



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

Alaine Carneiro da Silva

**Ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) no sul do
Brasil**

Florianópolis

2023

Alaine Carneiro da Silva

**Ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) no sul do
Brasil**

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

Orientador: Prof. Claudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.

Florianópolis

2023

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

Silva, Alaine Carneiro da
Ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina*
(Lamarck, 1818) no Sul do Brasil / Alaine Carneiro da
Silva ; orientador, Claudio Manoel Rodrigues de Melo,
2023.
50 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Molusco bivalve. 3. Veneridae. 4.
Biologia reprodutiva. I. Melo, Claudio Manoel Rodrigues de
. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

Alaine Carneiro da Silva

**Ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) no sul do
Brasil**

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

Prof. Claudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcos Caivano Pedroso de Albuquerque, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Simone Sühnel, Dra.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

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

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Claudio Manoel Rodrigues de Melo, Dr.
Orientador(a)

Florianópolis, 2023.

Dedico esse trabalho ao meu Deus, meu Pai Celeste,
e aos meus pais terrenos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jesus Cristo, que sempre está comigo nos vales e nos montes da minha vida.

À minha família, por me dar suporte e me motivar em todos os momentos.

Ao meu orientador, Cláudio Manoel Rodrigues de Melo, pela confiança e por sempre estar disposto a ajudar, principalmente com a estatística.

Ao Carlos Henrique de Araujo de Miranda Gomes (Tatu), por todo apoio ao longo deste trabalho, fosse no sol ou fosse na chuva.

À Thaís Freire e Marília Tedesco, por me auxiliarem com a histologia.

Ao senhor Nelson e toda sua equipe da fazenda marinha Atlântico Sul, pelos animais disponibilizados para a execução do trabalho.

Aos meus amigos, Caio Ken e Lizeth Vanessa, pelo auxílio com gráficos, lâminas histológicas, etc.

À toda equipe do Laboratório de Moluscos Marinhos, pelos risos frouxos em todo tempo e pela disponibilidade em me ajudarem em tudo, muito obrigada, de verdade, vocês são uma equipe de excelência!

Ao Professor Maurício Laterça, por disponibilizar um espaço no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS) para executar parte do meu trabalho.

À toda equipe do AQUOS, foi muito bom trabalhar com vocês!

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e à Universidade Federal de Santa Catarina, por todo apoio no meu crescimento profissional.

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

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muita nos aproxima”

Louis Pasteur, 1892.

RESUMO

Estudos acerca do ciclo reprodutivo dos moluscos bivalves são de suma importância para o entendimento das características reprodutivas destes animais. Estudos sobre os aspectos biológicos de *Leukoma pectorina* são escassos no Brasil, com isso, o presente trabalho buscou analisar, em ambiente natural, a interação entre os fatores ambientais e o ciclo reprodutivo da espécie, no Sul do Brasil (27°42'15.6" S, 48°38'23.9" W). Um total de 236 exemplares de *L. pectorina* foram coletados mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022 para avaliar através de análises histológicas e determinação do índice de condição o ciclo reprodutivo da espécie e descrever a proporção sexual e o início da maturação do bivalve. Neste estudo a espécie *L. pectorina* apresentou ciclo reprodutivo contínuo. Não foi observado animais em estágio de repouso. A proporção sexual entre machos e fêmeas apresentada neste estudo foi de 1:1,3. As espécimes coletadas apresentaram fase inicial de maturação com comprimento mínimo de concha de 21 mm, tanto em machos quanto em fêmeas. O resultado do índice de condição não corroborou com os obtidos nas análises histológicas, uma vez que animais em estágio de desova apresentaram os maiores valores de índice de condição (IC). A temperatura atuou como um estimulante à desova e à gametogênese, e a abundância de alimento no ambiente demonstrou relação positiva com a gametogênese da espécie em estudo.

Palavras-chave: Aquicultura, Molusco bivalve; Veneridae; Biologia reprodutiva.

ABSTRACT

Studies on the reproductive cycle of bivalve mollusks are of utmost importance for the understanding of the reproductive characteristics of these animals. Researches on the biological aspects of *Leukoma pectorina* are scarce in Brazil, so this study aimed to analyze, in a natural environment, the interaction between environmental factors and the reproductive cycle of the species, in southern Brazil (27°42'15.6" S, 48°38'23.9" W). A total of 236 specimens of *L. pectorina* were collected monthly between January and December 2022 to evaluate through histological analysis and condition index determination the reproductive cycle of the species and describe the sex ratio and the onset of bivalve maturation. In this study, *L. pectorina* showed a continuous reproductive cycle, without a resting stage. The sex ratio between males and females presented in this study was 1:1.3. The collected specimens presented the initial stage of maturation with a minimum shell length of 21 mm in both males and females. The results of the condition index did not corroborate with those obtained in the histological analyses since animals in the spawning stage showed the highest condition index (CI) values. Temperature acted as a stimulant for spawning and gametogenesis, and the abundance of food in the environment showed a positive relationship with gametogenesis in the study species.

Keywords: Aquaculture; Bivalve mollusk; Veneridae; Reproductive biology.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|--|----|
| Figure 1. | <i>Leukoma pectorina</i> . Valvas esquerda (a) e direita (b)..... | 13 |
| Figure 2. | Localização da área de coleta, município de Palhoça, Santa Catarina, Brasil... | 22 |
| Figure 3. | Região de secção no tecido muscular de <i>L. pectorina</i> para análise histológica. | 24 |
| Figure 4. | Estágios de desenvolvimento do tecido gonádico em fêmeas de <i>L. pectorina</i> .. | 26 |
| Figure 5. | Estágios de desenvolvimento do tecido gonádico em machos de <i>L. pectorina</i> . | 27 |
| Figure 6. | Estágios do desenvolvimento gonadal de <i>L. pectorina</i> coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022..... | 28 |
| Figure 7. | Número de animais por classes de comprimento (mm) da concha por sexo de <i>L. pectorina</i> coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022..... | 29 |
| Figure 8. | Média e desvio padrão do índice de condição de <i>L. pectorina</i> coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022..... | 30 |
| Figure 9. | Média (\pm desvio padrão) da altura (mm), comprimento (mm), largura (mm) da concha e peso (g) total de <i>L. pectorina</i> coletada mensalmente entre janeiro e dezembro..... | 32 |
| Figure 10. | Valores de salinidade e temperatura ($^{\circ}$ C) entre janeiro e dezembro de 2022.... | 34 |
| Figure 11. | Valores de MPT, MOP e MIP entre janeiro e dezembro de 2022..... | 35 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Descrição dos estádios de desenvolvimento do tecido gonádico de <i>L. pectorina</i> | 24 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 12 |
| A família veneridae | 12 |
| A espécie <i>Leukoma pectorina</i> (lamarck, 1818) | 13 |
| Ciclo reprodutivo dos bivalves | 14 |
| Métodos de análise do desenvolvimento gonádico | 15 |
| Observações visuais..... | 15 |
| Composição bioquímica | 15 |
| Índice de condição (IC) | 15 |
| Análises histológicas | 16 |
| Desenvolvimento do tecido gonádico | 16 |
| Fatores que influenciam o ciclo reprodutivo dos bivalves | 17 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 18 |
| 1.1.1 Objetivo geral..... | 18 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 19 |
| 2. ARTIGO | 20 |
| 2.1.1 Introdução | 20 |
| 2.1.2 Material e métodos | 21 |
| Delineamento experimental..... | 22 |
| DEterminação do índice de condição (IC) | 22 |
| Variáveis ambientais..... | 23 |
| 2.1.3 Resultados | 25 |
| Ciclo gonadal..... | 27 |
| Índice de condição (ic) | 29 |
| Análises biométricas..... | 30 |
| Variáveis ambientais..... | 33 |
| Temperatura | 33 |
| Salinidade | 34 |
| 2.1.4 Discussão | 35 |
| 2.1.5 Conclusão | 39 |
| 2.1.6 Referências | 39 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os moluscos bivalves compõem uma vasta diversidade dos recursos pesqueiros oriundos dos biomas costeiros. Dentre as principais espécies temos os moluscos de areia, animais que vivem enterrados sob regiões areno-lodosas e se alimentam utilizando seus sifões para captura de alimento na água (DORE, 1991; MARENZI; CASTILHO-WESTPHAL, 2011). Os moluscos de areia representam o grupo mais diversificado entre os bivalves, é notável a variação na sua cor, tamanho, espessura e formato de concha diferindo uma espécie da outra (GOSLING, 2003).

Assim como todos os recursos pesqueiros tem papel fundamental na alimentação mundial, os moluscos bivalves vêm ocupando ano após ano posições de destaque entre as principais espécies produzidas ao redor do mundo (FAO, 2022). No ano de 2020, três espécies de moluscos de areia ficaram entre as oito principais espécies de bivalves produzidas mundialmente: *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), com 4266,2 milhões de toneladas, representando 24% da produção total de moluscos bivalves, seguida de *Sinonovacula constricta* (Lamarck, 1818) com 860,3 milhões de toneladas, representando 4,8% e *Tergillaca granosa* (Linnaeus, 1758) com 457,9 milhões de toneladas, representando 2,6% da produção total de bivalves (FAO, 2022). Vale ressaltar que a China é a maior produtora das três principais espécies de moluscos de areia (FAO, 2021).

A FAMÍLIA VENERIDAE

A família Veneridae (venerídeos) é uma das maiores e mais diversas famílias da classe Bivalvia possui como principal representante comercial a espécie, *Ruditapes philippinarum*, o molusco de areia mais produzido no mundo, como visto anteriormente. As espécies que compõem a família Veneridae são encontradas em uma ampla variedade de habitats, tais como regiões de águas rasas, marinhas e ambientes aquáticos com características estuarinas (ROCHA; MATTHEWS-CASCON, 2015), essa capacidade que os venerídeos possuem de se adaptarem a ambientes com variadas características leva este grupo a possuir uma alta diversidade e abundância entre os moluscos bivalves (COSTA, 2012).

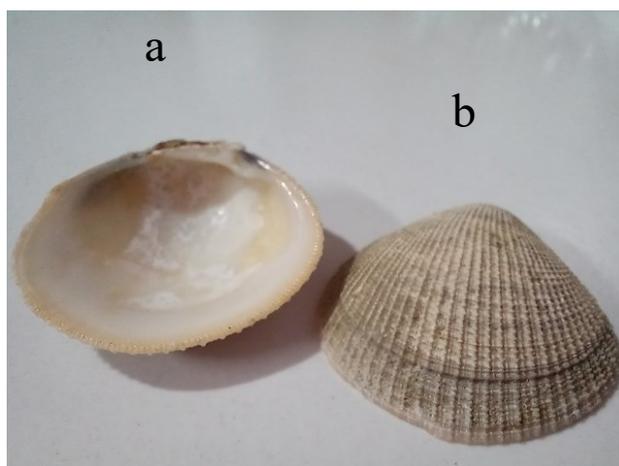
Os venerídeos possuem aproximadamente 12 subfamílias, 50 gêneros e mais de 500 espécies (CANAPA *et al.*, 1996), sendo registradas no Brasil 8 subfamílias, 15 gêneros e 35 espécies (RIOS, 1994). Entre os venerídeos que habitam a costa brasileira temos algumas espécies: *Amiantis purpurata*, *Callpita eucymata*, *Chione cancellata*, *Choristodon robustus*, *Callista maculata*, *Anomalocardia brasiliiana*, e a espécie *Leukoma pectorina* (Lamarck,

1818), molusco de areia que juntamente com as demais espécies possui importância ecológica e socioeconômica para famílias que habitam o litoral brasileiro (MORAIS, 2011; ROCHA; MATTHEWS-CASCON, 2015; SILVA *et al.*, 2020; TAVARES *et al.*, 1988).

A ESPÉCIE *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818)

Conhecida popularmente como “sarnambi”, “berbigão”, “maria-preta”, a espécie *Leukoma pectorina* é pertencente a subfamília chioninae, apresenta em suas características morfológicas conchas equivalves, ovais trigonais, arredondadas e possuem coloração marrom claro e bege, porém vale ressaltar que as conchas podem escurecer conforme o animal cresce devido composição do sedimento onde habita (BORCEM *et al.*, 2011; GUERÓN; NARCHI, 2000; ROCHA; MATTHEWS-CASCON, 2015; SILVA *et al.*, 2020; SOUTO, 2004).

Figura 1- *Leukoma pectorina*. Valvas esquerda (a) e direita (b).



A distribuição de *L. pectorina* ocorre desde o Caribe até o sul do Brasil (DALL, 1902), podendo ser encontrada em toda costa brasileira entre os estados do Pará e de Santa Catarina, habitando as zonas entremarés em regiões de baías e enseadas (GUERÓN; NARCHI, 2000; RIOS, 1994). Esta espécie geralmente encontra-se enterradas em fundos lodosos ou até mesmo em substratos mistos, contendo areia, lama e cascalho (LINS *et al.*, 2014).

L. pectorina assim como outros moluscos bivalves auxiliam no incremento da renda familiar e na alimentação de muitas comunidades ribeirinhas. No recôncavo baiano e em algumas regiões da costa amazônica a principal finalidade da coleta dos animais pelos marisqueiros é a comercialização (SILVA *et al.*, 2020; SOUTO, 2004). No Pará, os

marisqueiros coletam cerca de 928 animais com comprimento médio de 27 mm para que se tenha cerca de 1 kg de carne, que é comercializada em período de alta temporada turística, como nas férias, com preço variando entre R\$30,00 e R\$35,00 reais (\$ 6.11), já na baixa temporada, com poucos turistas, o quilo da carne é vendida pelo valor de R\$20,00 reais (\$4.07) (SILVA *et al.*, 2020). Em outros locais da costa amazônica, *L. pectorina* (Lamarck, 1818) juntamente com *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin,1791) são as espécies de moluscos mais coletadas e consumidas pelos pescadores (BORCEM *et al.*, 2011). Em algumas comunidades pesqueiras o consumo de *L. pectorina* se tornou uma alternativa uma vez que outras espécies de moluscos mais apreciadas se tornaram escassas (PALHETA; CAÑETE; CARDOSO, 2016).

