; Sampaio, L.A.S.F.; Marinho, R.A. 2014. Estudo biológico-pesqueiro da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum*, no município de Cascavel, Ceará, Brasil. *Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza*, 47(2): 31–38.
- Trott, T.M. 2009. Preliminary analysis of age, growth, and reproduction of coney (*Cephalopholis fulva*) at Bermuda. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 57: 385-400.
- Vasconcelos Filho, A.L & Oliveira A.M.E. Composição e Ecologia da Ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE, Brasil). *Tropical Oceanography* . Recife, v.27, n.1, p.101-113, 1999.
http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/27_1999_1_vasconcelos_filho.pdf
- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá. 169p.
- Vega-Cendejas, M.E.; Mexicano-Cíntora, G.; Arce, A.M. 1997. Biology of the thread herring *Opisthonema oglinum* (Pisces: Clupeidae) from a beach seine fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fisheries Research*, 30 (1997) 117- 126.

Artigo científico a ser encaminhado para a Revista [**Scientia Marina**]

3. ARTIGO CIENTÍFICO II

CARACTERIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO OVOCITÁRIO DA SARDINHA-LAJE *Opisthonema oglinum* LESUEUR, 1818 (CLUPEIFORMES: CLUPEIDAE) NO NORDESTE DO BRASIL

Maria Ester Ribeiro Simoni, Edson Bortoletto Garciov Filho, Mariana Gomes do Rêgo, Paulo Travassos

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o desenvolvimento dos ovócitos e sua organização em diferentes fases de maturação ovariana da *Opisthonema oglinum*, no intuito de confirmar o tipo de desova e fecundidade da espécie. Foram analisadas 70 gônadas de fêmeas obtidas da pesca artesanal realizada na ilha de Itamaracá, em Pernambuco, entre 2016 e 2018. Os diâmetros dos ovócitos nas fases de maturidade sexual “desenvolvendo”, “capaz de desovar” e “desova ativa” foram mensurados e em todos os estágios ovocitários (cortical alveolar, vitelogênese primária, secundária, terciária, ovócitos hidratados e migração e quebra da vesícula germinal) foram medidos e a frequência de ocorrência ao longo do período de desova avaliada. A ausência de um intervalo na frequência de diâmetro dos ovócitos entre todas as fases de maturidade gonadal é um forte indicador de recrutamento contínuo de ovócitos do estoque de reserva. A presença de ovócitos em vários estágios de desenvolvimento e diâmetros distintos em um mesmo ovário confirma a desova do tipo parcelada com desenvolvimento assincrônico do ovócito.

Palavras-chave: maturação, ovócito, vitelogênese, desova

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize oocyte development and its organization in different phases of ovarian maturation of *Opisthonema oglinum*, in order to confirm the type of ovocitary spawning and development of the species in Northeast Brazil. A total of 70 gonads of *Opisthonema oglinum* females, an important tropical and coastal species belonging to the family Clupeidae, obtained from the artisanal fishery in Pernambuco between 2016 and 2018 were analyzed. The diameters of the oocytes were measured in the phases of sexual maturity (developing, capable of spawning and (pre-vitellogenic oocytes, alveolar cortical, primary, secondary, tertiary and hydrated oocytes), and the frequency of occurrence throughout the spawning period was evaluated. The absence of a range in oocyte diameter frequency across all

phases of gonadal maturity is a strong indicator of continuous recruitment of oocytes from the stock stock. The presence of oocytes at various stages of development and distinct diameters in the same ovary confirms spawning type spawning and asynchronous oocyte development.

Key words: maturation, oocyte, vitellogenesis, spawning

3.1 INTRODUÇÃO

A *Opisthonema oglinum* (Leseuer, 1818), conhecida como sardinha-laje ou sardinha-bandeira, é uma espécie bastante capturada pela pesca artesanal em todo o Brasil, exercendo no litoral do Nordeste um importante papel econômico e social (Lessa et al, 2006). Pertence à família Clupeidae e apresenta um elevado valor ecológico, sendo considerada presa de grande importância na dieta de diversos peixes, aves e mamíferos marinhos (Finucane e Vaught, 1986; Simons et al., 2013).

É uma espécie costeira, que costuma se aproximar do litoral na época de desova (LESSA et al, 2004), sendo também encontrada em estuários, utilizando o local em certo período de vida devido a melhores condições de alimentação e reprodução que este ambiente lhe proporciona, retornando a região marinha quando o estuário não lhe é mais favorável (Vasconcelos filho e Oliveira, 1999).

Na Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil, a pesca da sardinha-laje ocorre tanto na zona costeira, como na zona estuarina no entorno da ilha, ao longo de todo o Canal de Santa Cruz, utilizando-se a rede de emalhe como arte de pesca (Sá et al., 2012).

A atividade pesqueira desordenada, desenvolvida com emprego de elevado esforço de pesca, tem se tornado uma ameaça constante aos estoques, provocando um decréscimo considerável da biomassa de várias espécies de peixes costeiros no Brasil. Estudos evidenciam que alguns estoques da *Opisthonema oglinum*, como no Sul, Sudeste e Nordeste, esteja sendo explorado acima do seu limite máximo sustentável (Lessa et al., 2004). Segundo Lessa, et al, (2004), o aumento do esforço de pesca dessa espécie, na região Nordeste, não deve ser incentivado, pois os níveis elevados de exploração a que esse recurso está submetido, quase que exclusivamente pela frota à vela, já apresentam taxas de mortalidades elevadas.

Em situações como essa, estudar e caracterizar a atividade reprodutiva da espécie reveste-se de grande importância para gerar conhecimentos científicos capazes de subsidiar a gestão da pesca e a conservação da espécie, de forma a determinar seu potencial reprodutivo e real capacidade de recuperação face à exploração pesqueira (Morgan, 2008). Estudos mais aprofundados acerca dos parâmetros reprodutivos de uma espécie poderá proporcionar

informações importantes que possam ser usadas em modelos de gestão pesqueira (Brown-Peterson et al., 2011) para garantir que o estoque esteja gerando descendentes que assegure a continuidade da espécie no ecossistema marinho.

Contudo, ainda existe uma lacuna em trabalhos que abordem a biologia reprodutiva e os processos ovogênicos da *O. oglinum* no Nordeste do Brasil. Assim, o presente estudo pretende aportar informações sobre a caracterização do desenvolvimento ovocitário, bem como confirmar o tipo de desova e fecundidade da espécie, gerando conhecimentos mais aprofundados da atividade reprodutiva da *O. oglinum*, para que se possa adotar medidas de conservação deste importante recurso pesqueiro, permitindo um manejo mais eficiente da espécie.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados 70 exemplares de sardinha-laje capturados com rede de emalhe de 2,0 e 5,0mm, pela pesca artesanal na Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Nordeste do Brasil (Figura 1), no período 2016 e 2018, considerando-se a época de desova da espécie na região (agosto a fevereiro), com base em estudo reprodutivo realizado concomitantemente a este trabalho, que caracterizou a biologia reprodutiva da espécie, definindo sua época de desova, o tamanho de primeira maturação gonadal e fecundidade estimada.

