



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

CARLOS HENRIQUE ARAUJO DE MIRANDA GOMES

**CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE OSTRAS
DO GÊNERO *Crassostrea* NO LITORAL CATARINENSE**

Florianópolis

2019

Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes

**CRESCIMENTO E REPRODUÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE OSTRAS DO
GÊNERO *Crassostrea* NO LITORAL CATARINENSE**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de Doutor em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Manoel Rodrigues de Melo

Florianópolis

2019

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

Gomes, Carlos Henrique Araujo de Miranda
Crescimento e reprodução de duas espécies de ostras do
gênero *Crassostrea* no litoral catarinense / Carlos
Henrique Araujo de Miranda Gomes ; orientador, Claudio
Manoel Rodrigues de Melo, 2019.
94 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Ostra do mangue. 3. Variação de maré.
4. Histologia. 5. Índice de condição. I. Melo, Claudio
Manoel Rodrigues de . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III.
Título.

Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes

Crescimento e reprodução de duas espécies de ostras do gênero *Crassostrea* no litoral catarinense

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

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

Profa. Aimê Rachel Magenta Magalhães, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Gilberto Caetano Manzoni, Dr.
Universidade do Vale do Itajaí

Prof. Gilberto José Pereira Onofre de Andrade, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

João Guzenski, Dr.
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Profa. Karim Hahn Lüchmann, Dra.
Universidade do Estado 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.

Profa. Dra. Leila Hayashi
Coordenadora do Programa

Prof. Dr. Claudio Manoel Rodrigues de Melo
Orientador

Florianópolis, 7 de outubro de 2016

A todos que trabalham e trabalharam pelo desenvolvimento da malacocultura no Brasil.

AGRADECIMENTOS

“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá em grupo.”

E assim se concretizou essa pesquisa, em grupo, e agradeço de todas as formas possíveis as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para sua execução.

Ao meu amigo e orientador Claudio Manoel Rodrigues de Melo, pela amizade, confiança e inúmeras conversas durante todo o período de pesquisa.

Em especial a dois grupos de trabalho formados, constituídos por pessoas enérgicas e determinadas que contribuíram exaustivamente na concretização desta pesquisa: Aline Thomasi e Mariane Silveira por todo auxílio em campo e atividades de laboratório e, Iasmin Soares e Gabriela Bachi pelas inúmeras horas de trabalho durante a confecção das lâminas histológicas.

Aos pesquisadores do Núcleo de Estudos em Patologia Aquícola da UFSC, pela companhia e prestatividade durante os meses de confecção das lâminas histológicas. Em especial à Professora Aimê Rachel M. Magalhães por todo incentivo e ensinamento compartilhado durante as diferentes etapas vividas na UFSC.

Aos amigos Cassio Ramos e Katina Roubidakis, que estiveram presentes durante a “reta final” da escrita da Tese, por todo apoio e considerações realizadas durante a escrita.

À Angela P. Legat pelas análises genéticas realizadas.

A todos os alunos que estiveram, durante o processo de aprendizagem, no LMM e, que de alguma forma estiveram contribuindo para o funcionamento do mesmo.

Ao professor Dr. Marcos C. P. de Albuquerque e seus alunos que, durante as aulas de campo do curso de Engenharia de Aquicultura, auxiliaram nas atividades de coleta e manejo das estruturas.

Aos membros da minha segunda casa (Laboratório de Moluscos Marinhos) Duda, Zezé, Sino, Bê, Jaque, Claudio Blacher, Gilberto Andrade, Alexandre, Marisa, Luiz Ricardo, Josué, Itamar e Redna; por toda paciência, incentivo e ajuda.

Aos amigos Gustavo R. Lopes e Diego por minha ausência em momentos tão importantes.

Aos professores e funcionários do Departamento de Aquicultura e do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, em especial ao Carlito, por toda atenção e prestatividade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE – CAPES) pela concessão da bolsa de estudo do doutorado sanduíche e aos projetos CAPES.