Além da importância socioeconômica da espécie vale ressaltar a importância ambiental, sendo necessário atrelar aos conhecimentos tradicionais das comunidades pesqueiras o conhecimento científico, com o intuito de estabelecer políticas voltadas para a conservação da espécie e programas socioambientais que gerem suporte às coletas artesanais que são utilizadas pelos marisqueiros que capturam os animais (DIEGUES, 2000).

Embora moluscos de areia sejam explorados desordenadamente e tenham grande relevância para as comunidades que habitam regiões costeiras são poucos os estudos realizados dado o número de espécies que existem, a exemplo, a espécie *L. pectorina* que possui estudos principalmente acerca da sua anatomia e importância ambiental e socioeconômica (GUERÓN; NARCHI, 2000; MATOS *et al.*, 1997; MORAIS, 2011; SILVA *et al.*, 2020; SOUTO, 2004; TAVARES *et al.*, 1988), com poucos estudos até mesmo em relação aos seus aspectos biológicos.

Considerando o exposto acima, informações acerca dos aspectos reprodutivos da espécie *L. pectorina* se tornam uma ferramenta importante para estudos futuros voltados para larvicultura e cultivo da espécie, que auxiliariam na diminuição da sobre-exploração, geração de renda e alimentação das populações ribeirinhas, e contribuiriam para o aumento da diversidade de espécies produzidas pela aquicultura, uma vez que no Brasil os cultivos de moluscos de areia se limitam a escalas experimentais (SANTOS *et al.*, 2020; SQUELLA *et al.*, 2015).

CICLO REPRODUTIVO DOS BIVALVES

O ciclo reprodutivo dos bivalves abrange diversos processos que começam com o desenvolvimento do tecido gonádico, seguido da formação de células sexuais (gametogênese)

e por fim, através do sifão exalante do manto, ocorre a liberação dos gametas no meio externo para que ocorra a fecundação (PANTOJA, 2018). A fecundação dos bivalves é predominantemente externa, exceto em algumas espécies de ostras onde estas realizam a fecundação dentro da cavidade do manto (GOSLING, 2003). Para avaliar o desenvolvimento do tecido gonádico são utilizadas técnicas tais como observações visuais, composição bioquímica, determinação do índice de condição (IC) e análises histológicas (QUAYLE; NEWKIRK, 1989).

Métodos de análise do desenvolvimento gonádico

Observações visuais

Dentre os diversos métodos para análise do desenvolvimento do tecido gonádico de bivalves a observação macroscópica das gônadas dos animais é comumente utilizada (MAZÉ; LABORDA, 1990; REMACHA-TRIVIÑO; ANADÓN, 2006) devido sua facilidade. O método consiste na observação da cor, forma e tamanho das gônadas, porém as informações obtidas através desse método possuem difícil interpretação e são superficiais (COSTA *et al.*, 2012).

Composição bioquímica

A composição bioquímica do animal muda conforme ocorre o desenvolvimento dos gametas, assim é possível acompanhar o ciclo reprodutivo analisando elementos como carboidratos, lipídios e proteínas (MARIN *et al.*, 2003; OJEA *et al.*, 2004). A desvantagem na realização desse método se deve ao fato da necessidade de laboratórios bem equipados e técnicos bem treinados para a análise (QUAYLE; NEWKIRK, 1989).

Índice de condição (IC)

Entre os métodos mais utilizados para análise do ciclo gametogênico está a determinação do índice de condição (IC), que consiste na relação matemática entre variáveis biométricas de fácil determinação, tais como peso da concha, peso da gônada e peso da carne do animal (COSTA *et al.*, 2012). A determinação do índice de condição é importante tanto para os produtores de moluscos bivalves quanto para pesquisadores, uma vez que indica a

época propícia para comercialização assim como evidencia os estágios reprodutivos dos bivalves (MUGABE, 2010). O índice de condição varia sazonalmente devido alguns fatores como temperatura da água, quantidade e qualidade do alimento disponível no ambiente (BARMAN; WONG; KARIM, 2022; DRUMMOND; MULCAHY; CULLOTY, 2006; MUGABE, 2010).

Análises histológicas

Entre os métodos mais adequados para averiguar o ciclo reprodutivo de bivalves estão os baseados em análises histológicas (GOSLING, 2003). Apesar de mais caro e mais demorado quando comparado a alguns métodos citados anteriormente, as análises histológicas fornecem informações importantes e precisas acerca do estado gametogênico dos bivalves, demonstrando qualitativamente e quantitativamente o desenvolvimento das células das gônadas do animal (COSTA *et al.*, 2012; GOSLING, 2003; QUAYLE; NEWKIRK, 1989). Todos os métodos possuem vantagens e desvantagens, portanto o ideal é utilizar ao menos um método qualitativo, como o histológico, e um método quantitativo, como a determinação do índice de condição (COSTA *et al.*, 2012; GOSLING, 2003).

Desenvolvimento do tecido gonádico

O desenvolvimento do tecido gonádico é seguido do processo de gametogênese. Na gametogênese, os folículos gonadais são responsáveis pela formação das células sexuais masculinas (espermatogênese) e das células sexuais femininas (ovogênese). A espermatogênese se inicia com a formação da célula-mãe, que é chamada de célula germinativa primária, a célula germinativa primária formará através das divisões mitóticas as espermatogônias primárias e secundárias, que por sua vez, através da meiose, se transformarão em espermatócitos. Os espermatócitos através da divisão meiótica, transformam-se em espermatócitos primário e secundário, e seguidamente se tornam espermatídes, que ao fim do processo gametogênico formam os espermatozoides (GONZÁLEZ, 2012; GOSLING, 2003). O processo de ovogênese é bem similar ao processo de espermatogênese, através da divisão mitótica as células germinativas primárias geram as ovogônias primárias e secundárias, que por sua vez entram no processo de meiose para formação dos ovócitos, porém existe uma interrupção na divisão celular na prófase I, com isso o ovócito entra na fase de vitelogênese, onde ocorre o acúmulo de nutrientes como

glicogênio e lipídio que servirão como reserva energética. As fases restantes do processo de meiose sofridas pelo ovócito são concluídas na fecundação (GONZÁLEZ, 2012; GOSLING, 2003).

A maioria dos bivalves são dioicos, porém não é possível distinguir diferenças a partir das características externas, as gônadas dos animais encontram-se envolvidas de maneira bem próxima no intestino que são dificilmente detectadas, com isso é necessário utilização de métodos histológicos para distinção entre os sexos (BARNES; RUPPERT, 1996; GOSLING, 2003). Os moluscos de areia além de apresentarem padrões sexuais dioicos, podem apresentar hermafroditismo assíncrono e simultâneo (GOSLING, 2003). O hermafroditismo assíncrono ocorre quando o animal pode ser macho ou fêmea por um ou vários períodos do ano, e posteriormente ocorre uma mudança de sexo, já o hermafroditismo simultâneo ocorre quando os animais podem ser macho e fêmea ao mesmo tempo (GOSLING, 2003; SPENCER, 2002).

FATORES QUE INFLUENCIAM O CICLO REPRODUTIVO DOS BIVALVES

O ciclo reprodutivo dos bivalves é influenciado por fatores exógenos e endógenos, tais como alimentação, salinidade, temperatura, fatores endócrinos e neurológicos (BARREIRA; ARAÚJO, 2005; COSTA *et al.*, 2012). É importante ressaltar que os fatores exógenos influenciam fortemente no ciclo reprodutivo dos moluscos de areia, sendo assim os principais alvos de pesquisas, já os estudos voltados para os fatores endógenos são escassos (COSTA *et al.*, 2012).

A alimentação é citada na literatura como um dos principais fatores que influenciam o ciclo reprodutivo dos moluscos bivalves. Dentre as principais fontes de alimento para os bivalves temos o fitoplâncton, matéria orgânica dissolvida e matéria orgânica particulada (MANAHAN, 1990; PAGE; LASTRA, 2003). A disponibilidade de alimento no ambiente tem papel fundamental na desova dos moluscos de areia, uma vez que será utilizado pela espécie de acordo com a estratégia adequada para o seu desenvolvimento ou sobrevivência. Em estudo feito com *Leukoma asperrima* (G.B. Sowerby I, 1835), foi observado que o maior pico de desova da espécie ocorreu em um período de afloramento de fitoplâncton (LÓPEZ *et al.*, 2005). O aumento de nutrientes provenientes da abundância de alimento é utilizado pela espécie para sua reprodução, uma vez que o ambiente torna-se favorável para o desenvolvimento das larvas (LÓPEZ *et al.*, 2005). Diferentemente, Darriba *et al.* (2004) observaram que a desova do molusco de areia *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) ocorreu

quando os níveis de fitoplâncton atingiram o menor nível do ano. A estratégia utilizada pelo molusco visa reduzir a competição alimentar com outras espécies (DARRIBA; SAN; GUERRA, 2004).

A salinidade afeta diretamente na maturação e desova dos moluscos. Em estudo com *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin,1791) foi observado que a desova do animal está associada a diminuição da salinidade (BARREIRA; ARAÚJO, 2005), assim como foi observado em estudo com *Villorita cyprinoides* (Gray, 1985) onde foi constatado que a diminuição da salinidade foi responsável não somente pela desova da espécie como pela maturação (ARUN, 2009). Já em estudos com *Marcia opima* (Gmelin,1791) foi observado que os períodos de desova da espécie estão associados ao aumento da salinidade (SUJA; MUTHIAH, 2007).

A temperatura é o fator exógeno mais citado entre os estudos como sendo aquele que exerce maior influência no ciclo reprodutivo dos bivalves, atuando principalmente no início da gametogênese e desova das espécies (COSTA *et al.*, 2012; GOSLING, 2003). Em estudos com *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) e *Meretrix lusoria* (Röding, 1798) foi observado o início da gametogênese juntamente com o aumento da temperatura no ambiente (DRUMMOND; MULCAHY; CULLOTY, 2006; NAKAMURA *et al.*, 2010), já com a espécie *Solen marginatus* (Pulteney, 1799), as temperaturas elevadas durante o verão influenciaram na desova da espécie (AYACHE *et al.*, 2016).

Considerando o exposto acima, o presente estudo busca fornecer dados acerca dos aspectos reprodutivos do molusco de areia *L. pectorina* (Lamarck, 1818) como base para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos para produção da espécie, que por sua vez auxiliará na conservação da espécie em ambiente natural.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Descrever o ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) coletado no sul do Brasil.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar o índice de condição (IC) de *Leukoma pectorina*;
- Determinar a proporção sexual da espécie;
- Determinar o início da maturação da espécie;
- Descrever o desenvolvimento do tecido gonádico ao longo do ano utilizando como ferramenta técnicas histológicas;

2. ARTIGO

Ciclo reprodutivo do molusco de areia *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) no sul do Brasil

Alaine Carneiro da Silva; Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes; Thais Brito Freire; Claudio Manoel Rodrigues de Melo

2.1.1 Introdução

Leukoma pectorina (Lamarck, 1818) é um molusco de areia que habita regiões areno-lodosas ao longo de todo litoral brasileiro (LINS *et al.*, 2014; RIOS, 1994). Assim como diversos bivalves que possuem distribuição ao longo da zona costeira, *L. pectorina* têm importância ambiental e socioeconômica. Em estudos ecotoxicológicos realizados com moluscos, *L. pectorina* foi uma das espécies que atuaram como bioindicadores de poluentes ambientais (TAVARES *et al.*, 1988), na costa paraense destaca-se entre os moluscos mais consumidos e comercializados entre as populações litorâneas (BORCEM *et al.*, 2011; PALHETA; CAÑETE; CARDOSO, 2016). Apesar da sua relevância ambiental e socioeconômica para comunidades pesqueiras que habitam as regiões litorâneas do Brasil, *L. pectorina* possui poucos estudos acerca das suas características biológicas, tal como seu ciclo reprodutivo.

No Brasil estudos sobre os aspectos reprodutivos de moluscos bivalves teve início por volta dos anos 70 (BARREIRA; ARAÚJO, 2005). Entre as primeiras pesquisas temos a descrição da reprodução do mexilhão *Perna perna* (Lineaus, 1758) realizada por Lunnetta (1969), desde então estudos que buscam conhecer as características da biologia reprodutiva de ostras (GOMES *et al.*, 2014; LENZ; BOEHS, 2011), mexilhões (CHRISTO; FERREIRA-JR; ABSHER, 2016; GALVÃO *et al.*, 2006), vieiras (SÜHNEL *et al.*, 2010) e moluscos de areia (AVEIRO *et al.*, 2011; BORZONE; VARGAS; PEZZUTO, 2001; LAVANDER *et al.*, 2011; PEZZUTO; SCHIO; ALMEIDA, 2010) têm sido realizados ao longo dos anos no Brasil.

O ciclo reprodutivo dos bivalves normalmente é anual e consiste na ativação das gônadas, desenvolvimentos dos gametas, maturidade, desova e um período de repouso (COSTA *et al.*, 2012). O desenvolvimento do tecido gonádico dos bivalves é avaliado através de técnicas histológicas, composição bioquímica, determinação do índice de condição (IC) e observações visuais (QUAYLE; NEWKIRK, 1989). Os métodos possuem vantagens e desvantagens, com isso o ideal é realizar conjuntamente métodos qualitativo, como o

histológico, e um método quantitativo, como a determinação do índice de condição (COSTA *et al.*, 2012; GOSLING, 2003).