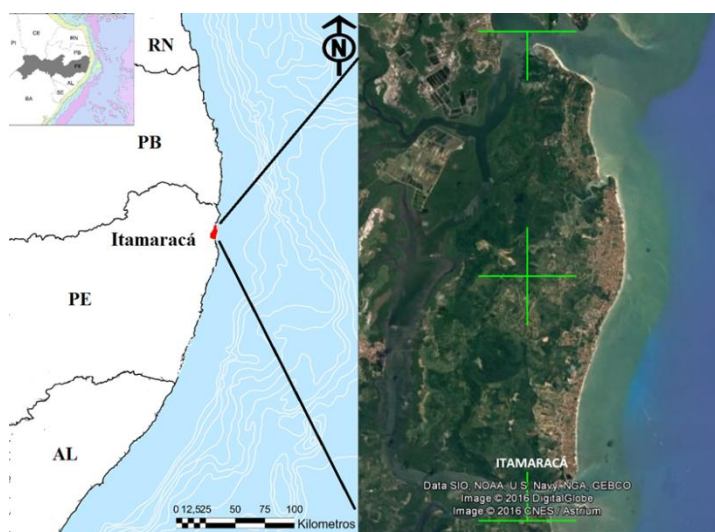


Figura 1: Litoral norte de Pernambuco, região de coleta das amostras.

Após coletados os exemplares em desembarques, foram conservados em gelo e levados para o laboratório, onde foi realizada a coleta das gônadas, as quais foram fixadas em formol salino a 10% por 48 horas, sofrendo clivagem em 24 horas e refixadas. Em seguida, foram conservadas em álcool a 70% para serem submetidas à análise histológica. Fragmentos das gônadas de todos os exemplares foram desidratados (álcool), diafanizados (xilol), impregnados e

incluídos em parafina líquida a 59°, corte em micrótomo (5 mm) e depois corados com (hematoxilina-eosina) (Mackie e Lewis, 2001).

Para verificar as fases microscópicas de maturação dos ovários, foi utilizada a escala desenvolvida por Brown-Peterson et al., (2011), adaptando-a para a espécie em estudo, com a definição de três fases reprodutivas: “desenvolvendo”, “capaz de desovar” e “desova ativa”.

Para descrever o desenvolvimento ovocitário nas três fases reprodutivas, foram identificados e analisados alguns estágios de desenvolvimento dos ovócitos, como sugerido por Wallace e Selman (1981), Hunter e Macewicz (1985) e Brown-Peterson et al. (2011), como segue: Cortical alveolar (CA), vitelogênese parcial (vitelogênese primária Vtg1 e vitelogênese secundária Vtg2), vitelogênese avançada (vitelogênese terciária Vtg3), e ovócitos hidratados (migração da vesícula germinal GVM, quebra da vesícula germinal GVBD, e ovócitos hidratados OH).

A porcentagem de ovócitos corticais alveolares (CA), vitelogênicos (Vtg1, Vtg2 e Vtg3) e hidratados (GVM, GVBD e OH) foi estimada para as três fases de maturação ovariana a fim de determinar possíveis padrões de desenvolvimento e recrutamento dos ovócitos. As médias aritméticas e desvios-padrão foram calculados para todas as fases de desenvolvimento dos ovócitos e para todas as fases de maturação ovariana.

A fim de avaliar a distribuição do diâmetro dos ovócitos, foram mensurados aleatoriamente 100 ovócitos em todas as três fases de maturação gonadal, usando a metodologia adaptada por West (1990), Hunter et al. (1985), Grande et al. (2013) e Fernandes et al., (2016). O diâmetro (μm) dos ovócitos foi definido através da média dos diâmetros maior e menor medidos em diferentes eixos. As medições foram realizadas por microscópio estereoscópico com o software ImageJ.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Caracterização dos estágios de desenvolvimento ovocitário

Das 70 fêmeas analisadas, 35,7% (n=25) estavam desenvolvendo e exibiram ovócitos corticais alveolares e estágios de vitelogênese primária e secundária, porém a vitelogênese secundária apareceu de forma reduzida. Já 24,3% (n=17) estavam na fase capaz de desovar, o qual foi verificado a presença de diversos estágios de desenvolvimento ovocitário (CA, Vtg1, Vtg2 e Vtg3) e 40% (n=28) na fase de desova ativa, com ovários exibindo uma aparência volumosa com estágios de crescimento ovocitário primários, secundários e terciários (CA, Vtg1, Vtg2, Vtg3), além de ovócitos hidratados (OH), migração da vesícula germinal (GVM) e quebra da mesma (GVBD) (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição do desenvolvimento dos ovócitos da *Opisthonema oglinum* no litoral de Pernambuco.

Fase de desenvolvimento ovocitário	Características morfológica	Diâmetro (µm)
CA	Nesta fase, os alvéolos corticais aparecem inicialmente circundando a vesícula germinal e, com a progressão do desenvolvimento, se espalham pelo citoplasma. A zona radiata começou a se formar e as células foliculares tornaram-se mais distintas.	54 – 116 (85±43)
Vtg1	Presença de ovócitos alveolares corticais e ovócitos no início da vitelogênese. Células foliculares foram observadas em torno dos ovócitos ou, mais frequentemente, livres em lamelas ovígeras.	88-188 (138±70)
Vtg2	Ocorre maior abundância dos grânulos de vitelo, porém ainda ocorrem alvéolos corticais.	153 – 243 (198±63)
Vtg3	Os grânulos de vitelo aumentam em número e tamanho e preenchem todo o citoplasma.	252 – 390 (321±97)
GVM, GVBD e OH	Após a fase vitelogênica, os ovócitos sofrem maturação, acompanhados de vários processos maturacionais no núcleo (migração e quebra da vesícula germinal) e no citoplasma (hidratação e coalescência lipídica). Os ovócitos hidratados e folículos pós ovulatórios (POF), estão presentes, indicando que a desova já começou.	339 – 462 (400,5±86)

Cortical alveolar

A fase cortical alveolar (Figura 2) apresentou um crescimento secundário, em virtude da presença dos alvéolos. O núcleo apresenta-se grande e esférico, com alguns nucléolos ocupando seu interior. Uma fina camada folicular que envolve a membrana vitelínica também aparece nesta fase. Além disso, a zona pelúcida começa a se formar e as células foliculares tornam-se mais distintas, não sendo possível visualizar a formação da teca externa e interna. Os alvéolos corticais aparecem dispostos na periferia do citoplasma, com grânulos translúcidos, identificados

como vesícula lipídica, avançando para dentro da célula com o desenvolvimento do ovócito. Glóbulos lipídicos já aparecem neste estágio, mesmo que em pouca quantidade, se tornando mais evidentes com o desenvolvimento do ovócito.