Ao meu pai Antônio Carlos e à minha mãe Vera Nícia e ao meu irmão Felipe por todo apoio e considerações na Tese.

Por último, à minha esposa Daniela, filhos Caique e Sofia e a minha sogra Anice, por sempre me apoiarem. Amo vocês!



"O homem se submete ao tempo que o rouba dele mesmo, vivenciando muito mais a sua falta do que sua condição de infinitude"

(Fabrício Brandão, 2009)

RESUMO

O aprimoramento na ostreicultura de diferentes partes do mundo envolve, entre outros fatores, o estudo do desenvolvimento das ostras em sistemas de cultivo e do ciclo reprodutivo das espécies. No presente estudo, foram realizados dois experimentos por um período de nove meses com ostras das espécies *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*, cultivadas em sistema suspenso fixo na região entre marés. O primeiro experimento teve como objetivo avaliar parâmetros de produção em ostras das duas espécies nativas e o segundo objetivou avaliar o ciclo reprodutivo das espécies. No primeiro experimento, foram analisados mensalmente os valores de crescimento das três dimensões (altura, comprimento e largura), o peso vivo total, a produção de carne e a sobrevivência a fim de verificar melhores valores de produção em relação ao tempo de exposição ao ar de cada tratamento. A partir dos dados obtidos, é possível concluir que há o decréscimo na velocidade de crescimento nas ostras das duas espécies em função do aumento do tempo de exposição ao ar, com exceção das ostras da espécie *C. rhizophorae* cultivadas no nível de maré 0,3 m, tratamento em que foram obtido os maiores valores de crescimento (45,38 ± 2,29 mm de altura, 38,92 ± 2,25 mm de comprimento; 14,66 ± 0,56 mm de largura e 13,04 ± 0,22 g de peso vivo total) e sobrevivência da espécie (63,75 ± 6,15 %), indicando que ostras desta espécie estão melhor adaptadas ao cultivo com exposição ao ar. Por outro lado, para a espécie *C. gasar* as melhores taxas de crescimento foram observadas em animais cultivados submersos por períodos prolongados (56,75 ± 2,12 mm de altura, 42,19 ± 1,49 mm de comprimento; 18,28 ± 0,99 mm de largura e 22,74 ± 3,10g de peso vivo total). No segundo experimento, foi acompanhado pela primeira vez o ciclo reprodutivo concomitante das duas espécies de ostras nativas, produzidas em laboratório, sendo possível acompanhar o desenvolvimento reprodutivo de ostras de mesma idade e cultivadas sob as mesmas condições. Os resultados obtidos neste experimento permitem concluir que ocorreram mudanças na proporção sexual na população das ostras das duas espécies. Para a espécie *C. gasar* inicialmente, observou-se predominância de machos (atingindo 74%) e, após um período de repouso, foi observada a predominância de fêmeas (atingindo 66,67%). Por outro lado, em *C. rhizophorae*, houve predominância de fêmeas nos meses com temperatura da água do mar elevada e de machos nos meses de temperatura baixa. A espécie *C. gasar* apresentou os diferentes tipos de desova ao longo do período avaliado enquanto que em *C. rhizophorae* houve o predomínio de desovas parciais. O ciclo reprodutivo em *C. gasar* é marcado pelo período de repouso durante o inverno, seguido dos diferentes estágios de gametogênese até o estágio maturo; já em *C. rhizophorae* houve predominância de ostras no estágio maturo durante todo o período estudado. A partir dos resultados obtidos neste trabalho, é possível observar que as espécies que habitam a região entre marés, apresentam crescimento e estratégias reprodutivas distintas.

Palavras-chave: Aquicultura. Ostra do mangue. Variação de maré. Histologia. Índice de condição.