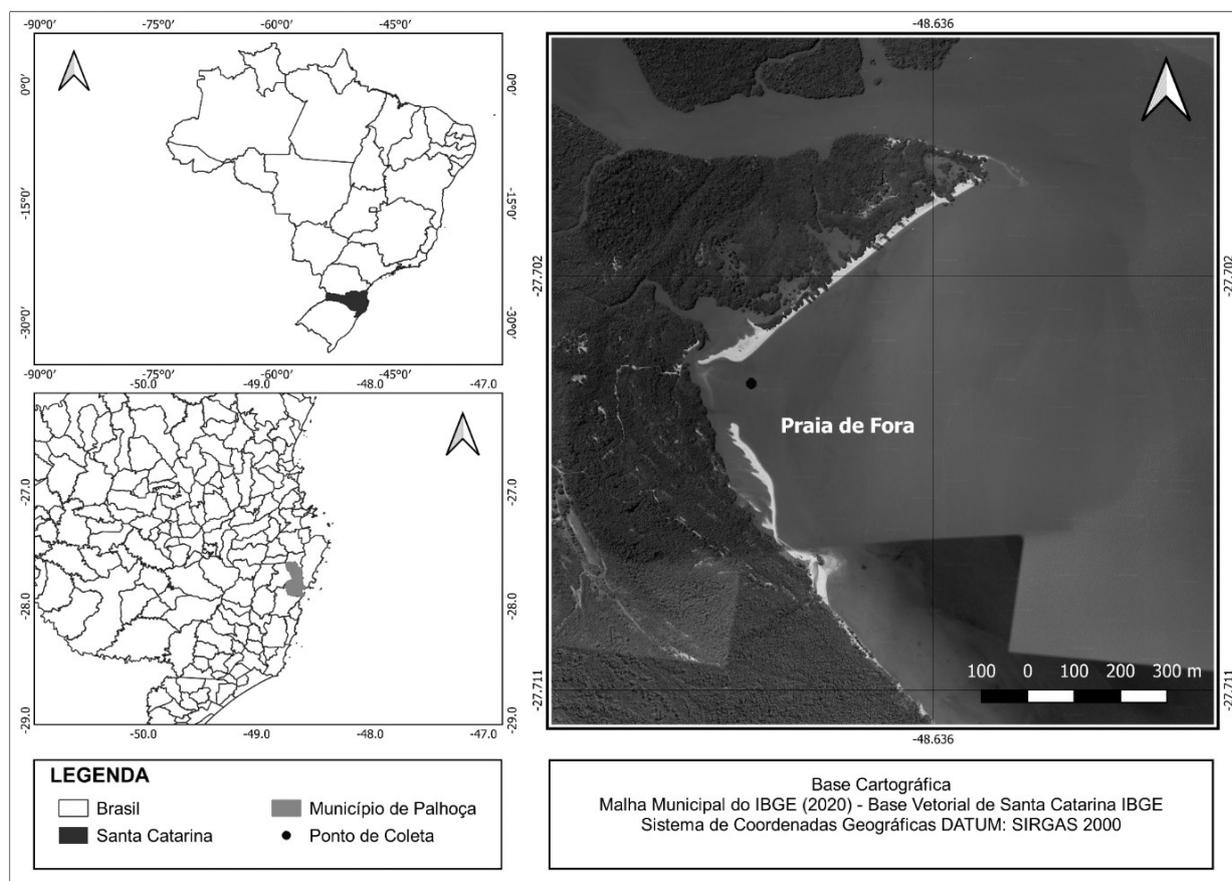
Fatores ambientais como disponibilidade alimentar, salinidade e temperatura atuam fortemente no ciclo reprodutivo dos bivalves (BARREIRA; ARAÚJO, 2005; COSTA *et al.*, 2012; KE; LI, 2013). Em estudos feitos com *Leukoma asperrima* (LÓPEZ *et al.*, 2005), *Macra veneriformis* (KE; LI, 2013) e *Ensis arcuatus* (DARRIBA; SAN; GUERRA, 2004) tanto o aumento quanto a diminuição de alimento no ambiente foi responsável pelo desenvolvimento dos gametas e pela desova das espécies. Em relação a salinidade, estudos realizados com *Villorita cyprinoides* (ARUN, 2009), *Marcia opima* (SUJA; MUTHIAH, 2007) e *Anomalocardia brasiliiana* (BARREIRA; ARAÚJO, 2005) demonstraram que a desova e a maturação dos animais são influenciadas pelo aumento e diminuição da salinidade. A temperatura é o fator mais citado na literatura e que exerce maior influência no ciclo reprodutivo dos bivalves (COSTA *et al.*, 2012; DARRIBA; SAN; GUERRA, 2004; GOSLING, 2003; JOAQUIM *et al.*, 2008; NICHOLS, 1996). Em estudos com *Ruditapes philippinarum* (DRUMMOND; MULCAHY; CULLOTY, 2006), *Meretrix lusoria* (NAKAMURA *et al.*, 2010) e *Solen marginatus* (AYACHE *et al.*, 2016) foi observado o início da gametogênese e a desova das espécies concomitante ao aumento da temperatura no ambiente.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é descrever os aspectos reprodutivos da espécie *L. pectorina* (Lamarck, 1818) através de análises histológicas e do índice de condição (IC).

2.1.2 Material e métodos

Espécimes de *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) foram coletados no município de Palhoça, na Barra do Aririu (27°42'15.6" S, 48°38'23.9" W).

Figura 2. Localização da área de coleta, município de Palhoça, Santa Catarina, Brasil



Fonte: Autora, 2023

Delineamento experimental

Mensalmente, entre janeiro e dezembro de 2022, exemplares de *L. pectorina* foram coletados e encaminhados para o Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), onde após serem limpos foram medidos com auxílio de paquímetro para obtenção de comprimento (mm), largura (mm) e altura (mm) da concha do animal. Utilizou-se uma balança de precisão de 0,001 g para obtenção do peso total (g) de cada animal. Em seguida, os animais tiveram suas partes moles retiradas para determinação do índice de condição (IC) e para análises histológicas no Laboratório de Patologia e Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS/UFSC).

Determinação do índice de condição (I.C)

Aproximadamente, quinze animais com tamanhos entre 19 e 30 mm, foram pesados ($7,52 \pm 1,59$ g) com auxílio de uma balança de precisão de 0,001 g. Em seguida realizou-se a

retirada das partes moles dos animais. Para obtenção do peso úmido, a parte mole foi pesada e seca em estufa a 68°C por 48 horas. Ao fim deste período, a parte mole foi novamente pesada e assim, obteve-se o peso seco. A concha foi mantida em temperatura ambiente por 24 horas, após esse período foi pesada para obtenção do peso da concha, segundo metodologia descrita por CROSBY & GALE (1990).

Variáveis ambientais

Medidas de salinidade e temperatura (°C) foram determinadas mensalmente no local de coleta, com auxílio de refratômetro portátil NQRF-32ATC e termômetro manual, respectivamente.

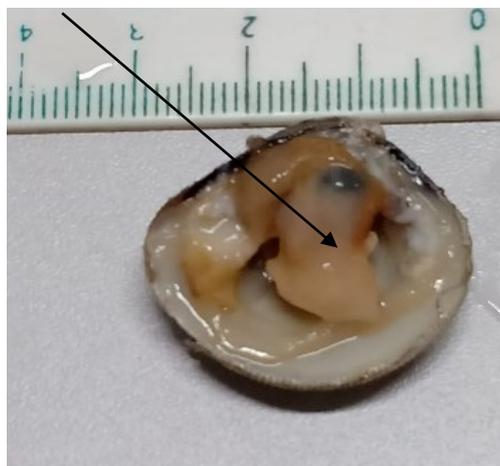
Para análise do séston, amostras de água (0,30 m de profundidade) foram coletadas mensalmente no ponto de coleta, armazenadas em garrafas de vidro escuras (500 mL) e conservadas resfriadas para posterior análise em laboratório. As concentrações de matéria particulada total (MPT), matéria orgânica particulada (MOP) e matéria inorgânica particulada (MIP) foram determinadas pelo método gravimétrico de filtração de acordo com adaptação da metodologia proposta por Strickland & Parsons (1972). Amostras de água (250 mL) foram filtradas, em duplicata, em microfiltros de fibra de vidro Whatman GF/C (0,48 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro), previamente lavados com água destilada, calcinados e pesados. Após a filtração, foram adicionados 5 mL de formiato de amônio para remoção de sal contido na amostra. Em seguida os filtros foram armazenados em estufa por de 48 horas, após esse período foram pesados para obtenção de MPT, em seguida foram queimados na mufla (460°C) durante 4 horas, e posteriormente foram pesados para obtenção de MOP e MIP.

Análises histológicas

Cerca de quinze animais tiveram suas partes moles retiradas para análises histológicas, e foram mantidas em solução fixadora de Davison marinho (SHAW; BATTLE, 1957) durante 48 horas e então preservados em álcool 70% até o processamento. Após a fixação, realizou-se secção transversal no tecido muscular (região acima do pé do animal) para obtenção de corte de 4 mm de espessura, em seguida os tecidos foram acondicionados em cassetes para procedimentos tais como, banhos crescentes de álcool, xilol e parafina e, posteriormente os tecidos foram inseridos em blocos de parafina. Realizaram-se cortes em

secções de 7 µm de espessura em micrótomo e em seguida os tecidos foram colocados em lâminas de vidro e corados com eosina e hematoxilina Harrys.

Figura 3. Região de secção no tecido muscular de *L. pectorina* para análise histológica.



Fonte: Autora, 2023

As lâminas histológicas obtidas foram analisadas em microscopia óptica para determinação de estágio de ciclo reprodutivo e sexo. As fases do ciclo reprodutivo (Quadro 1) foram classificadas, com adaptações, de acordo com Xie e Burnell (1994).

Quadro 1- Descrição dos estádios de desenvolvimento do tecido gonádico de *L. pectorina*

| Estádios | Descrição histológicas em fêmeas | Descrição histológicas em machos |
|-------------------|---|---|
| Pré-maturação | Número crescente de ovócitos nas paredes do folículo; ovócitos pequenos, e poucos ovócitos livres no lúmen. | Início da proliferação gonadal; presença de espermatogônias, espermatócitos e espermátides nos folículos; sem espermatozoides. |
| Maturação | Diminuição do tecido conjuntivo; ovócitos livres presentes no lúmen, porém em menor quantidade do total de ovócitos presentes nos folículos; Ovócitos de vários tamanhos em abundância. | Espermatogônia, espermatócitos, espermátides e espermatozoides coexistentes nos folículos; maioria dos folículos preenchidos por espermatozoides. |
| Maduro | Gônadas preenchendo grande parte da superfície; maioria dos ovócitos livres no lúmen com uma configuração poligonal; parede do folículo fina. | Folículos justapostos, densamente preenchidos com espermatozoides com sua cauda apontada para o centro do lúmen. |
| Desova parcial | Número reduzido de ovócitos livres no folículo após liberação dos gametas. | Espermatozoides visíveis, sendo responsáveis pela maior parte das células do folículo; espaço vazio em alguns folículos devido liberação dos espermatozoides. |
| Desova e absorção | Folículos rompidos e relativamente vazios; apenas ovogônias e ovócitos residuais encontrados nos folículos, a maioria passando por reabsorção; presença de fagócitos. | Folículos rompidos e relativamente vazios; apenas espermatozoides residuais encontrados e em reabsorção nos folículos. |

Fonte: Adaptado de Xie, Burnell (1994)

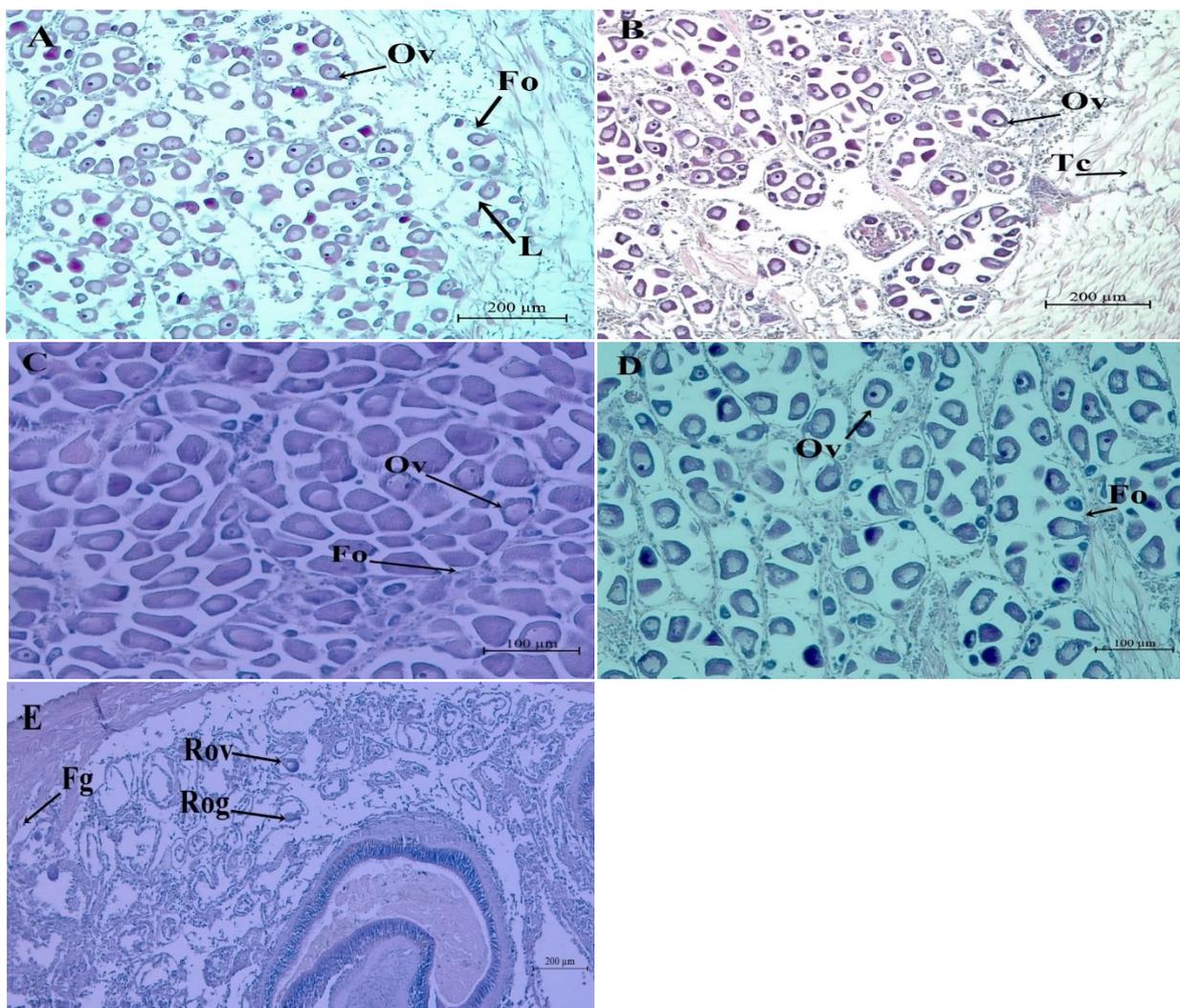
Análise estatística

Para análise do índice de condição (IC), da altura (mm), da largura (mm), do comprimento (mm) e do peso (g) dos animais foi utilizado ANOVA e as médias comparadas através do teste de Tukey-Kramer. Para análise do desenvolvimento do tecido gonádico foi utilizado teste t, via permutação. Todos os dados foram analisados levando-se em consideração o nível de significância de 5%, com auxílio do programa estatístico SAS.