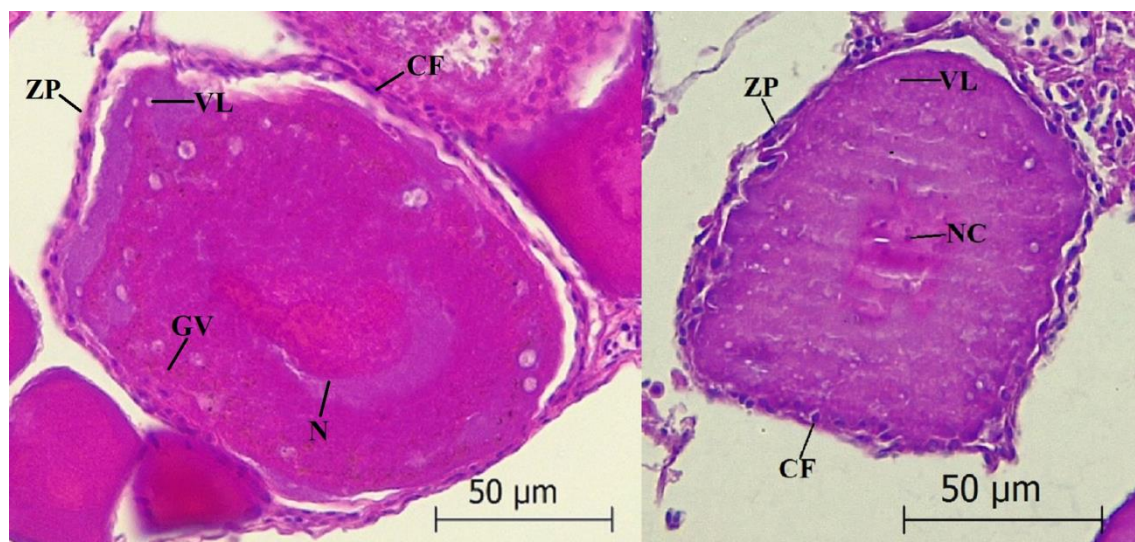


Figura 2. Ovócitos no estágio Cortical Alveolar com identificação das Células Foliculares (CF), Zona pelúcida (ZP), Vesícula Lipídica (VL), Núcleo (N), Nucléolos (NC) e Grânulos de vitelo (GV).

Vitelogênese I

O surgimento dos grânulos de vitelo marcou o início das fases vitelogênicas. Os ovócitos começam a apresentar um incremento no volume citoplasmático, sendo um indicador do início do processo de desenvolvimento do ovócito para a estação reprodutiva. No estágio Vtg1 (Figura 3), grânulos de vitelo apareceram na periferia da célula e foram visualizados concomitantemente com os alvéolos corticais. O núcleo mantém as características do estágio anterior, esférico, central e bastante corado com eosina. A zona pelúcida e as células foliculares tornaram-se mais evidentes, já sendo possível visualizar a teca interna e externa.

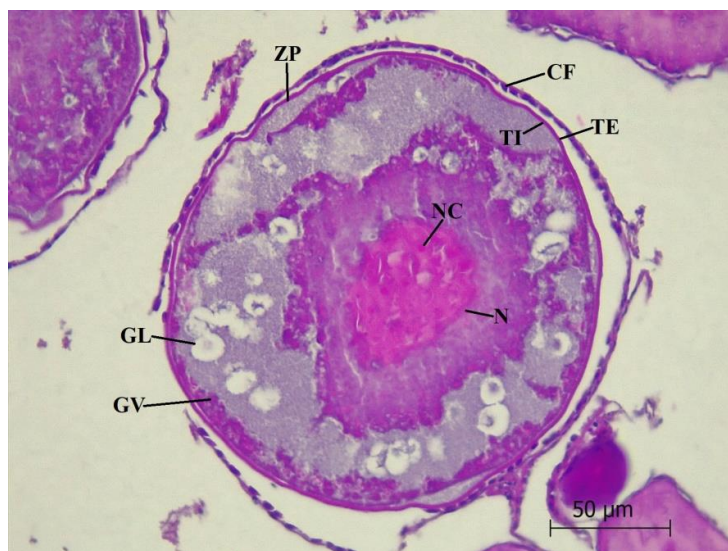


Figura 3. Ovócito em Vitelogênese primária (Vtg1) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Teca externa (TE), Teca interna (TI), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV), Glóbulos lipídicos (GL), Núcleo (N) e Nucléolo (NC).

Vitelogênese II

A fase Vtg2 (Figura 4) foi caracterizada pela presença dos grânulos de vitelo que continuam aumentando em número e tamanho e já começam a se aproximar do centro da célula. Ocorre também a presença de glóbulos de óleo dispersos pelo citoplasma, porém ainda mais abundantes na periferia da célula. As células foliculares se tornam bastante visíveis, bem como a zona pelúcida, evidenciando de forma nítida as tecas interna e externa.



Figura 4. Ovócito em Vitelogênese secundária (Vtg2) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Teca externa (TE), Teca interna (TI), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV), Glóbulos lipídicos (GL) e Núcleo (N).

Vitelogênese III

Na fase Vtg3 (Figura 5) os grânulos de vitelo aumentaram consideravelmente de tamanho e passaram a se apresentar distribuídos pelo citoplasma. Observou-se também glóbulos de óleo, bem como a presença de células foliculares junto a membrana vitelínica.



Figura 5. Vitelogênese terciária (Vtg3) com identificação da Zona pelúcida (ZP), Células foliculares (CF), Grânulos de vitelo (GV) e Núcleo (N).

Migração e quebra da vesícula germinal e Ovócito hidratado

Nos estágios GVM, GVBD e OH (Figuras 6a, 6b, 6c, 6d) os tipos de células predominantes foram os folículos maduros e hidratados, mas ovócitos primários e secundários também se fizeram presentes. Os ovócitos maduros tornaram-se maiores, os grânulos de vitelo se separaram e os folículos foram providos de vesícula germinativa excêntrica. Foi observadas a migração da vesícula germinal para o polo animal do ovócito, a quebra da vesícula germinal e a coalescência dos granulos de vitelo, indicando que a desova pode ocorrer a qualquer momento. Os ovócitos mais desenvolvidos nesse estágio, completam a vitelogênese e estão prontos para serem liberados do folículo e realizar a desova.