ABSTRACT

The improvement of knowledge in the culture of oysters in different parts of the world involves, among other factors, the study of the development of the oysters in culture systems and the reproductive cycle of the species. In the present study, we carried out two experiments with oysters of the species *Crassostrea gasar* and *Crassostrea rhizophorae*, cultured in suspended fixed system in the intertidal region. The first experiment aimed to evaluate the production aspects of the two species of the native oysters and the second aimed to evaluate the reproductive cycle of these species. In the first experiment, we analyzed monthly the values of growth in the three dimensions (height, length and width), the total body weight, the meat production and the survival in order to ensure the better production values in relation to the time of air exposure in each treatment. From our data, we conclude that there is a decrease in growth rate in oysters of the two species due to increased time of exposure to air, with the exception of the species *C. rhizophorae* cultured in the tide level 0.3 m, in which the greatest growth values (45.38 ± 2.29 mm height, 38.92 ± 2.25 mm length, 14.66 ± 0.56 mm wide and 13.04 ± 0.22 g total body weight) and survival of the species ($63,75 \pm 6,15$ %) were observed, indicating that this species are better adapted to the culture with air exposure. On the other hand, for the species *C. gasar* the best growth rates were observed in animals cultured submerged for extended periods (56.75 ± 2.12 mm height, 42.19 ± 1.49 mm length; 18.28 ± 0.99 mm wide and $22.74 \pm 3,10$ g the total body weight). In the second experiment, we accompanied for the first time the concomitant reproductive cycle of the two native species of oysters, produced in the laboratory, being possible to monitor the reproductive development of the oysters of the same age and cultured under the similar conditions. The results of this study suggest that changes occurred in the sex ratio in the population of the two oyster's species throughout the experimental period. For the species *C. gasar*, the predominance of males was initially observed (reaching 74%) and, after a rest period, the predominance of females occurred (reaching 66.67%). On the other hand, in *C. rhizophorae* females were predominant in the months with high seawater temperatures and males were predominant in the months with low seawater temperatures. The species *C. gasar* presented the different types of spawning throughout the evaluated period, while in *C. rhizophorae* partial spawns were predominant. The reproductive cycle in *C. gasar* is marked by a rest period during the winter, followed by the different stages of gametogenesis until the mature stage; in contrast, in *C. rhizophorae* the oysters in mature stage predominated during all the period. From the results obtained in this study, it is possible to conclude that both species compete in the intertidal region, presenting different growth and reproductive strategies.

Keywords: Aquaculture. Mangrove oyster. Tide variation. Histology. Condition index.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1** - Espécies de ostras de interesse econômico no Brasil: A) *Crassostrea gasar*, B) *Crassostrea rhizophorae* C) *Crassostrea gigas* 21

CAPÍTULO I

- Figura 1** - Estruturas de cultivo de ostras. A. Caixa flutuante; B. Lanterna de cultivo..... 41
- Figura 2** - Área de cultivo experimental de ostras do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM/UFSC), praia do Sambaqui, Florianópolis, SC, Brasil. (Elaboracao própria) 42
- Figura 3** - Sistema de cultivo fixo suspenso, demonstrando as lanternas de cultivo posicionadas na região de variação de maré..... 43
- Figura 4** - Temperatura (°C) (média ± desvio padrão) da água do mar no local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014 43
- Figura 5** - Salinidade (média ± desvio padrão) da água do mar no local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014 43
- Figura 6** - Material particulado total (MPT), material particulado inorgânico (MIP) e material particulado orgânico (MOP) (médias ± desvio padrão) na água do mar do local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014..... 43
- Figura 7** - Altura, comprimento, largura e peso vivo total (médias ± desvio padrão) de ostras *Crassostrea gasar* (G) e *Crassostrea rhizophorae* (R) cultivadas em diferentes alturas de maré (G1/R1 - 0,1 m.; G3/R3 - 0,3 m.; G5/R5 - 0,5 m.; e G9/R9 - 0,9 m.) entre maio de 2013 e janeiro de 2014 43
- Figura 8** - Peso seco da carne (médias ± desvio padrão) de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas em diferentes alturas de maré (G1/R1 - 0,1 m.; G3/R3 - 0,3 m.; G5/R5 - 0,5 m.; e G9/R9 - 0,9 m.) entre maio de 2013 e janeiro de 2014 43