2.1.3 Resultados

Os estágios de desenvolvimento do tecido gonádico de fêmeas e machos de *L. pectorina* foram determinados de acordo com as descrições fornecidas no Quadro 1 e com base nas análises histológicas (Figuras 4 e 5).

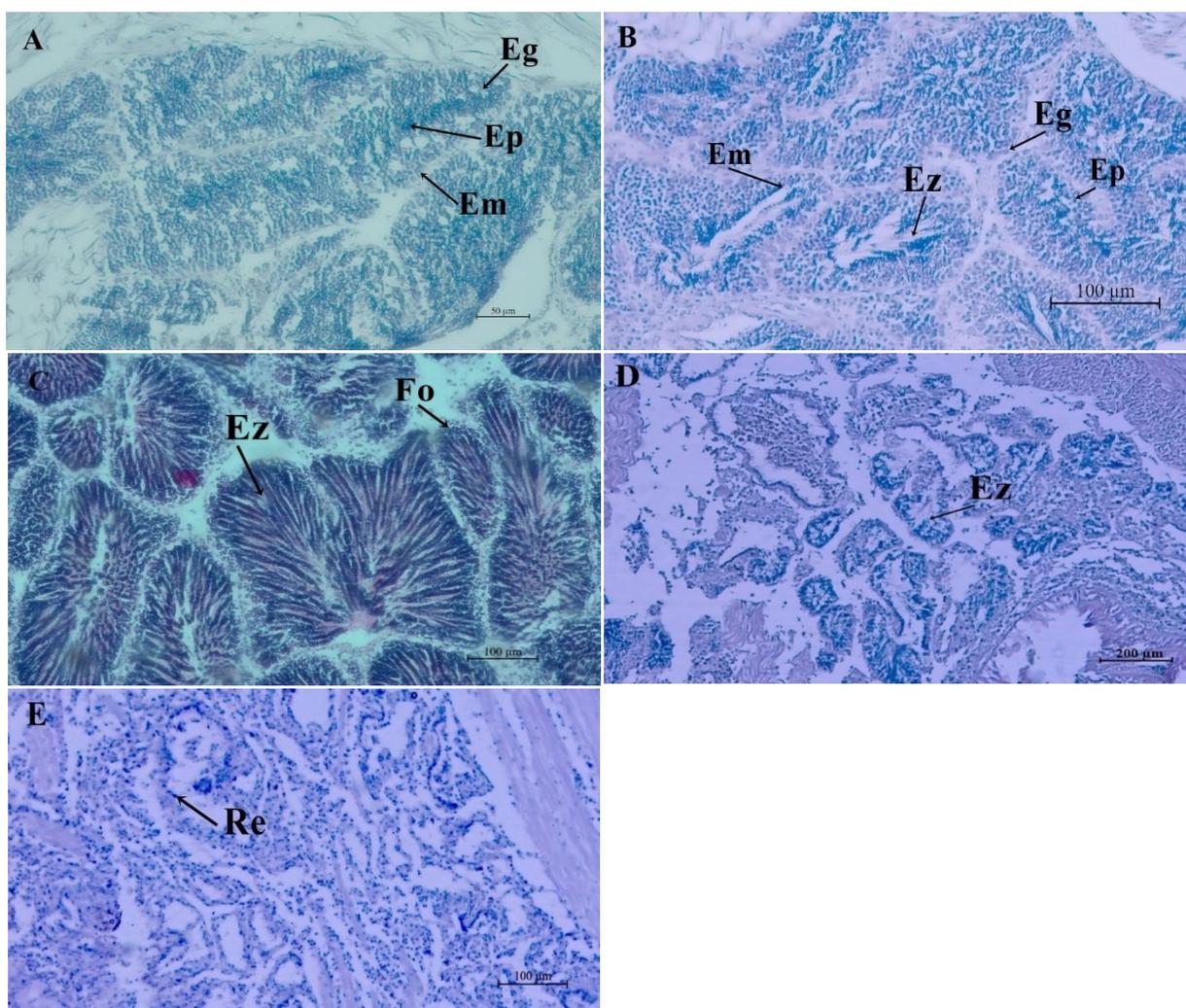
Figura 4. Estágios de desenvolvimento do tecido gonádico em fêmeas de *L. pectorina*



(A) Pré-maturação; (B) Maturação; (C) Maduro; (D) Desova parcial (E) Desova e absorção.

Ov = ovócito; Fo= folículo; L =Lúmen; Tc = tecido conjuntivo; Fg = fagócito; Rov = resíduos ovócitos; Rog = resíduos ovogônias. Fonte: Autora, 2023.

Figura 5. Estágios de desenvolvimento do tecido gonádico em machos de *L. pectorina*



(A) Pré-maturação; (B) Maturação; (C) Maduro; (D) Desova parcial (E) Desova e absorção.

Eg = espermatogônia; Ep = espermatócito; Em = espermátide; Ez = espermatozoide; Fo= folículo; Re = resíduos espermatozoide. Fonte: Autora, 2023.

Ciclo gonadal

As análises histológicas demonstraram que não houve diferença significativa entre os estágios de pré-maturação, maturação, maduro e desova da espécie *L. pectorina* ao longo do ano (Figura 6). A espécie não apresentou estágio de repouso, sendo observado ao longo de todo o estudo somente os estágios de pré-maturação, maturação e desova. De um total de 145 animais avaliados, 63 eram machos e 82 eram fêmeas, sendo a proporção entre machos e fêmeas de 1: 1,30, não houve presença de hermafroditas.

No geral, o processo de gametogênese foi observado ao longo de todo ano. Animais em estágio de pré-maturação não foram observados nos meses de janeiro, fevereiro, junho e julho. Animais em estágio de maturação não foram encontrados nos meses de fevereiro, maio

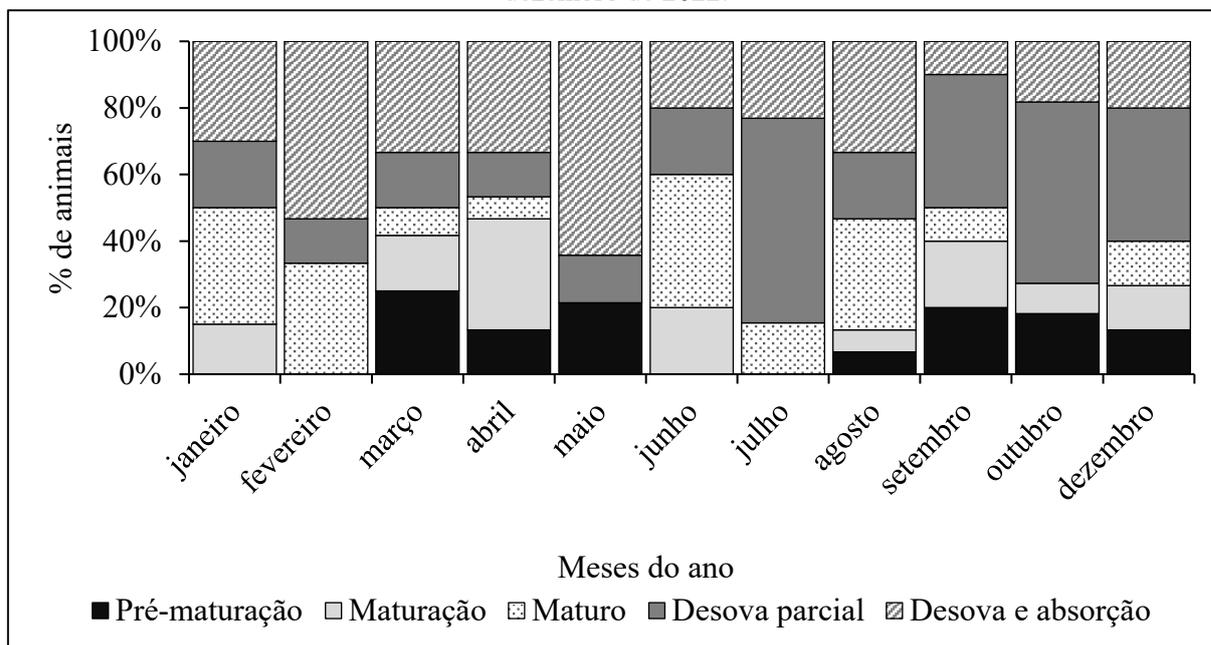
e julho. Animais em pré-maturação e maturação foram encontrados em maior porcentagem nos meses de março e abril, respectivamente, e em menor porcentagem no mês de agosto.

A presença de animais maduros ocorreu ao longo de todo ano, exceto nos meses de maio e outubro. A maior porcentagem de animais maduros foi observado no mês de junho e a menor em abril.

A desova da espécie ocorreu em todos os meses do ano. A maior porcentagem de animais em estágio de desova parcial ocorreu no mês de julho, os meses de fevereiro e abril foram os meses em que ocorreram as menores porcentagens de animais em desova parcial. A maior porcentagem de animais em estágio de desova e absorção ocorreu no mês de maio e a menor porcentagem de animais em estágio de desova e absorção ocorreu no mês de setembro.

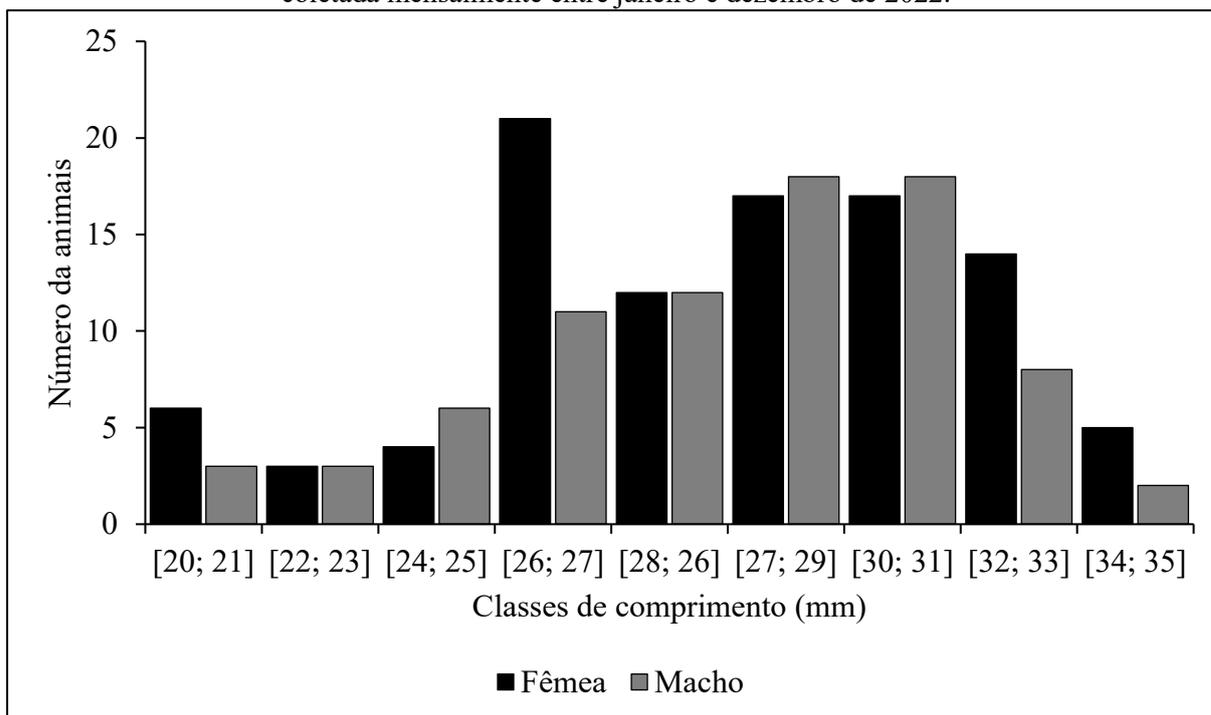
Os animais coletados apresentaram fase inicial de maturação com comprimento mínimo de concha de 21 mm, tanto machos quanto fêmeas, já animais maduros foram encontrados com tamanho mínimo de concha de 21mm (fêmea) e 25 mm (macho) (Figura 7).

Figura 6. Estágios do desenvolvimento gonadal de *L. pectorina* coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022.



O mês de novembro não consta no gráfico devido ausência de animais no local de coleta. Fonte: Autora, 2023.

Figura 7. Número de animais por classes de comprimento (mm) da concha por sexo de *L. pectorina* coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022.



Fonte: Autora, 2023.

Índice de condição (IC)

O índice de condição da espécie apresentou diferenças significativas entre os meses de janeiro, março, abril, e maio em relação aos meses de outubro e dezembro. Somente os valores de IC referentes a fevereiro, julho e agosto não possuem diferenças significativas em relação aos valores de IC observados nos outros meses do ano (Figura 8).