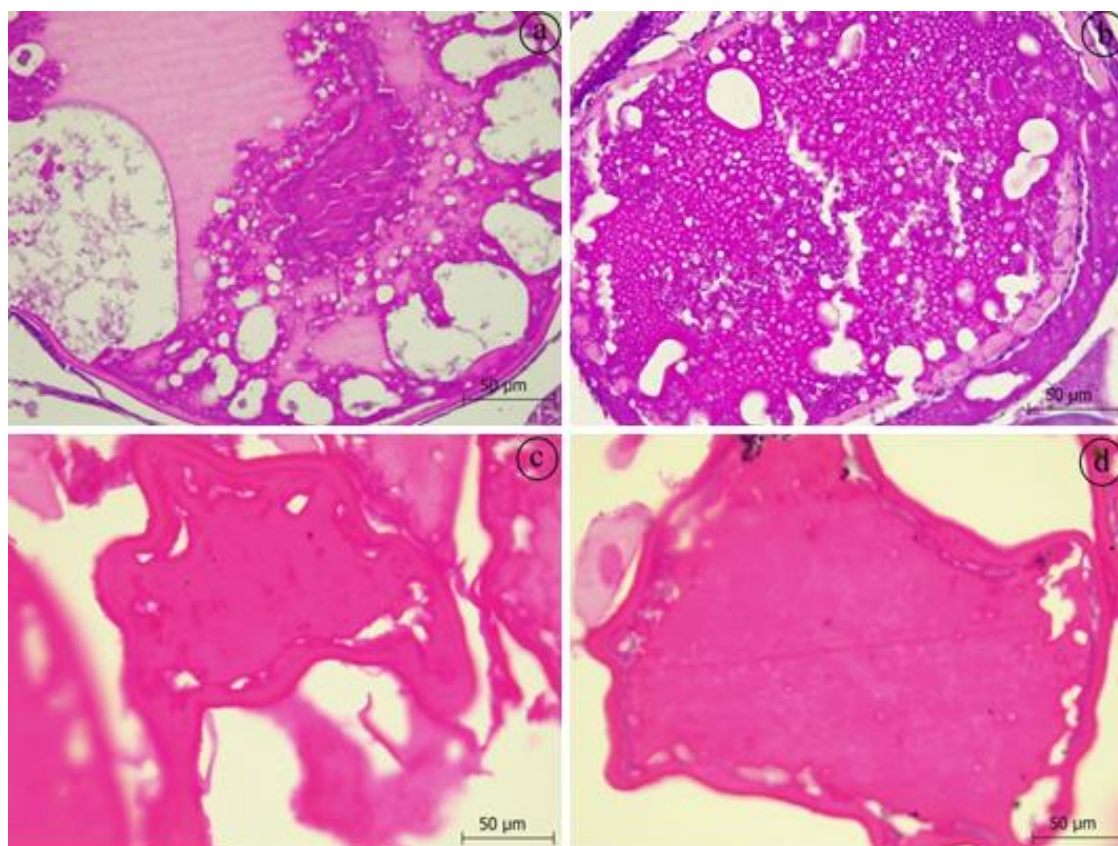


Figura 6. Detalhes da migração da vesícula germinal (GVM) (a), da quebra da vesícula germinal (GVBD) (b) e do ovócito hidratado (OH)(c e d).

Em decorrência da presença das diversas fases de desenvolvimento ovocitário nos ovários analisados, é possível afirmar que a *O. oglinum* apresenta desova parcelada, com desenvolvimento assincrônico e fecundidade indeterminada.

Atresia

A ocorrência da degeneração ovocitária (Figuras 7a e 7b) foi baixa, sendo encontrada apenas nos estágios maturacionais capaz de reproduzir e desova ativa. Durante os meses de outubro e fevereiro, ou seja, meses com grandes picos de atividade reprodutiva, foi encontrada maior incidência de atresia.

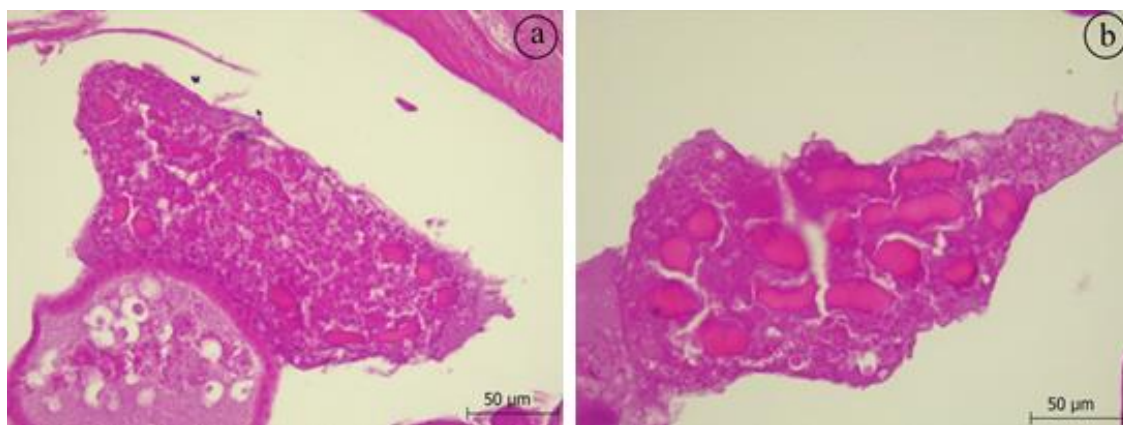


Figura 7. Ovócitos atrésicos (a e b).

3.3.2 Porcentagem média dos estágios de desenvolvimento ovocitários

Na fase desenvolvimento, a maior porcentagem de ovócitos observados foi de cortical alveolar com 43%, Vtg1 com 39% e Vtg2 com 18% (Figura 8a). Nos ovários na fase capaz de desovar foi observada a ocorrência de ovócitos maduros, por isso uma menor prevalência de ovócitos corticais alveolar e Vtg1, com 36% e 22% respectivamente. Os ovócitos Vtg2 permaneceram constantes, com 18%, se comparados a fase anterior, enquanto os ovócitos em Vtg3 representaram 24% (Figura 8b). Na fase desova ativa a prevalência de ovócitos alvéolos corticais foi de 31%, Vtg1 14%, Vtg2 17%, Vtg3 24%, ocorrendo a presença de ovócitos com aspecto hidratado, bem como GVM e GVBD, representando 14% (Figura 8c).

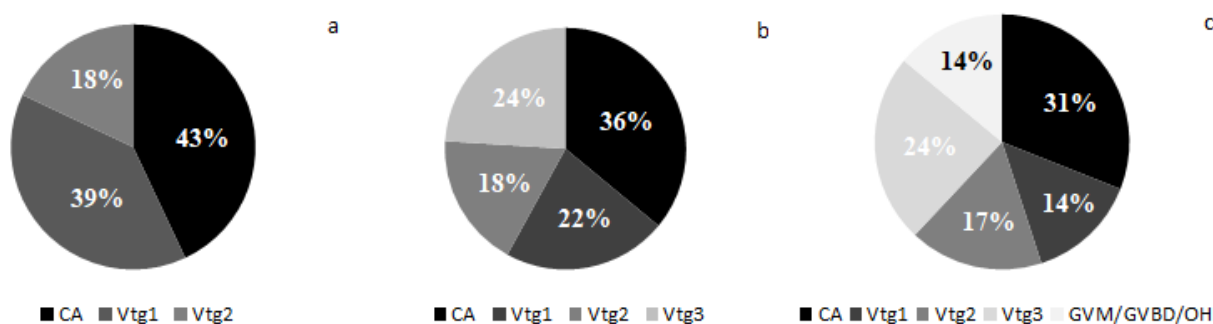


Figura 8. Porcentagem média das fases de desenvolvimento ovocitário da *Opisthonema oglinum* em três fases reprodutivas: (a) desenvolvendo (n=25), (b) capaz de desovar (n=17) e (c) desova ativa (n=28).