CAPÍTULO II

- Figura 1** - Fotomicrografia do corte transversal da ostra do mangue *Crassostrea gasar* demonstrando a classificação quanto ao tipo de desova em machos: (A) desova inicial, (B) desova parcial, (C) desova total em aumento de 200x (barra

- corresponde a 200 μm) e fêmeas: (D) desova inicial, (E) desova parcial e (F) desova total, em aumento de 100x (barra corresponde a 100 μm)..... 67
- Figura 2** - Fotomicrografia do corte transversal da ostra do mangue *Crassostrea gasar* demonstrando os estágios do ciclo reprodutivo em fêmeas: (A) gametogênese inicial, (C) gametogênese parcial, (E) gametogênese final, (G) maturo e (I) reabsorção; em aumento de 100x (barra corresponde a 100 μm); e estágios do ciclo reprodutivo de machos: (B) gametogênese inicial, (D) gametogênese parcial, (F) gametogênese avançada, (H) maturo, (J) reabsorção; em aumento de 200x (B,D, H e J) e de 400x (F) (barra corresponde a 50 μm)..... 68
- Figura 3** - Temperatura média da água do mar durante os meses de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* 70
- Figura 4** - Distribuição sexual em ostras *Crassostrea gasar* cultivadas em diferentes variações de maré entres meses de abril/2013 à janeiro/2014. I = Indeterminado; M = Macho; F = Fêmea; e H = Hermafrodita..... 71
- Figura 5** - Distribuição sexual em ostras *Crassostrea rhizophorae* cultivadas em diferentes variações de maré entres meses de abril/2013 à janeiro/2014. I = Indeterminado; M = Macho; F = Fêmea; e H = Hermafrodita..... 72
- Figura 6** - Proporção de indivíduos das espécies *Crassostrea gasar* (CG) e *Crassostrea rhizophorae* (CR) em relação a presença ou ausência do tecido conjuntivo de reserva (TCR) durante o período estudado..... 72
- Figura 7** - Proporção de ostras da espécie *Crassostrea gasar* nas diferentes classes de desova durante o período estudado..... 73
- Figura 8** - Proporção de ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae* nas diferentes classes de desova durante o período estudado..... 74
- Figura 9** - Distribuição de ostras da espécie *Crassostrea gasar* em diferentes estágios do ciclo reprodutivo ao longo do período de amostragem. REP = repouso; GI = gametogênese inicial; GP = gametogênese parcial; GA = gametogênese avançada; M = maturo; e ABS = absorção 75
- Figura 10.** Distribuição de ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae* em diferentes estágios do ciclo reprodutivo ao longo do período de amostragem. REP = repouso; GI = gametogênese inicial; GP = gametogênese parcial; GA = gametogênese avançada; M = maturo; e ABS = absorção 75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Descrição histológica dos estágios de desenvolvimento gonádico no ciclo reprodutivo de <i>Crassostrea gasar</i> e <i>Crassostrea rhizophorae</i> , adaptado de Mann (1979) e Gomes et al. (2015)..... | 69 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... | 15 |
| 1.1 | REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 1.1.1 | Produção aquícola mundial | 15 |
| 1.1.2 | Produção de Moluscos | 17 |
| 1.1.3 | Cultivo de ostras..... | 18 |
| 1.2. | ESPÉCIES DE ESTUDO: <i>Crassostrea gasar</i> e <i>Crassostrea rhizophorae</i> | 22 |
| 1.2.1 | Sistemas de cultivo | 23 |
| 1.2.2 | Zona entre marés | 25 |
| 1.2.3 | Crescimento | 26 |
| 1.2.4 | Mortalidade | 27 |
| 1.2.5 | Reprodução..... | 30 |
| 1.3. | JUSTIFICATIVA | 34 |