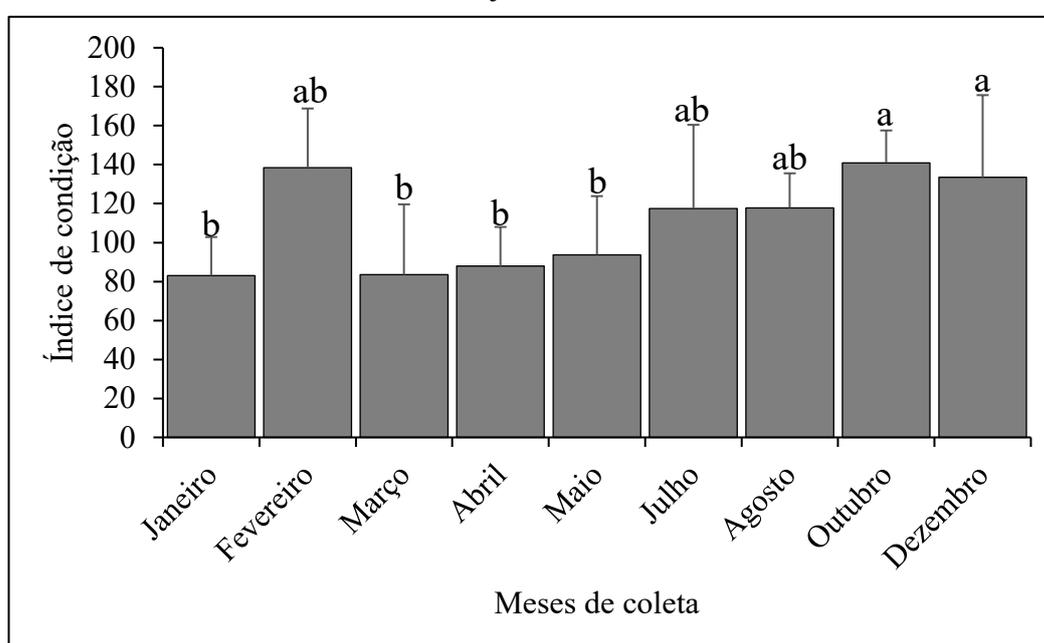
O IC foi maior em outubro ($140,95 \pm 16,60$) seguido dos meses de fevereiro ($138,37 \pm 30,45$) e dezembro ($133,51 \pm 42,17$). De acordo com as análises histológicas, os meses de outubro, fevereiro e dezembro apresentaram animais em desova parcial, com proporção de 55%, 13% e 40%, respectivamente, e desova e absorção ocorrendo em 18%, 53% e 20% das amostras analisadas.

Durante os meses de outubro e dezembro animais em pré maturação e maturação representaram 18% ,13%, 9% e 13%, respectivamente, das amostras analisadas. Não houve ocorrência de animais nesses dois estágios gonádicos no mês de fevereiro. Animais maduros foram encontrados nos meses de fevereiro e dezembro, representando 33% e 13% das amostras analisadas. Não houve ocorrência de animais nesse estágio gonádico no mês de outubro.

Os animais coletados no mês de janeiro apresentaram o menor valor de IC ($83,02 \pm 19,82$), seguido daqueles coletados nos meses de março ($83,49 \pm 36,14$) e abril ($87,92 \pm$

20,10). Em janeiro, 15% os animais analisados estavam em maturação, 35% eram maduros, 20% encontravam-se em desova parcial e 30% em desova e absorção. Não foram observados animais em pré-maturação em janeiro. Durante os meses de março e abril animais em pré-maturação representaram 25% e 13%, respectivamente, animais em maturação representaram 17% e 33%, animais maduros representaram 8% e 7%, animais em desova parcial representaram 17% e 13% e animais em desova e absorção representaram, nos dois meses, 33% das amostras analisadas.

Figura 8. Média \pm (desvio padrão) do índice de condição de *L. pectorina* coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022.



Letras diferentes representam diferença significativa no índice de condição nos meses do ano, de acordo com teste Tuckey-Kramer. Os meses setembro a novembro não constam no gráfico devido ausência de animais no local de coleta. Fonte: Autora, 2023.

Análises biométricas

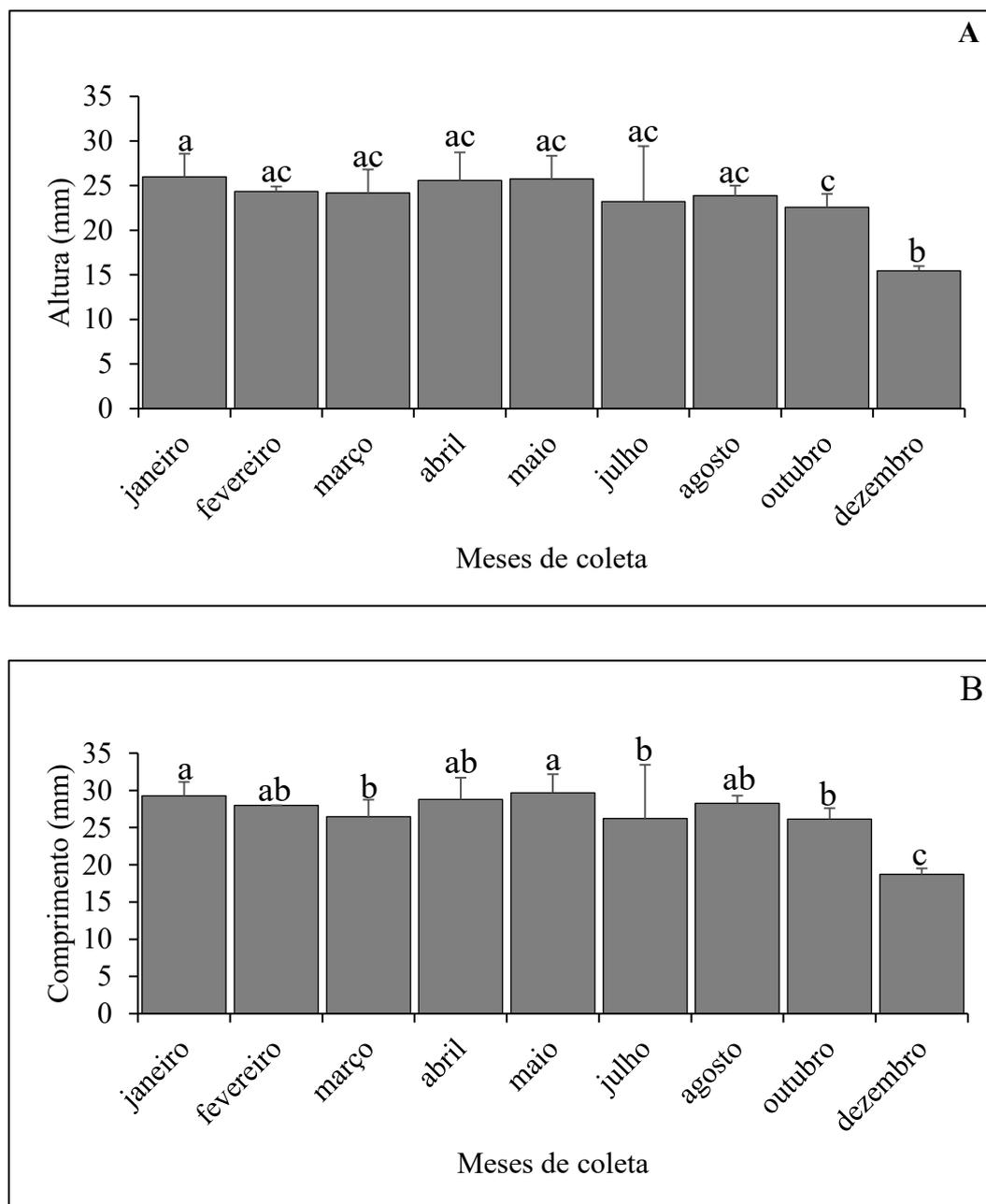
A média da altura dos animais coletados variou entre $26 \pm 2,58$ mm e $15,45 \pm 0,52$ mm, respectivamente, nos meses de janeiro e dezembro. A média do comprimento variou entre $29,67 \pm 2,50$ mm e $18,73 \pm 0,79$ mm, nos meses de maio e dezembro, e a média da largura variou entre $17,38 \pm 1,45$ mm e $10,36 \pm 0,50$ mm, nos meses de janeiro e dezembro (Figura 9). O peso médio variou entre $9,44 \pm 2,24$ mm e $1,95 \pm 0,23$ mm, nos meses de janeiro e dezembro, respectivamente.

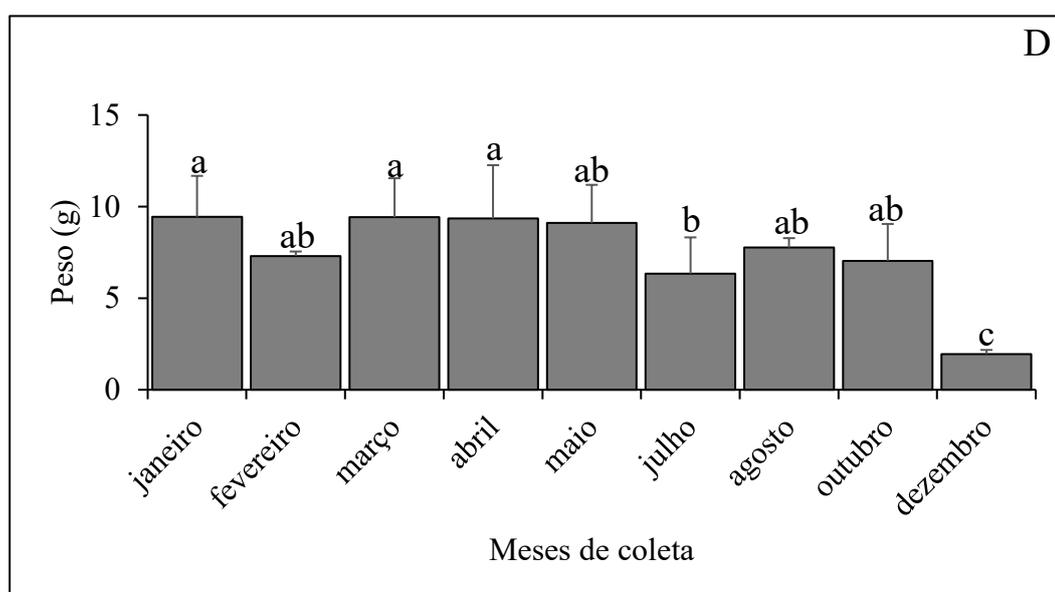
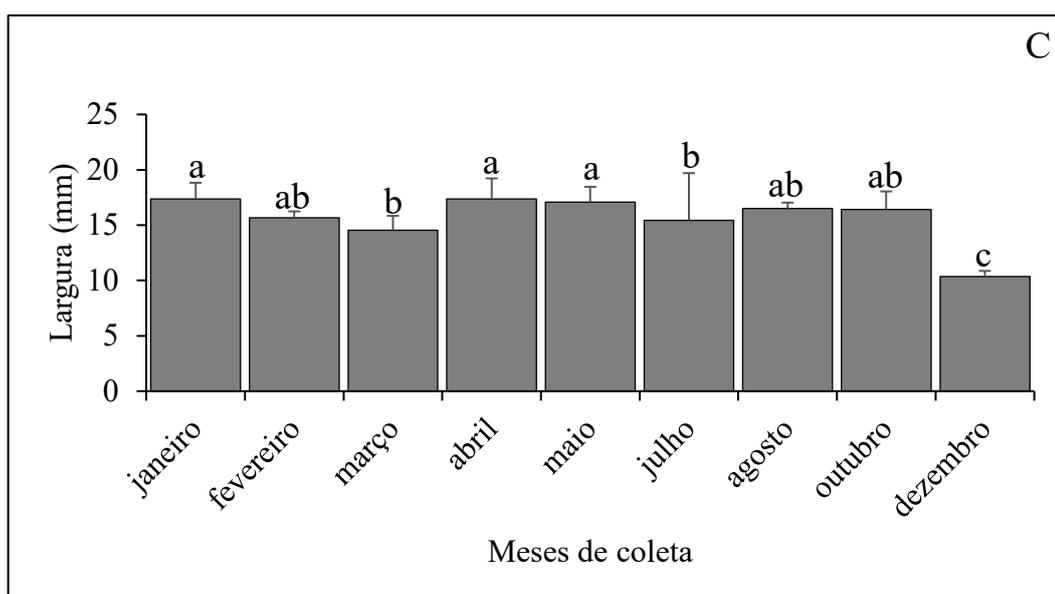
A altura da espécie apresentou diferença significativa de todos os meses analisados com relação a dezembro ($p < 0,05$). A altura também apresentou no mês de janeiro diferença

significativa em relação à altura dos animais amostrados em outubro (Figura 9, A). O comprimento de *L. pectorina* apresentou diferença significativa de todos os meses analisados com relação a dezembro. O comprimento da espécie nos meses de janeiro e maio também apresentou diferença significativa com relação às medidas de comprimento em março, julho e outubro (Figura 9, B).

A largura de *L. pectorina* apresentou diferença significativa de todos os meses analisados com relação a dezembro. Nos meses de janeiro, abril e maio, a largura da espécie também apresentou diferença significativa com relação às medidas de largura em março e julho (Figura 9, C). O peso de *L. pectorina* apresentou diferença significativa de todos os meses analisados com relação a dezembro. Nos meses de janeiro, março e abril, os valores do peso da espécie também apresentaram diferença significativa com relação ao peso da espécie em julho (Figura 9, D).

Figura 9. Média (\pm desvio padrão) da altura (mm), comprimento (mm), largura (mm) da concha e peso (g) total de *L. pectorina* coletada mensalmente entre janeiro e dezembro de 2022.





Letras diferentes representam diferença significativa na altura, comprimento, largura e peso de *L. pectorina*, entre os meses do ano, de acordo com teste Tuckey-Kramer. Os meses de junho, setembro e novembro não constam no gráfico devido ausência de animais no local de coleta. Fonte: Autora, 2023.