3.3.3 Distribuição do diâmetro dos ovócitos

O diâmetro dos ovócitos, ao longo das fases maturacionais do ovário, variou entre 54 e 462 µm (Figura 9). Na fase desenvolvimento, o diâmetro dos ovócitos variou entre 54 e 243 µm (média de $148,5 \pm 46,45$) (Figura 9a). Nos ovários na fase capaz de desovar o diâmetro dos

ovócitos variou entre 54 e 390 μm (média $222 \pm 76,4$) (Figura 9b). Na fase desova ativa o diâmetro dos ovócitos variou de 54 a 462 μm (média $258 \pm 135,4$) (Figura 8c).

Nenhuma lacuna foi observada entre as classes durante as fases de crescimento do ovócito, indicando uma distribuição contínua. No entanto, durante a fase desova ativa, foi observado um decréscimo no intervalo 300-350 μm (Figura 9c). Já no estágio MVG, QVG e OH, os ovócitos apresentaram o diâmetro máximo de 462 μm .

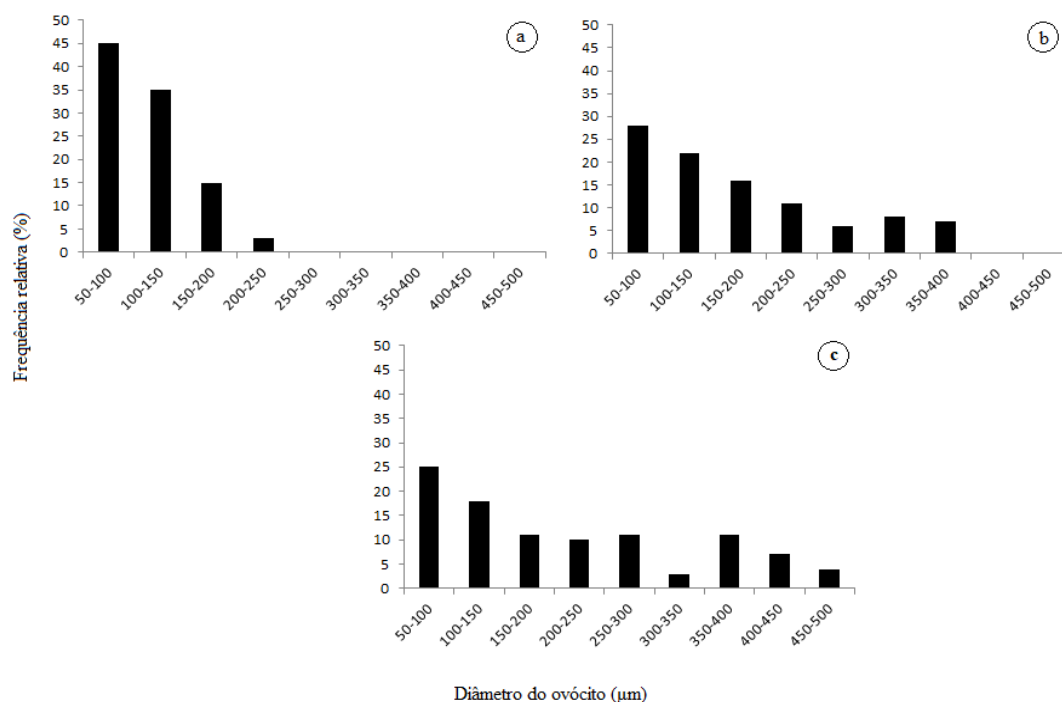


Figura 9. Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos da *Opisthonema oglinum* em intervalos de 50 μm . (a) desenvolvendo (n=25), (b) capaz de desovar (n=17) e (c) desova ativa (n=28).

3.3.4 Desenvolvimento mensal dos ovócitos nos diferentes estágios maturacionais

A análise do diâmetro dos ovócitos nas três fases maturacionais e nos meses de intensa atividade reprodutiva (agosto a fevereiro), não apresentou nenhuma variação, indicando um recrutamento contínuo dos ovócitos (Figura 10).

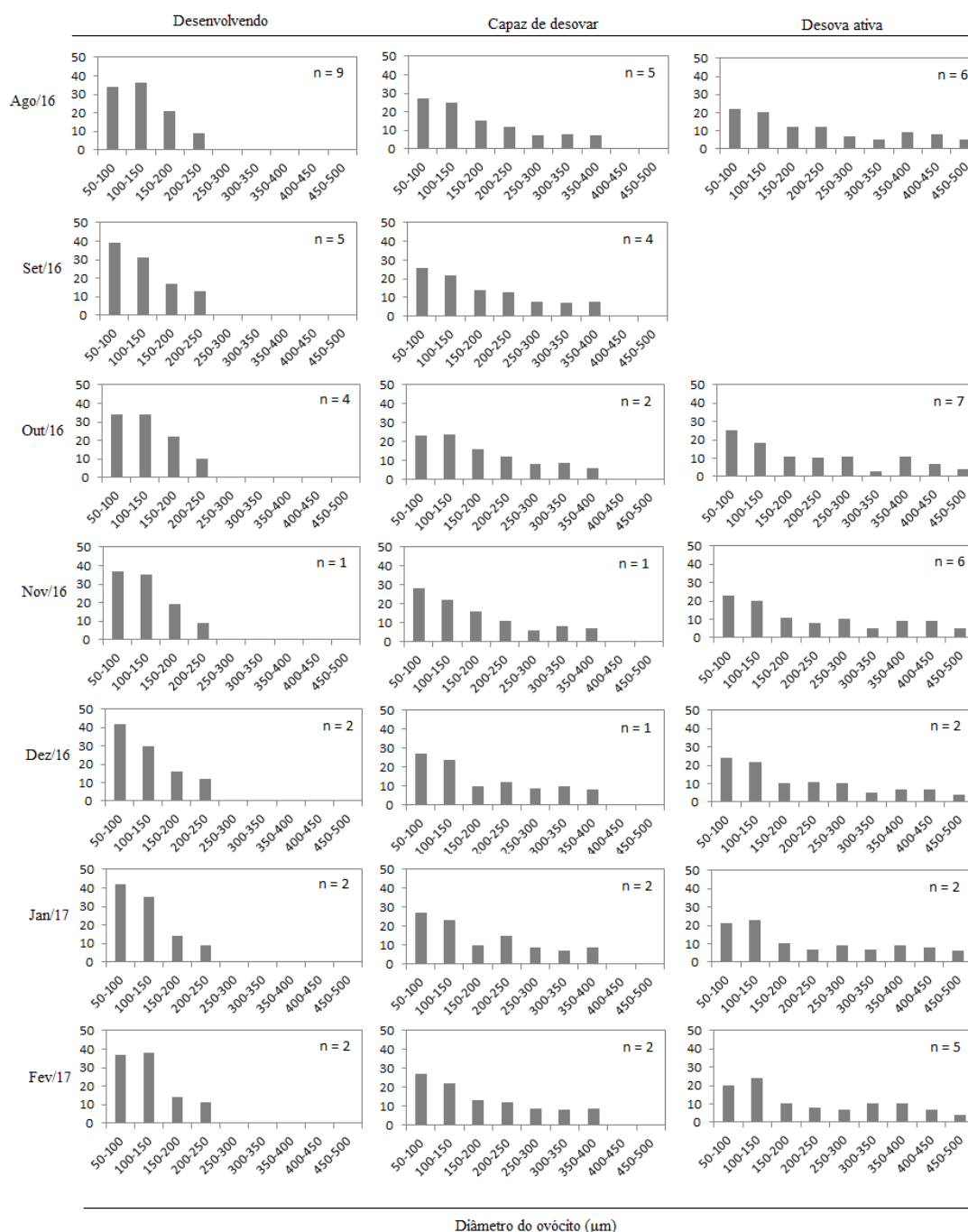


Figura 10. Variações mensais na frequência do diâmetro dos ovócitos em diferentes fases maturacionais da *Opisthonema oglinum*.