| 1.4. | OBJETIVOS | 35 |
| 1.4.1 | Objetivo geral | 35 |
| 1.4.2 | Objetivos específicos | 35 |
| 1.5 | FORMATAÇÃO DA TESE | 35 |
| 2 | ARTIGOS CIENTÍFICOS..... | 37 |
| 2.1 | CAPÍTULO I | 37 |
| | Crescimento e sobrevivência das ostras de mangue <i>Crassostrea gasar</i> (Adanson 1757) e <i>Crassostrea rhizophorae</i> (Guilding 1828) cultivadas na variação de maré | 37 |
| | Resumo..... | 38 |
| 2.1.1 | Introdução | 38 |
| 2.1.2 | Materiais e métodos | 40 |
| 2.1.2.1 | Material Biológico | 40 |
| 2.1.2.2 | Cultivo no mar | 40 |
| 2.1.2.3 | Local de estudo e desenho experimental..... | 41 |
| 2.1.2.4 | Coleta de dados | 43 |
| 2.1.2.4.1 | <i>Parâmetros ambientais</i> | 43 |
| 2.1.2.4.2 | <i>Biometrias</i> | 44 |
| 2.1.2.4.3 | <i>Análise da sobrevivência e peso seco de carne</i> | 44 |
| 2.1.2.5 | Análises estatísticas | 44 |
| 2.1.3 | Resultados | 44 |
| 2.1.3.1 | Parâmetros ambientais | 44 |
| 2.1.3.2 | Biometria..... | 46 |
| 2.1.3.3 | Sobrevivência..... | 48 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 2.1.3.4 | Peso seco de carne | 49 |
| 2.1.4 | Discussão | 49 |
| 2.1.4.1 | Crescimento | 49 |
| 2.1.4.2 | Sobrevivência..... | 53 |
| 2.1.4.3 | Peso seco de carne | 55 |
| 2.1.5 | Conclusão..... | 56 |
| | Agradecimentos..... | 56 |
| | Referências..... | 57 |
| 2.2. | CAPÍTULO II | 61 |
| | Ciclo reprodutivo das ostras nativas <i>Crassostrea gasar</i> (Adanson) e <i>Crassostrea rhizophorae</i> (Guilding) cultivadas na variação de maré..... | 61 |
| | Resumo..... | 61 |
| 2.2.1 | Introdução | 62 |
| 2.2.2 | Materiais e métodos | 64 |
| 2.2.2.1 | Produção de sementes..... | 64 |
| 2.2.2.2 | Coleta de dados | 65 |
| 2.2.2.2.1 | <i>Parâmetros ambientais</i> | 65 |
| 2.2.2.2.2 | <i>Material biológico</i> | 65 |
| 2.2.2.2.3 | <i>Análises histológicas</i> | 66 |
| 2.2.2.2.4 | <i>Índice de Condição</i> | 69 |
| 2.2.2.3 | Análise estatística..... | 70 |
| 2.2.3 | Resultados..... | 70 |
| 2.2.3.1 | Distribuição sexual..... | 71 |
| 2.2.3.2 | Tecido Conjuntivo de Reserva..... | 72 |
| 2.2.3.3 | Desova e índice de condição | 73 |
| 2.2.3.4 | Estágios de desenvolvimento reprodutivo | 75 |
| 2.2.4 | Discussão..... | 77 |
| 2.2.5 | Conclusão..... | 80 |
| | Referências bibliográficas | 81 |
| 3. | CONCLUSÕES GERAIS..... | 85 |
| 4. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 86 |
| | REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO | 87 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1 Produção aquícola mundial

A constante exploração dos recursos marinhos do planeta tem levado a escassez dos estoques naturais e, conseqüentemente, proporcionado o aumento do esforço de pesca empregado para atingir níveis de produção desejados (FAO, 2016). Estima-se que a frota mundial de pesca seja de 4,6 milhões de barcos pesqueiros, dos quais 75% são da Ásia, 15% da África, 6% da América Latina e Caribe, e 2% da América do Norte. O volume de pescados capturados no mundo cresceu até 1988, ano em que contribuiu com 78 milhões de toneladas. Desde então se observa pequenas flutuações nos dados de captura até o ano de 2010 e um sutil aumento até 2014, ano em que foram capturadas 78,4 milhões de toneladas, sendo que em nenhum dos anos citados foram considerados os dados de captura da anchoveta, *Engraulis ringens*, por ser uma produção flutuante, estando dependente dos efeitos climáticos do *El Niño* (FAO, 2016).