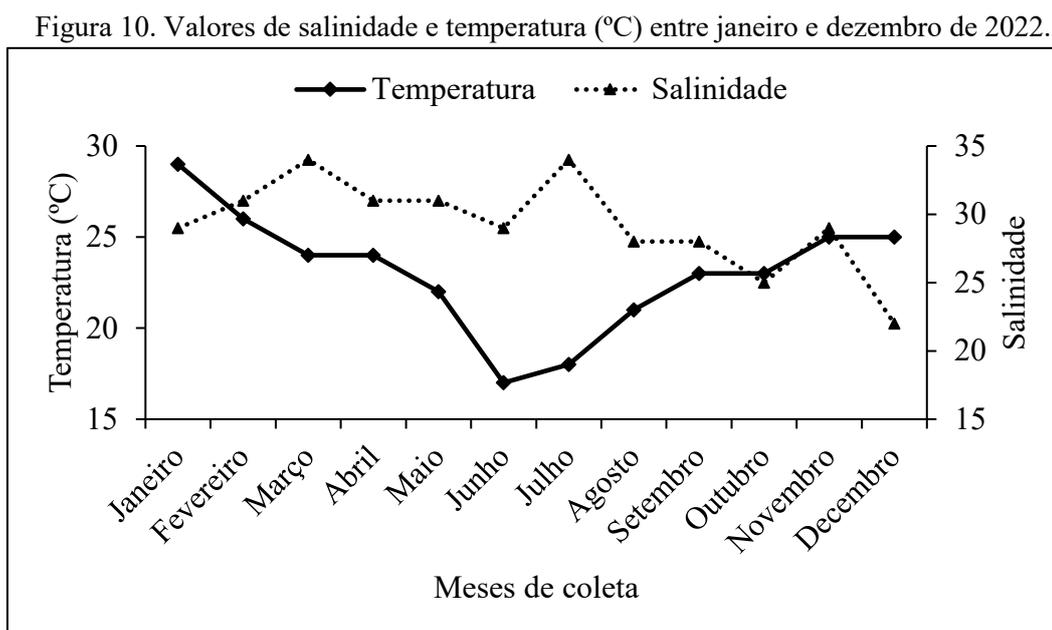
Variáveis ambientais

Temperatura

A temperatura apresentou os menores valores entre os meses de janeiro e junho, variando entre 29 e 17°C. Em julho a temperatura aumentou para 18°C e seguiu aumentando até o mês de dezembro, quando atingiu 25°C (Figura 10).

Salinidade

A salinidade variou entre 29 e 34 nos meses de janeiro a julho (Figura 10). Em agosto a salinidade diminuiu para 28 permanecendo assim até o mês de outubro quando chegou a 25, em novembro aumentou para 29 e em dezembro teve uma queda brusca para 22, sendo este seu menor valor ao longo do ano. Os maiores valores da salinidade (34) foram registrados nos meses de março e julho.

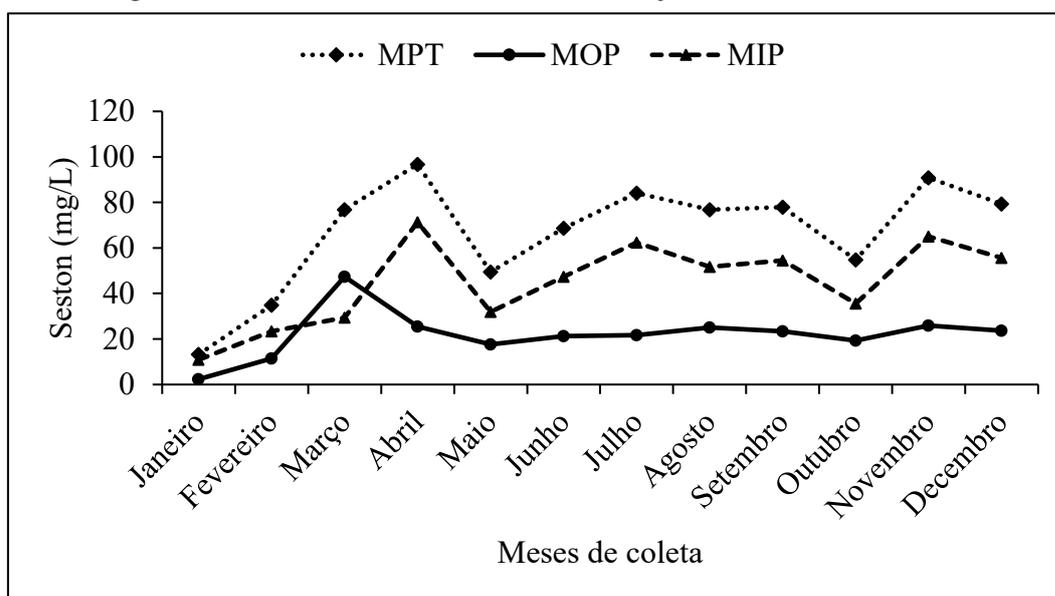


Fonte: Autora, 2023

Séston

Valores de MPT e MIP variaram bastante ao longo do ano (Figura 11), tendo seus menores valores em janeiro (13,22 e 10,88 mg/L), e seus maiores valores em abril (96,74 e 71,30 mg/L). MOP teve menor valor em janeiro (2,34 mg/L) e maior valor em março (47,38 mg/L), no mês de abril diminuiu para 25,44 mg/L e em maio seu valor caiu para 17,60 mg/L. Os valores de MOP apresentaram poucas variações ao longo do restante do ano, variando entre 17,60 mg/L e 25,84 mg/L.

Figura 11. Valores de MPT, MOP e MIP entre janeiro e dezembro de 2022.



Fonte: Autora, 2023

2.1.4 Discussão

O ciclo reprodutivo dos bivalves é afetado pela localização geográfica e pela interação entre fatores exógenos (salinidade, temperatura e disponibilidade alimentar) e fatores endógenos (reserva alimentar, genótipo e fatores endócrinos). A associação entre esses fatores também é responsável por caracterizar os padrões reprodutivos de cada espécie de molusco bivalve (COSTA, 2012; MAIA; SOBRAL; GASPAR, 2006).

Bivalves que habitam regiões tropicais, normalmente, possuem padrão reprodutivo contínuo, adotando estratégias reprodutivas tais como a intensa proliferação de gametas maduros e desovas sincrônicas e assincrônicas durante certos períodos de tempo (CÁRDENAS; ARANDA, 2000). A disponibilidade alimentar ao longo de todo o ano e as baixas variações na temperatura são favoráveis para a reprodução das espécies, uma vez que não há competição alimentar e as variações da temperatura nos trópicos não afetam tão intensamente o metabolismo dos animais quando comparadas a temperaturas de regiões com clima temperado (CÁRDENAS; ARANDA, 2000; GADELHA; MELO, 2017). O resultado obtido no presente estudo sobre a característica reprodutiva da espécie *L. pectorina* corrobora com os resultados encontrados em estudos realizados nas regiões tropicais com os moluscos de areia, *Anomalocardia brasiliiana* (NARCHI, 1976), *Leukoma asperrima* (LÓPEZ *et al.*, 2005) e *Tivela mactroides* (DENADAI *et al.*, 2015) demonstrando que o padrão reprodutivo adotado pelo molusco se deve as interações do ambiente no qual o animal está inserido.

A proporção sexual com prevalência de fêmeas é uma estratégia adotada por alguns moluscos bivalves com finalidade de maximizar o sucesso reprodutivo da espécie (BARMAN; WONG; KARIM, 2022; GADELHA; MELO, 2017). De acordo com Mzighani (2005), o fato dos bivalves apresentarem reversão sexual protândrica, revelaria o motivo da prevalência feminina em alguns ambientes. Morton (1991) acredita que o predomínio de animais do sexo feminino é uma estratégia para o sucesso reprodutivo em regiões de grandes variações ambientais, porquanto, a demanda por energia deve ser maior para que a ovogênese seja bem sucedida. O padrão de proporção sexual observado em *L. pectorina* neste estudo corrobora com os padrões encontrados nos trabalhos realizados com *Marcia opima* (SUJA; MUTHIAH, 2007), *Villorita cyprinoides* (ARUN, 2009), *Megapitaria aurantiaca* (GARCÍA-DOMÍNGUEZ; GARCÍA-GASCA; CASTRO-ORTIZ, 1994) e *Anomalocardia brasiliana* (LAVANDER *et al.*, 2011) que também apresentaram maior proporção de fêmeas em relação à machos. No presente estudo, a predominância de fêmeas pode indicar uma estratégia adotada por *L. pectorina* devido o habitat onde se encontra, com a finalidade de obter sucesso na sua reprodução.

O índice de condição revela informações rápidas acerca das condições reprodutivas dos animais. Geralmente está associado a maturação e desova dos bivalves. Altos valores costumam estar associados ao estágio de maturação, ao passo que baixos valores podem estar associados ao estágio de desova (BARMAN; WONG; KARIM, 2022; CHRISTO; FERREIRA-JR; ABSHER, 2016; VIDYA *et al.*, 2020). O resultado encontrado no presente trabalho corrobora com estudos realizados com os moluscos de areia *Mesodesma mactroides* (HERRMANN *et al.*, 2009) e *Venerupis senegalensis* (JOAQUIM *et al.*, 2011) que apresentaram uma relação negativa entre as análises histológicas e o índice de condição. Vale destacar que o resultado de IC obtido neste estudo não corrobora com os resultados comumente encontrados na literatura acerca da relação entre índice de condição e ciclo gametogênico dos bivalves, que costumam apresentar o maior valor de IC em animais maduros. Neste trabalho os maiores valores de IC foram verificados em animais em estágio de desova. Uma possível explicação para este comportamento seria o padrão reprodutivo contínuo adotado pela espécie, sendo responsável por uma rápida recuperação seguida de acúmulo de reserva que será utilizada no processo posterior de gametogênese.

O conhecimento acerca do tamanho em que ocorre a primeira maturação dos bivalves é importante para entender as características populacionais de cada espécie, porquanto, o início da maturação sexual é uma estratégia reprodutiva que varia de acordo com

a região onde a espécie habita sendo influenciada por fatores exógenos, pressões ambientais e antrópicas (BAYNE, 1973; CÁRDENAS; ARANDA, 2000; GADELHA; MELO, 2017).

Em trabalho realizado com *Meretrix lusoria*, na Coréia do Sul, Chung (2007) constatou que o início da maturação sexual da espécie ocorria em animais com comprimento entre 40-45 mm, em estudo com *Solen marginatus*, em Portugal, Maia *et al.* (2006) constataram que o início da maturação sexual ocorria em animais com 47,7 mm de comprimento. No Brasil, estudos com a espécie *Anomalocardia brasiliiana* em Fortim, no Ceará, Barreira *et al.* (2005) verificaram animais em maturação com tamanho de 12,9 mm de comprimento, enquanto o Donacidae, *Donax Hanleyanus*, no Rio grande do Sul, apresentou animais em maturação com tamanho entre 12,28 mm e 12,60 mm de comprimento (GIL; THOMÉ, 2004), e em *Iphigenia brasiliiana*, na Baía de Todos os Santos, na Bahia, constatou-se o início da maturação sexual em animais com tamanho de 11,4 mm de comprimento (SILVA; PESO-AGUIAR; RIBEIRO, 2012). O resultado obtido neste estudo quanto ao tamanho inicial da maturação sexual da espécie *L. pectorina*, não corroborou com os trabalhos realizados em regiões de clima temperado, porém, o resultado foi semelhante ao encontrado em estudos com as espécies *Anomalocardia brasiliiana* (BARREIRA; ARAÚJO, 2005), *Donax Hanleyanus* e *Iphigenia brasiliiana* (SILVA; PESO-AGUIAR; RIBEIRO, 2012) realizados no Brasil, região de clima tropical. Bivalves que habitam regiões de baixa latitude costumam adotar estratégia reprodutiva oportunista, que consiste no direcionamento da energia adquirida através do alimento para maturação das gônadas, em vez de ser armazenada no tecido somático (BAYNE, 1973; CÁRDENAS; ARANDA, 2000; COSTA, 2012). Tendo em vista que a disponibilidade de alimento nas regiões tropicais é abundante ao longo de todo o ano, conseqüentemente, as espécies costumam adotar um padrão de ciclo reprodutivo contínuo, já que possuem energia suficiente para maturar gametas, com isso as espécies tropicais costumam apresentar o início da maturação com tamanhos menores quando comparados a bivalves de regiões temperadas (CÁRDENAS; ARANDA, 2000; COSTA *et al.*, 2012).

A temperatura é amplamente mencionada na literatura como um fator ambiental responsável por exercer grande influência no ciclo reprodutivo dos bivalves, atuando principalmente na maturação e desova das espécies (ARUN, 2009; COSTA, 2012; GOSLING, 2003). Em estudo com *L. asperrima*, López (2005) observou que a queda da temperatura foi um fator que aumentou a porcentagens de animais em estágios de desova e gametogênese, contudo, em estudo com *Chione pubera*, Borzone (2001) verificou que a espécie apresentou períodos de desova com o aumento da temperatura, e os picos de

gametogênese ocorreram no outono e na primavera. De modo semelhante, o aumento da temperatura também foi responsável pela desova da espécie *Anomalocardia brasiliiana* (CORTE, 2015), e os picos de gametogênese da espécie ocorreram no fim do verão e no início da primavera. O resultado deste trabalho corroborou com os estudos citados anteriormente, uma vez que a espécie possui ciclo reprodutivo contínuo e apresenta picos de desova e de gametogênese tanto em período de aumento da temperatura quanto em período de queda da temperatura. As variações da temperatura estimulam a gametogênese e desova de *L. pectorina*, atuando principalmente na intensidade dos estágios reprodutivos da espécie, uma vez que a maturação e eliminação de gametas foi predominante ao longo dos meses analisados.

A salinidade é uma variável ambiental que atua na maturação gonadal, na desova, na liberação de gametas e na determinação sexual das espécies de bivalves (BARREIRA; ARAÚJO, 2005; LENZ; BOEHS, 2011; PAIXÃO *et al.*, 2013; SUJA; MUTHIAH, 2007). Em estudo com *Villorita cyprinoides*, Arun (2009) notou que a diminuição da salinidade influenciou na desova da espécie, já em estudos com *Marcia opima*, foi verificado que o aumento da salinidade ajudou a desencadear o estágio de desova na espécie (SUJA; MUTHIAH, 2007). Em estudo com *Ruditapes decussatus*, *Ruditapes philippinarum*, *Venerupis corrugata*, e *Cerastoderma edule*, Vázquez (2021) observou que em salinidades baixas as espécies apresentavam um atraso no início da gametogênese. No presente trabalho não foi observado nenhuma relação entre as variações da salinidade e o ciclo reprodutivo de *L. pectorina*, assim como em estudo realizado com o molusco de areia, *Donax hanleyanus* (GIL; THOMÉ, 2004), onde a espécie demonstrou sofrer somente influência da temperatura e a variável salinidade não demonstrou ser um fator determinante no ciclo reprodutivo do bivalve.