3.4 DISCUSSÃO

A migração dos alvéolos corticais que estavam na periferia do citoplasma para o centro da célula, faz parte do processo de desenvolvimento do ovócito da sardinha-laje, fato também observado para *Brycon orbignyanus* (Ganeco et al., 2001), *Cathorops spixii* (Fávaro et al., 2005) e *Brycon orthotaenia* (Gonçalves et al., 2006). Esses autores afirmam que o desenvolvimento dessas estruturas acontece inicialmente na periferia celular e gradualmente move-se em direção

ao centro do óvulo. Junto aos alvéolos corticais na periferia do citoplasma, se formaram grânulos translúcidos, compostos por pequenas vesículas lipídicas, sendo esta uma característica comum a várias espécies de teleósteos, devido ao acúmulo de proteínas (Wallace & Selman, 1981), as quais migram mais tarde para dentro da célula. Essa migração de proteínas se dá por aberturas de canais intercelulares através das zonas foliculares, permitindo que as proteínas transportadas pelo sangue atinjam o ovócito (Nagahama, 1983; Tyler et al., 1991a).

Segundo Ryan, 1981, a atresia pode ser encontrada em qualquer fase de desenvolvimento do ovócito, afetando uma parte do recrutamento dos ovócitos que estão se desenvolvendo. Porém, para a *O. oglinum*, a ocorrência de atresia foi visível apenas em células maduras. A incidência de atresia está relacionada principalmente à alimentação reduzida e quando as condições ambientais não estão ótimas para a espécie, resultando na degeneração e reabsorção desse ovócito que está se desenvolvendo. É possível que a incidência de ovócitos atrésicos em ovário maduros da *Opisthonema oglinum* se deva a algum estresse ambiental, porém não parece desempenhar papel significativo na fecundidade e fisiologia ovariana da espécie em estudo, visto que a sua ocorrência não se deu de forma expressiva. A pouca ocorrência de atresia é um ponto positivo para a espécie, pois segundo Bromage e Cumaranatunga (1988), a ocorrência desta fase interfere no desenvolvimento ovariano e na determinação da fecundidade, gerando a diminuição de ovócitos maduros, aptos a desovar.

A análise da porcentagem dos estágios ovocitários nas diferentes fases maturacionais foi de suma importância, pois juntamente com o diâmetro do ovócito, permitem determinar com precisão o recrutamento ovocitário típico desta espécie (Murua e Saborido-Rey, 2003). Zudaire et al., 2013 também afirmaram que a variação na porcentagem e o número de diferentes estágios de ovócitos na época de desova, estão diretamente relacionados ao desenvolvimento e recrutamento dos ovócitos.

Na fase maturacional desenvolvendo foi possível verificar a maior ocorrência do estágio de crescimento cortical alveolar, pois é nessa fase que, segundo Menn et al. (2007), se inicia a inclusão de vitelogenina no citoplasma do ovócito para ser utilizada no seu crescimento. Por isso, o estágio cortical alveolar é chamado de estágio vitelogênico (Selman et al. 1993). Com o desenvolvimento do ovócito se intensifica a ocorrência de grânulos de vitelo, chegando à fase de desova ativa, na qual o citoplasma se torna completamente ocupado por vitelo. Este fato também foi relatado por Radael et al. 2016, estudando a espécie *Melanotaenia boesemani*, os quais observaram que no final do desenvolvimento dos ovócitos, os grânulos de vitelo se intensificaram e se fundiram formando grandes placas.

Com o desenvolvimento das células ovocitárias no ovário da *Opisthonema oglinum*, o diâmetro dos ovócitos sofre determinadas alterações que estão intimamente ligadas ao processo vitelogênico, ou seja, ao acúmulo de vitelo no citoplasma celular (Shinozaki, 2008). Assim, o aumento no tamanho do diâmetro dos ovócitos pode ser explicado, segundo Vlaming et al. (1980), pela absorção do precursor protéico de origem hepática para formação dos vitelos. O vitelo é sintetizado principalmente no fígado sob o controle do hormônio de crescimento (GH) (Babin et al. 2007; Lubzens et al., 2010), sendo secretado no sangue, transferido através do sistema vascular e incorporado nos ovócitos através de endocitose mediada por receptores. Wallace e Selman (1985) afirmaram que a captação das proteínas para a formação do vitelo é interrompida no momento da quebra da vesícula germinativa e, por isso, a *O. oglinum* apresentou o maior diâmetro de ovócito na fase da quebra da vesícula, na qual possivelmente se encerrou o processo vitelogênico e, por sua vez, o crescimento ovocitário.

Também existem outros fatores que interferem no crescimento e aumento do tamanho do ovócito no seu desenvolvimento, como a interação de fatores exógenos. Não se sabe, no entanto, se esses fatores 'exógenos', como a gonadotrofina, são pré-requisitos ao longo do crescimento do ovócito ou servem simplesmente para iniciar o processo de crescimento (Tyler e Sumpter, 1996). Segundo McMillan, 2007, a vitelogênese é dependente da gonadotrofina hipofisária, que estimula a produção de estrogênio pelo ovário, sendo muito importante no processo de crescimento do ovócito. Esta afirmação também corrobora com Rosenfeld et al, 2007, o qual estudando a regulação da gonadotrofina no desenvolvimento ovocitário, salienta que juntamente com os hormônios gonadotrópicos, o hormônio Luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH), regulam a reprodução de peixes vertebrados e têm ação condicionante nas funções ovarianas na maturação gonadal até a ovulação, participando portanto de todo o processo de desenvolvimento do ovócito.

O decréscimo na frequência relativa durante a fase maturacional desova ativa, no intervalo 300-350 μm , provavelmente separa um grupo de ovócitos em vitelogêneses terciária (Vtg3) de um grupo de ovócitos no estágio inicial de migração da vesícula germinal (GVM), que possivelmente estão prontos para a desova. Este fato corrobora com a afirmação feita por Zudaire et al., 2013, o qual, segundo os autores, a variação do diâmetro médio dos ovócitos vitelogênicos terciários está relacionado ao desenvolvimento do grupo que irá compor o lote de ovócitos que serão desovados. Este fato possivelmente esteja relacionado ao sucesso reprodutivo da *O. oglinum* no nordeste do Brasil.

A presença de diversos estágios de desenvolvimento do ovócito, além de diferentes diâmetros em um único ovário, é uma confirmação de desova do tipo parcelada,

desenvolvimento assincrônico e fecundidade indeterminada para a *O. oglinum* no Nordeste do Brasil. Esta afirmação corrobora com a descrição feita por Radael et al. 2016, no ovário de *M. boesemani*, onde, em uma mesma lâmina, foi possível observar ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento, verificando assim, que a desova da referida espécie ocorre de forma parcelada e por um longo período, podendo desovar por todo o ano em condições de qualidade da água e nutrição adequadas. 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. Este fato fornece evidências que ocorre recrutamento contínuo de ovócitos e estoque permanente de ovócitos em desenvolvimento, sendo considerada uma estratégia reprodutiva para a *O. oglinum* no estado. Segundo Vlaming et al 1980, as fêmeas com o desenvolvimento assíncronico, contêm ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento, os quais se reproduzem muitas vezes durante a época de reprodução. É muito importante saber o tipo de fecundidade, a fim de dimensionar com maior precisão, a partir da quantificação do número de ovócitos, o potencial reprodutivo da espécie (Hunter et al. 1985; Hunter e Lo, 1993) e possíveis estimativas da produção reprodutiva em toda a biomassa populacional.

3.5 CONCLUSÕES

A *Opisthonema oglinum* apresentou desenvolvimento contínuo dos ovócitos, com vários estágios de crescimento ovocitário nas diferentes fases maturacionais, além de distintos valores de diâmetro dos ovócitos, revelando assim, que a espécie realiza desovas parceladas e apresenta um desenvolvimento assincrônico dos ovócitos, fato este considerado uma estratégia reprodutiva para a espécie no litoral de Pernambuco.

Caracterizar os diferentes estágios de desenvolvimento do ovócito são extremamente importantes para dar suporte ao conhecimento do ciclo bioecológico da *Opisthonema oglinum* no nordeste do Brasil, espécie que apresenta grande escassez de dados que possam ser reportados para uma correta avaliação do estoque deste importante recurso pesqueiro.

3.6 REFERÊNCIAS

- Babin P.J.; Carnevali O.; Lubzens E.; Schneider W.J. 2007. Molecular aspects of oocyte vitellogenesis in fish. In: Babin PJ, Cerdà J, Lubzens E (eds). The Fish Oocyte: From Basic Studies to Biotechnological Applications. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 39–76.
- Bromage, N.R.; Cumaranatunga, R.R.T. 1988. Egg production in rainbow trout. In: Muir, J.E.; Roberts, R.J., eds. Recent Advances in Aquaculture. London and Sydney: Croom Helm, pp. 65-138.

- Brown-Peterson, N.; Wyanski, D.M.; Saborido-Rey, F.; Macewicz, B.J.; Lowerre-Barbieri, S.K. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 1(3): 52-70. <http://dx.doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>.
- Fávaro, L. F., Frehse, F. A., Oliveira, R. N., Júnior, R. S. 2005. Reprodução do bagre amarelo, *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), da Baía de Pinheiros, região estuarina do litoral do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22(4), 1022-1029.
- Fernandes, C.A.F.; Oliveira, P.G.V.; Oliveira, C.H.B.; Hazin, F.H.V.; Travassos, P. 2016. Oocyte development and fecundity type of the Brazilian Snapper *Lutjanus alexandrei* Moura & Lindeman, 2007 (Perciformes: Lutjanidae). *Brazilian Journal of Biology*, 76(1): 126-135. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.14714>.
- Finucane, J.H.; Vaught, R.N. 1986. Species profile of Atlantic Thread Herring *Opisthonema oglinum*. NOAA Technical. Memorandum. 182(1): 1–32.
- Ganeco, L. N.; Nakaghi, L. S. O.; Urbinati, E. C.; Dumont-Neto, R.; Vasques, L. H. 2001. Análise morfológica do desenvolvimento ovocitário de piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, durante o ciclo reprodutivo. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(2), 131-138.
- Gonçalves, T. L.; Bazzoli, N.; Brito, M. F. G. 2006. Gametogenesis and reproduction of the matrinxã *Brycon orthotaenia* (Günther, 1864) (Pisces: Characidae) in the São Francisco river, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66(2), 513-522.
- Grande, M.; Murua, H.; Zudaire, I.; Korta, M. 2012. Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research*, 73(1): 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.06.008>.
- Hunter, J.R.; Lo, N.C.H. 1993. Ichthyoplankton Methods for Estimating Fish Biomass Introduction and Terminology. *Bulletin of Marine Science*, 53(2)723-727.
- Hunter, J.R.; Lo, N.C.H.; Leong, R.J.H. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fish. In: Lasker, R. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA, Technical Report. National Marine Fisheries Service, 36(1): 67-77.
- Hunter, J.R.; Macewicz, B. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: R. LASKER, ed. An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. Silver Spring: National Marine Fisheries Service, vol. 36, pp. 79-93. NOAA Technical Report.
- Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Nogueira, G.D. 2004. *Opisthonema oglinum*. In: Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Bezerra-Junior, J.L. Dinâmica de Populações e avaliação de Estoques dos

- Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE. Sub-Comitê Regional Nordeste – Score – NE. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Pesca. Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas - DIMAR, vol. 2, pp. 172-182.
- Lessa, R.P.; Vieira, A.C.S.; Monteiro, A.; Santos, J.S.; Lima, M.M.; Cunha, E.J.; Junior, J.C.A.S.; Bezerra, S.; Travassos, P.E.P.F.; Oliveira, B.A.B. 2006. Diagnóstico da Pesca no Litoral do Estado de Pernambuco. In: Isaac, V.J.; Martins, A.S.; Haimovici, M.; Andriguetto-Filho, J. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Belém. Universidade Federal do Pará, p. 67-91.
- Lubzens E.; Young G.; Bobe J.; Cerdà J. 2010. Oogenesis in teleosts: how eggs are formed. Gen. Comp. Endocrinol, 165: 367–389.
- Mackie, M.; Lewis, P. 2001. Assessment of gonad staging systems and other methods used in the study of the reproductive biology of narrow-barred Spanish mackerel, *Scomberomorus commerson* in Western Austrália. Fisheries Research Report, 2(136): 1-32.
- McMillan, D. B. 2007. Fish Histology. Female Reproductive System. Springer, Dordrecht, 598p.
- Menn L.E.F.; Cerdá J.; Babin J.P. 2007. Ultrastructural aspects of the ontogeny and differentiation of ray-finned fish ovarian follicles, p.1-38. In: Babin P.J., Cerdà J. & Lubzens E. (Eds), The Fish Oocyte: from basic studies to biotechnological applications. Springer, New York.
- Morgan, M. J. 2008. Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 41: 37–51.
- Murua, H.; Saborido-Rey, F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 33(1): 23–31.
- Nagahama Y. The functional morphology of teleost gonads. 1983. In: Hoar WS, Randall DJ, Donaldson EM (eds). Fish Physiology. Volume IX Reproduction. Part A Endocrine Tissue and Hormones. Academic Press, New York, 223–275.
- Radael, M.; Fosse, P.J.; Silva, R.M.; Fosse-Filho, J.C.; Andrade, D.R.; Junior, M.V.V. 2016. Descrição morfológica dos ovários do peixe *Melanotaenia boesemani* em atividade reprodutiva. Pesq. Vet. Bras. 36(9):893-900.
- Reid, H.P.; Holdway, D.A. 1995. Early development of the Australian crimsonspotted rainbowfish, *Melanotaenia fluviatilis* (Pisces: Melanotaeniidae). Marine and Freshwater Research 46(2):475-480.