A disponibilidade alimentar está diretamente ligada à desova dos moluscos bivalves, influenciando na estratégia adotada para o desenvolvimento ou sobrevivência das espécies (DARRIBA; SAN; GUERRA, 2004; LÓPEZ *et al.*, 2005). A abundância de alimento no ambiente (fitoplâncton e material particulado) atua no desenvolvimento gametogênico e na maturação sexual dos bivalves, porquanto, esses estágios reprodutivos dos moluscos estão intimamente ligados ao acúmulo de nutrientes (COSTA *et al.*, 2012).

Em estudo feito com *Ensis arcuatus*, na Espanha, Darriba (2004) verificou que tanto o início da gametogênese quanto a desova da espécie ocorreram quando os níveis de fitoplâncton diminuíram, enquanto que Yan *et al.* (2010) em estudo com *Cyclina sinensis* na China, verificou que a espécie desova no período de floração de fitoplâncton e o estágio de

gametogênese tem início quando o alimento diminuiu no ambiente. Em estudo realizado com *Venus antiqua*, no Chile, Stead *et al.* (1997) verificaram que o desenvolvimento gametogênico e a desova da espécie ocorreram quando a quantidade de fitoplâncton e séston foram abundantes no ambiente. Esse mesmo comportamento López (2005) observou em estudos com *Leukoma asperrima*, no Panamá. O presente estudo corroborou com os resultados obtidos por López (2005) e Stead *et al.* (1997) em relação a maturação da espécie, uma vez que houve uma relação positiva entre a abundância de alimento e a gametogênese de *L. pectorina*. Quanto a desova, o comportamento reprodutivo da espécie indicou não ter sido influenciado por aumento ou diminuição de alimento no ambiente. Nos trópicos a competição por alimento é escassa, porquanto, a disponibilidade alimentar ao longo de todo ano sofre poucas variações (GADELHA; MELO, 2017), com isso os nutrientes provenientes do alimento são direcionados para o desenvolvimento gametogênico das espécies, e desovas parciais ocorrem ao longo de todo ano, uma vez que existe alimento disponível para o desenvolvimento das larvas que são lançadas no ambiente (GIL; THOMÉ, 2004; KE; LI, 2013; LÓPEZ *et al.*, 2005).

2.1.5 Conclusão

No presente estudo a espécie *L. pectorina* apresentou ciclo reprodutivo contínuo, predominância de fêmeas em relação aos machos e comprimento inicial de maturação em 21 mm, tanto em machos quanto em fêmeas. Quanto ao índice de condição, esta análise não se revelou um método adequado para identificar a maturação da espécie, uma vez que os maiores valores de IC foram encontrados em animais em estágio de desova. Quanto aos fatores ambientais, a temperatura atuou na intensidade do estágios reprodutivos, porquanto, a maturação e desova da espécie ocorreram ao longo de todos os meses de estudo; a salinidade não demonstrou ser um fator que influencia o ciclo reprodutivo de *L. pectorina*; e por fim, a disponibilidade de alimento no ambiente influenciou o estágio de maturação da espécie, já quanto a desova, a disponibilidade alimentar não demonstrou ser um fator que atua neste estágio reprodutivo da espécie.

2.1.6 Referências

ARUN, A. U. Gametogenic cycle in *Villorita cyprinoides* and the influence of salinity. **International Journal of the Bioflux Society**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 433–447, 2009. Disponível

em: <http://www.bioflux.com.ro/docs/2009.2.433-447.pdf>.

AVEIRO, M. *et al.* Variação sazonal na composição centesimal e reprodução do bivalve de areia *Anomalocardia brasiliiana* da reserva extrativista marinha do pirajubaé, Florianópolis/SC. **Atlântica, Rio Grande**, Rio Grande, v. 33, n. 1, p. 5–14, 2011.

AYACHE, N. *et al.* Reproductive cycle of the razor clam *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) in the Southern Mediterranean Sea (Gulf of Gabes, South Tunisia). **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 389–397, 2016.

BARMAN, A.; WONG, N.; KARIM, M. Reproductive cycle of the oyster *Crassostrea (Magallana) saidii* (Wong and Sigwart, 2021) from Southeast Asia. **Aquaculture and Fisheries**, [s. l.], n. May, p. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.05.007>.

BARNES, R.; RUPPERT, E. **Zoologia dos Invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996.

BARREIRA, C.; ARAÚJO, M. L. Ciclo reprodutivo de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Mollusca, Bivalvia, Veneridae) na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 9–20, 2005.

BAYNE, B. PHYSIOLOGICAL CHANGES IN *Mytilus edulis* L. Induced by temperature and nutritive stress. **Journal marine biology**, [s. l.], v. 53, p. 39–58, 1973.

BORCEM, E. *et al.* A atividade pesqueira no município de Marapanim-Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 189–201, 2011.

BORZONE, C. A.; VARGAS, K. M.; PEZZUTO, P. R. Aspectos da reprodução e dinâmica populacional de *Chione pubera* (Bory Saint-Vicent) Bivalvia, Veneridae) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 333–349, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbzool/a/CpCMSHPCMpYRY7scXhK353k/?lang=pt#>.

CANAPA, A. *et al.* Phylogenetic analysis of veneridae (Bivalvia): Comparison of molecular and palaeontological data. **Journal of Molecular Evolution**, [s. l.], v. 43, n. 5, p. 517–522, 1996.

CÁRDENAS, E.; ARANDA, D. A review of reproductive patterns of bivalve mollusks from Mexico. **Bulletin of Marine Science**, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 13–27, 2000.

CHRISTO, S.; FERREIRA-JR, A.; ABSHER, T. Aspectos reprodutivos de mexilhões (Bivalvia, Mollusca) no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 924–936, 2016.

CHUNG, Y. Oogenesis and sexual maturation in *Meretrix lusoria* (Roding 1798) (Bivalvia: Veneridae) in western Korea. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 71–80, 2007.

CORTE, G. Reproductive cycle and parasitism in the clam *Anomalocardia brasiliiana* (Bivalvia : Veneridae). **Invertebrate Reproduction & Development**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 66–80, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2015.1007215>.

COSTA, F. *et al.* Clam Reproduction. *In: CLAM FISHERIES AND AQUACULTURE*. 1. ed. New York, NY: Nova Science Publishers, Inc, 2012. p. 390.

COSTA, F. Introduction to the biology of clams. *In: CLAM FISHERIES AND AQUACULTURE*. Spain: [s. n.], 2012. p. 390.

CROSBY, M. P.; GALE, L. D. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 233–237, 1990.

DALL, W. Synopsis of the family Veneridae and of the North American Recent species. *In:* , 1902. **Proceedings of the United States National Museum**. [S. l.: s. n.], 1902. p. 335–412. Disponível em: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/13656/USNMP-26_1312_1902.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

DARRIBA, S.; SAN, F.; GUERRA, A. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s. l.], v. 311, n. 1, p. 101–115, 2004.

DENADAI, M. *et al.* Reproductive cycle of the trigonal clam *Tivela mactroides* (Bivalvia , Veneridae) in Caraguatatuba Bay, southeastern Brazil. **Marine Biology Research**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 847–858, 2015.

DIEGUES, A. **Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos**. São Paulo: HUCITEC/ NUPAUB, 2000.

DORE, I. **Shellfish: a guide to oysters, mussels, scallops, clams and similar products for the commercial user**. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1991.

DRUMMOND, L.; MULCAHY, M.; CULLOTY, S. The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, from the North-West of Ireland. **Aquaculture**, [s. l.], v. 254, p. 326–340, 2006.

FAO. **Fisheries and aquaculture**. [S. l.], 2021. Disponível em: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture_quantity. Acesso em: 16 jan. 2023.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, Italy: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>.

GADELHA, E.; MELO, N. Padrões reprodutivos de bivalves de regiões tropicais. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, Amazônia, v. 5, n. 3, p. 12–20, 2017.

GALVÃO, M. *et al.* Ciclo reprodutivo e infestação parasitária de mexilhões *perna perna* (Linnaeus, 1758). **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 59–71, 2006. Disponível em: https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/32_1_59-71.pdf.

GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F.; GARCÍA-GASCA, S.; CASTRO-ORTIZ, J. Spawning cycle of the red clam *Megapitaria aurantiaca* (sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 417–423, 1994.

GIL, G.; THOMÉ, J. Descrição do ciclo reprodutivo de *Donax hanleyanus* (Bivalvia, Donacidae) no sul do Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, [s. l.], v. 94, n. 3, p. 271–276, 2004.

GIL, G.; THOMÉ, J. Proporção sexual e comprimento de concha na primeira maturação sexual em *Donax hanleyanus* Philippi (Bivalvia, Donacidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 345–350, 2004.

GOMES, C. *et al.* Ciclo reprodutivo da ostra *Crassostrea gasar*. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 74, n. 4, p. 967–976, 2014.

GONZÁLEZ, F. **Clam Fisheries and Aquaculture**. 1. ed. New York, NY: Nova Science Pub Inc, 2012.

GOSLING, E. **Bivalve molluscs: Biology, Ecology and culture**. 1. ed. [S. l.]: Fishing News Books, Blackwell Publishing, 2003.

GUERÓN, C.; NARCHI, W. Anatomia funcional de *Protothaca (Leukoma) pectorina* (Lamarck) (Bivalvia, Veneridae). **Revista Brasileira de Zoologia**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 1007–1039, 2000.

HERRMANN, M. *et al.* Reproductive cycle and gonad development of the Northern Argentinean *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mesodesmatidae). **Helgoland Marine Research**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 207–218, 2009.

JOAQUIM, S. *et al.* Reproductive activity and biochemical composition of the pullet carpet shell, *Venerupis enegalensis* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia) from Ria de Aveiro (Northwestern coast of Portugal). **Scientia Marina**, [s. l.], v. 75, n. 2, p. 217–226, 2011.

JOAQUIM, S. *et al.* The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia): Implications for aquaculture and wild stock management. **Aquaculture**, [s. l.], v. 281, p. 43–48, 2008.

KE, Q.; LI, Q. Annual dynamics of glycogen, lipids, and proteins during the reproductive cycle of the surf clam *Macraa veneriformis* from the north coast of Shandong Peninsular, China. **Invertebrate Reproduction and Development**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 49–60, 2013.

LAVANDER, H. *et al.* Biologia reprodutiva da *Anomalocardia brasiliiana*, (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, p. 344–350, 2011.

LENZ, T.; BOEHS, G. Ciclo reprodutivo del ostión de manglar, *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahia, Brasil Tiago. **Revista de Biología Tropical**, Bahia, v. 59, n. 1, p. 137–149, 2011. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

LINS, A. L. *et al.* **Amazônia, zona costeira: termos técnicos e populares**. Belém: [s. n.], 2014. Disponível em: <https://issuu.com/museu-goeldi/docs/glossario>.

LÓPEZ, I. *et al.* Ciclo Reprodutivo De La Almeja Blanca, *Protothaca Asperrima*

(Pelecypoda: Veneridae) En Playa Bique, Arraijan. **Tecnociencia**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 43–53, 2005.

LUNETTA, J. E. Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* - Mollusca lamellibranchia. **Bolm. Zool. Biol. Mar.**, [s. l.], v. 26, n. 26, p. 33–111, 1969. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/bffcluspzoobm/article/view/121175/118127>.

MAIA, F.; SOBRAL, M.; GASPAS, M. **Ciclo reprodutivo e primeira maturação de Solen marginatus e Venerupis pullastra na Ria de Aveiro** Relatórios científicos e técnicos IPIMAR. Lisboa: [s. n.], 2006.

MANAHAN, D. Adaptations by invertebrate larvae for nutrient acquisition from seawater. **American Zoologist**, [s. l.], v. 30, p. 147–160, 1990.

MARENZI, A.; CASTILHO-WESTPHAL, G. **Cultivo de organismos aquáticos - Malacocultura**. Curitiba: E-tec Brasil, 2011.

MARIN, M. . *et al.* Variations in gross biochemical composition energy value and condition index of *T philippinarum* of lagoon of Venice. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 219, p. 859–871, 2003.

MATOS, E. *et al.* Ultraestrutura do espermatozoide de *Protothaca pectorina* (Lamarck) (Mollusca, Bivalvia) do litoral norte do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Belém, v. 14, n. 4, p. 779–783, 1997. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/5962/1/Artigo_UltraestruturaEspermatozoideProtothaca.pdf.

MAZÉ, R.; LABORDA, A. Cambios estacionales de una población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Pelecypoda: Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo, NO. de España). **Scientia Marina**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 131–138, 1990. Disponível em: <http://www.icm.csic.es/scimar/index.php/secId/6/IdArt/2457/>.

MORAIS, G. **Estrutura das assembléias de macroinvertebrados de substratos rochosos no litoral de Curuçá, Nordeste, Brasil**. 2011. 92 f. - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2011.

MORTON, B. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. **Journal of zoology**, [s. l.], v. 223, n. 1, p. 131–142, 1991.

MUGABE, E. **Efeito de sementes obtidas por diferentes métodos no crescimento do mexilhão *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) em cultivo no sul do Brasil**. 2010. 62 f. - Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2010.

MZIGHANI, S. Fecundity and population structure of cockles, *Anadora antiqua* L. 1758 (Bivalvia: Arcidae) from a sandy/muddy beach near Dar es Salaam, Tanzania. **Western Indian Ocean J. Mar. Sci**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 77–84, 2005.

NAKAMURA, Y. *et al.* Reproductive cycle of the venerid clam *Meretrix lusoria* in Ariake Sound and Tokyo Bay, Japan. **Fisheries Science**, [s. l.], v. 76, p. 931–941, 2010.

NARCHI, W. Ciclo anual da Gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca Bivalvia). **Boletim de Zoologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 331–335, 1976. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bolzoo/article/view/121588/118492>.

NICHOLS, S. J. Variations in the Reproductive Cycle of *Dreissena Polymorpha* in Europe, Russia, and North America. **American Zoologist**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 311–325, 1996. Disponível em: <https://academic.oup.com/icb/article-lookup/doi/10.1093/icb/36.3.311>.

OJEA, J. *et al.* Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. **Aquaculture**, [s. l.], v. 238, p. 451–468, 2004.

PAGE, H.; LASTRA, M. Diet of intertidal bivalves in the Ría de Arosa (NW Spain): evidence from stable C and N isotope analysis. **Marine Biology**, [s. l.], v. 143, p. 519–532, 2003.

PAIXÃO, L. *et al.* Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. **Aquaculture**, [s. l.], v. 380–383, p. 6–12, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.11.019>.

PALHETA, M. K.; CAÑETE, V.; CARDOSO, D. Mulher e mercado: Participação e conhecimentos femininos na inserção de novas espécies de pescado no mercado e na dieta alimentar dos pescadores da RESEX Mãe Grande em Curuçá (PA). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas**, Belém, v. 11, n. 3, p. 601–619, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/YwNkRFkdWTn6Xp8MT5WY6pG/?format=pdf&lang=pt>.

PANTOJA, J. C. **Influência de fatores abióticos na ocorrência de apoptose e proliferação celular durante a maturação gonadal de ostra do mangue *Crassostrea gasar***. 2018. 35 f. - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2018.

PEZZUTO, P.; SCHIO, C.; ALMEIDA, T. Efficiency and selectivity of the *Anomalocardia brasiliana* (Mollusca: Veneridae) hand dredge used in southern Brazil. **Journal of the marine biological association of the United Kingdom**, [s. l.], v. 90, n. 7, p. 1455–1464, 2010.

QUAYLE, D.; NEWKIRK, G. **Farming Bivalve Molluscs Methods Study and Development**. **Advances in World Aquaculture**. Canada: [s. n.], 1989. v. 1

REMACHA-TRIVIÑO, A.; ANADÓN, N. Reproductive cycle of the razor clam *Solen marginatus* (Pulteney 1799) in Spain: A comparative study in three different locations. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 869–876, 2006.

RIOS, E. **Seashells of Brazil**. 2^oed. Rio Grande: Editora da FURG, 1994.

ROCHA, V. P.; MATTHEWS-CASCON, H. Inferência de padrões de distribuição da família Veneridae (Mollusca, Bivalvia) no Brasil através de base secundária de dados.pdf. **Neotropical Biology and conservation**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 123–131, 2015.

SANTOS, J. *et al.* Embryo and larval development of the yellow clam *mesodesma mactroides* (Reeve, 1854) (mesodesmatidae) in laboratory. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, [s. l.], v. 92, p. 1–11, 2020.

SHAW, B. L.; BATTLE, H. I. the Gross and Microscopic Anatomy of the Digestive Tract of the Oyster *Crassostrea Virginica* (Gmelin). **Canadian Journal of Zoology**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 325–347, 1957.

SILVA, R. *et al.* Harvesting the cockle *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) on algodoal-maiandeua island (pará, brazil): Techniques, bio-ecology, and ethnoecological knowledge. **Anais da Academia Brasileira de Ciencias**, [s. l.], v. 92, n. 2, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32725045/>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SILVA, P.; PESO-AGUIAR, M.; RIBEIRO, G. Ciclo gametogênico e comportamento reprodutivo de *Iphigenia brasiliiana* (Mollusca, Bivalvia, Donacidae) no estuário do rio Subaé, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Porto Alegre**, v. 102, n. 4, p. 359–369, 2012.

SOUTO, F. **A ciência que veio da lama: Uma abordagem etnoecológica abrangente das relações ser humano/manguezal na comunidade pesqueira de Acupe, Santo Amaro-BA.** 2004. 319 f. - Universidade Federal de São Carlos, [s. l.], 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1755/TeseFrJBS.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>.

SPENCER, B. **Molluscan Shellfish Farming.** 1. ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2002.

SQUELLA, F. *et al.* Survival and growth of the native clam *anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) larvae in laboratory. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 133–143, 2015.

STEAD, R. *et al.* Reproductive cycle and cohort formation of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneridae) in the intertidal zone of southern Chile. **Revista Chilena de Historia Natural**, Valdivia, v. 70, p. 181–190, 1997.

STRICKLAND, J. D. .; PARSONS, T. . A Practical Handbook of Seawater Analysis. **Fisheries Research Board of Canada**, [s. l.], p. 310, 1972.

SÜHNEL, S. *et al.* Sexual stages of the female portion in the scallop *Nodipecten nodosus* (Linné, 1758) and astaxanthin quantity in each stage. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 651–658, 2010.

SUJA, N.; MUTHIAH, P. The reproductive biology of the baby clam, *Marcia opima*, from two geographically separated areas of India. **Aquaculture**, [s. l.], v. 273, n. 4, p. 700–710, 2007.

TAVARES, T. M. *et al.* Application of the mussel watch concept in studies of hydrocarbons, PCBs and DDT in the Brazilian Bay of Todos os Santos (Bahia). **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 19, n. 11, p. 575–578, 1988.

VÁZQUEZ, E. *et al.* Reproduction under stress: Acute effect of low salinities and heat waves

on reproductive cycle of four ecologically and commercially important bivalves. **Frontiers in Marine Science**, [s. l.], v. 8, p. 1–19, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.685282/full>.

VIDYA, R. *et al.* Oyster Farming Techniques. *In*: THE BLUE BONANZA: A MANUAL FOR ON THE JOB TRAINING PROGRAMME FOR VHSE STUDENTS ON ADVANCES IN FISHERIES & AQUACULTURE TECHNIQUES. Índia: ICAR-Central Marine Fisheries Research Institute, 2020. p. 79–92. *E-book*. Disponível em: [http://eprints.cmfri.org.in/14220/1/Blue Bonanza_2020_Vidya R.pdf](http://eprints.cmfri.org.in/14220/1/Blue%20Bonanza_2020_Vidya%20R.pdf).

XIE, Q.; BURNELL, G. M. A comparative study of the gametogenic cycles of the clams *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve 1850) and *Tapes decussatus* (Linnaeus) on the south coast of Ireland. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 467–472, 1994. Disponível em: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.

YAN, Q.; YU, R.; KONG, L. Seasonal Variations in Biochemical Composition and Reproductive Activity of Venus Clam *Cyclina sinensis* (Gmelin) from the yellow river delta in northern China in relation to environmental factors. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 91–99, 2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS INTRODUÇÃO GERAL

- ARUN, A. U. Gametogenic cycle in *Villorita cyprinoides* and the influence of salinity. **International Journal of the Bioflux Society**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 433–447, 2009. Disponível em: <http://www.bioflux.com.ro/docs/2009.2.433-447.pdf>.
- AYACHE, N. *et al.* Reproductive Cycle of the Razor Clam *Solen marginatus* (Pulteney, 1799) in the Southern Mediterranean Sea (Gulf of Gabes, South Tunisia). **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 389–397, 2016.
- BARMAN, A.; WONG, N.; KARIM, M. Reproductive cycle of the oyster *Crassostrea (Magallana) saidii* (Wong and Sigwart, 2021) from Southeast Asia. **Aquaculture and Fisheries**, [s. l.], n. May, p. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.05.007>.
- BARNES, R.; RUPPERT, E. **Zoologia dos Invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996.
- BORCEM, E. *et al.* A atividade pesqueira no município de Marapanim-Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 189–201, 2011.
- BARREIRA, C.; ARAÚJO, M. L. CICLO REPRODUTIVO DE *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791) (MOLLUSCA, BIVALVIA, VENERIDAE) NA PRAIA DO CANTO DA BARRA, FORTIM, CEARÁ, BRASIL. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 9–20, 2005.
- CANAPA, A. *et al.* Phylogenetic analysis of veneridae (Bivalvia): Comparison of molecular and palaeontological data. **Journal of Molecular Evolution**, [s. l.], v. 43, n. 5, p. 517–522, 1996.
- COSTA, F. Introduction to the biology of clams. *In*: CLAM FISHERIES AND AQUACULTURE. Spain: [s. n.], 2012. p. 390.
- DALL, W. Synopsis of the family Veneridae and of the North American Recent species. *In*: , 1902. **Proceedings of the United States National Museum**. [S. l.: s. n.], 1902. p. 335–412. Disponível em: https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/13656/USNMP-26_1312_1902.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- DARRIBA, S.; SAN, F.; GUERRA, A. Reproductive cycle of the razor clam *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865) in northwest Spain and its relation to environmental conditions. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [s. l.], v. 311, n. 1, p. 101–115, 2004.
- DIEGUES, A. **Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos**. São Paulo: HUCITEC/ NUPAUB, 2000.
- DORE, I. **Shellfish: a guide to oysters, mussels, scallops, clams and similar products for the commercial user**. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- DRUMMOND, L.; MULCAHY, M.; CULLOTY, S. The reproductive biology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, from the North-West of Ireland. **Aquaculture**, [s. l.], v. 254, p. 326–340, 2006.

- FAO. **Fisheries and aquaculture**. [S. l.], 2021. Disponível em: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture_quantity. Acesso em: 16 jan. 2023.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, Italy: [s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>.
- GONZÁLEZ, F. **Clam Fisheries and Aquaculture**. 1. ed. New York, NY: Nova Science Pub Inc, 2012.
- GOSLING, E. **Bivalve molluscs: Biology, Ecology and culture**. 1. ed. [S. l.]: Fishing News Books, Blackwell Publishing, 2003.
- GUERÓN, C.; NARCHI, W. Anatomia funcional de *Protothaca (Leukoma) pectorina* (Lamarck) (Bivalvia, Veneridae). **Revista Brasileira de Zoologia**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 1007–1039, 2000.
- LINS, A. L. *et al.* **Amazônia, zona costeira: termos técnicos e populares**. Belém: [s. n.], 2014. Disponível em: <https://issuu.com/museu-goeldi/docs/glossario>.
- LÓPEZ, I. *et al.* Ciclo Reproductivo De La Almeja Blanca ,*Protothaca Asperrima* (Pelecypoda: Veneridae) En Playa Bique, Arraijan. **Tecnociencia**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 43–53, 2005.
- MARENZI, A.; CASTILHO-WESTPHAL, G. **Cultivo de organismos aquáticos - Malacocultura**. Curitiba: E-tec Brasil, 2011.
- MARIN, M. *et al.* Variations in gross biochemical composition energy value and condition index of *T philippinarum* of lagoon of Venice. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 219, p. 859–871, 2003.
- MATOS, E. *et al.* Ultraestrutura do espermatozoide de *Protothaca pectorina* (Lamarck) (Mollusca, Bivalvia) do litoral norte do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Belém, v. 14, n. 4, p. 779–783, 1997.
- MAZÉ, R.; LABORDA, A. Cambios estacionales de una población de *Donax trunculus* (Linnaeus, 1758) (Pelecypoda: Donacidae) en la ría de El Barquero (Lugo, NO. de España). **Scientia Marina**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 131–138, 1990. Disponível em: <http://www.icm.csic.es/scimar/index.php/secId/6/IdArt/2457/>.
- MORAIS, G. **Estrutura das assembléias de macroinvertebrados de substratos rochosos no litoral de Curuçá, Nordeste, Brasil**. 2011. 92 f. - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2011.
- MUGABE, E. **Efeito de sementes obtidas por diferentes métodos no crescimento do mexilhão *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) em cultivo no sul do Brasil**. 2010. 62 f. - Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2010.
- NAKAMURA, Y. *et al.* Reproductive cycle of the venerid clam *Meretrix lusoria* in Ariake Sound and Tokyo Bay, Japan. **Fisheries Science**, [s. l.], v. 76, p. 931–941, 2010.

OJEA, J. *et al.* Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. **Aquaculture**, [s. l.], v. 238, p. 451–468, 2004.

PALHETA, M. K.; CAÑETE, V.; CARDOSO, D. Mulher e mercado: Participação e conhecimentos femininos na inserção de novas espécies de pescado no mercado e na dieta alimentar dos pescadores da RESEX Mãe Grande em Curuçá (PA). **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi: Ciências Humanas**, Belém, v. 11, n. 3, p. 601–619, 2016.

Disponível

em: <https://www.scielo.br/j/bgoeldi/a/YwNkRFkdWTn6Xp8MT5WY6pG/?format=pdf&lang=pt>.

PANTOJA, J. C. **Influência de fatores abióticos na ocorrência de apoptose e proliferação celular durante a maturação gonadal de ostra do mangue *Crassostrea gasar***. 2018. 35 f. - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2018.

QUAYLE, D.; NEWKIRK, G. **Farming Bivalve Molluscs Methods Study and Development. Advances in World Aquaculture**. Canada: [s. n.], 1989. v. 1

REMACHA-TRIVIÑO, A.; ANADÓN, N. Reproductive cycle of the razor clam *Solen marginatus* (Pulteney 1799) in Spain: A comparative study in three different locations. **Journal of Shellfish Research**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 869–876, 2006.

RIOS, E. **Seashells of Brazil**. 2^oed. Rio Grande: Editora da FURG, 1994.

ROCHA, V. P.; MATTHEWS-CASCON, H. Inferência de padrões de distribuição da família Veneridae (Mollusca, Bivalvia) no Brasil através de base secundária de dados.pdf. **Neotropical Biology and conservation**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 123–131, 2015.

SANTOS, J. *et al.* Embryo and larval development of the yellow clam *mesodesma mactroides* (Reeve, 1854) (mesodesmatidae) in laboratory. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 92, p. 1–11, 2020.

SILVA, R. *et al.* Harvesting the cockle *Leukoma pectorina* (Lamarck, 1818) on algodão-maiandeuá island (Pará, Brazil): Techniques, bio-ecology, and ethnoecological knowledge. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 92, n. 2, p. 1–18, 2020.

SOUTO, F. **A ciência que veio da lama: Uma abordagem etnoecológica abrangente das relações ser humano/manguezal na comunidade pesqueira de Acupe, Santo Amaro-BA**. 2004. 319 f. - Universidade Federal de São Carlos, [s. l.], 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1755/TeseFrJBS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SUJA, N.; MUTHIAH, P. The reproductive biology of the baby clam, *Marcia opima*, from two geographically separated areas of India. **Aquaculture**, [s. l.], v. 273, n. 4, p. 700–710, 2007.

SPENCER, B. **Molluscan Shellfish Farming**. 1. ed. United Kingdom: Wiley-Blackwell, 2002.

SQUELLA, F. *et al.* Survival and growth of the native clam *anomalocardia brasiliiana*

(Gmelin, 1791) larvae in laboratory. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 133–143, 2015.

TAVARES, T. M. *et al.* Application of the mussel watch concept in studies of hydrocarbons, PCBs and DDT in the Brazilian Bay of Todos os Santos (Bahia). **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 19, n. 11, p. 575–578, 1988.