- Rosenfeld, H.; Meiri, I.; Elizur, A. Gonadotropic regulation of oocyte development. 2007. In: Babin, P.J.; Cerdà, J.; Lubzens, E. The fish oocyte: From basic studies to biotechnological applications, 175-202. 508p.
- Ryan, R.J. 1981. Some speculations of biochemical marks and mechanisms. In Schwartz, N.B. and Hunziker-Dunn, M., eds. Dynamics of Ovarian Function. New York: Plenum Press, pp. 1-12.
- Sá, G.G.; Marinho, R.A.; Conceição, R.N.L. 2012. Primeira abordagem sobre a pesca da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (lesueur, 1818) em Caponga, Cascavel – Ceará, Brasil. Arquivos de Ciências do Mar, 45(1): 13–24.
- Selman, K.; Wallace, R. A.; Sarka, A.; Qi, X. 1993. Stages of oocyte development in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. Journal of Morphology, 218: 203-224.
- Shinozaki, M. R. A. 2008. Biologia reprodutiva do guaimum, *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828 (Decapoda: Gecarcinidae) na Região de Aracati, Unpublished M.Sc. Dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 90p.
- Simons, J.D.; Yuan, M.; Carollo, C. 2013. Building a fisheries trophic database for management and odeling research in the Gulf of Mexico large marine ecosystem. Bulletin of Marine Science, 89(1): 135–160. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1130>.
- Tyler, C.R.; Sumpter, J. 1996. Oocyte growth and development in teleost. Reviews in Fish Biology and Fisheries 6(3):287-318. <https://doi.org/10.1007/BF00122584>.
- Tyler, C.R.; Sumpter, J.; Campbell, P.M. 1991. Uptake of vitellogenin into oocytes during early vitellogenic development in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). [Journal of Fish Biology](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb03157.x), 38(5):681 – 689. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb03157.x>.
- Vasconcelos Filho, A.L & Oliveira A.M.E. Composição e Ecologia da Ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE, Brasil). Tropical Oceanography . Recife, v.27, n.1, p.101-113, 1999. http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/27_1999_1_vasconcelos_filho.pdf
- Vlaming, V.L.; Wiley, H.S.; Delahunty, G.; Wallace, R. 1980. Goldfish (*Carassius auratus*) vitellogenin: Induction, isolation, properties and relationship to yolk proteins. Comparative biochemistry and physiology. B, Comparative biochemistry 67(4):613-623. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(80\)90422-8](https://doi.org/10.1016/0305-0491(80)90422-8).
- Wallace, R.A. & Selman, K., 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleost. *American Zoologist*, 44:133-159.

- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41(2): 199–222. <https://doi.org/10.1071/MF9900199>.
- Zudaire, I.; Murua, H.; Grande, M.; Korta, M.; Arrizabalaga, H.; Aresso, J.J.; Delgado-Molina, A. 2013. Fecundity regulation strategy of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Western Indian Ocean. *Journal of Sea Research*, 138(1): 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.07.022>.

Artigo Científico a ser encaminhado para a Revista **[Brazilian Journal of Biology]**

4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alves, M.I.; Sawaya, P. 1975. Sobre a reprodução da sardinha-bandeira, *Opisthonema oglinum* (LeSueur), na costa do estado do Ceará (Brasil). *Arquivo de Ciências do Mar*, 1(15): 19-28.
- Capistrano-Sobrinho, D.; Caetano-Pereira, A. C. S.; Prado, J. P. S.; Motta, A. L. V.; Boelter, J. F.; Cavalheiro, J. M. O. 2011. Composição química e avaliação do processo de liofilização do filé de sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*). *Revista de Biologia e Farmácia, João Pessoa*, v. 5, n. 2, p. 50-58, 2011.
- EMBRAPA. 2014. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesca artesanal brasileira. Aspectos conceituais, históricos, institucionais e prospectivos. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento*. Palmas, Tocantins, Brasil. 36p.
- Feltrim, M.C.; Schwingel, P.R. 2005. *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818). In: Cergole, M.C., Ávila-da-Silva, A. O. & Rossi-Wongtschowky, C. L. B. (eds) *Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração*. Série Doc. Revizee/Score Sul, 112-115pp.
- Figueiredo, J. L.; Menezes, N. A. 1978. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: II. Teleostei (1). São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.
- Finucane, J.H.; Vaught, R.N. 1986. Species profile of Atlantic Thread Herring *Opisthonema oglinum*. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC 182:1–32.

- IBAMA. 2009. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Aspectos Gerais da Hidrobiologia do Litoral Norte de Pernambuco Brasil. Brasília. 137p.
- Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Nogueira, G.D. 2004. *Opisthonema oglinum*. In: Lessa, R.P.; Nobrega, M.F.; Bezerra-Junior, J.L. Dinâmica de Populações e avaliação de Estoques dos Recursos Pesqueiros da Região Nordeste. Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE. Sub-Comitê Regional Nordeste – Score – NE. Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Pesca. Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas - DIMAR, vol. 2, pp. 172-182.
- Lessa, R.P.; Vieira, A.C.S.; Monteiro, A.; Santos, J.S.; Lima, M.M.; Cunha, E.J.; Junior, J.C.A.S.; Bezerra, S.; Travassos, P.E.P.F.; Oliveira, B.A.B. 2006. Diagnóstico da Pesca no Litoral do Estado de Pernambuco. In: Isaac, V.J.; Martins, A.S.; Haimovici, M.; Andriguetto-Filho, J. A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Belém. Universidade Federal do Pará, p. 67-91.
- Lino, M.A.S. 2003. Estudo biológico-pesqueiro da manjuba, *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818) da região de Itapissuma, Pernambuco. Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura, Departamento de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Menezes N.A.; Buckup P.A.; Figueiredo J.L.; Moura R.L. 2003. Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil. São Paulo, Museu de Zoologia USP. 160p.
- MPA, 2012. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasil 2010. Brasília.
- Paiva, M.P.; Pereira, R.C. 2003. Pescarias de sardinhas e manjubas ao longo da costa atlântica das Américas (1980-1999). Boletim Técnico Científico, 3(1): 229-233.
- Simons, J.D.; Yuan, M.; Carollo, C. 2013. Building a fisheries trophic database for management and odeling research in the Gulf of Mexico large marine ecosystem. Bulletin of Marine Science, 89(1): 135–160. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1130>.
- Vasconcelos Filho, A.L.; Oliveira A.M.E. 1999. Composição e Ecologia da Ictiofauna do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE, Brasil). Tropical Oceanography . Recife, v.27, n.1, p.101-113.
http://www.revista.ufpe.br/tropicaloceanography/artigos_completos_resumos_t_d/27_1999_1_vasconcelos_filho.pdf