O total de produção de pescado, incluindo pesca e aquicultura, foi em 2010, de 148 milhões de toneladas (FAO, 2012). No ano de 2014 o volume subiu para 167,2 milhões de toneladas, sendo que este aumento da produção aquícola tem sido impulsionado pela aquicultura. No ano de 2014 foi a primeira vez em que o volume de pescados produzido na aquicultura, direcionado para alimentação humana, foi maior do que o volume de pescados capturados (FAO, 2016). A produção aquícola tem aumentado consideravelmente, sendo que durante as últimas duas décadas a Ásia foi responsável por cerca de 89% da produção pesqueira mundial para consumo humano, com aumento da participação na produção de países dos continentes americano e africano, enquanto que Europa e Oceania apresentam um declínio na participação da produção mundial de pescados (FAO, 2016).

Mesmo com a redução da taxa de crescimento do volume de produção, a China continua sendo o maior produtor mundial, com crescimento de 5,5%, produzindo 41.108,306 toneladas em 2012, o que representa 45% da produção mundial (FAO, 2016).

A atividade da aquicultura está envolvida na produção de organismos aquáticos de diversos filos do reino animal e vegetal. Dos 73,8 milhões de toneladas produzidos, 47,1 milhões são provenientes da aquicultura continental e 26,68 da maricultura (cultivo de organismos marinhos), de forma que o grupo dos peixes foi o mais produzido, contribuindo

com 49,8 milhões de toneladas, seguido pelos moluscos com 16,1 milhões, crustáceos com 6,9 milhões de toneladas e demais animais aquáticos com 7,3 milhões de toneladas (FAO, 2016).

Segundo dados do SEBRAE (2015), os organismos mais produzidos mundialmente são os peixes de água doce, onde as primeiras posições do “ranking” são ocupadas, nessa ordem, por espécies de carpas (ciprinídeos) seguidas pelas tilápias, salmões e bagres. Entretanto, mesmo ocupando a 8ª posição no ranking de produção, o salmão do Atlântico é a espécie mais valorizada, gerando a maior receita econômica por quilo de peixe.

Dos 25 principais países produtores da aquicultura em 2014, os que detêm maior volume de produção são os países asiáticos, produzindo 88,91% do total mundial. Apenas a Noruega, Chile e Egito possuem volume de produção proveniente da aquicultura maior do que a do Brasil e não estão localizados na Ásia (FAO, 2016). Segundo dados de 2014, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o Brasil produziu 561.439,43 toneladas, repetindo o modelo do cenário mundial, onde a aquicultura tem se desenvolvido na parte continental com a piscicultura de água doce. No mesmo ano a piscicultura brasileira contribuiu em 84,5% da produção nacional, com 474.329,1 toneladas, sendo a atividade desenvolvida em todas as regiões do Brasil. A região Norte é a maior produtora de peixes de água doce, em segundo lugar aparece Mato Grosso, onde as tilápias são os peixes mais produzidos, seguidas pelo grupo dos peixes redondos (tambaqui, pacu e outros) e das carpas (IBGE, 2015).

A maricultura tem se desenvolvido em diferentes locais dos 8.400 km da região costeira, representada basicamente pelo cultivo de crustáceos e moluscos.

No ano de 2014 a carcinicultura gerou 65.018,45 toneladas, sendo 99,33% produzidas na Região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. No mesmo ano o IBGE informou que em Santa Catarina foram produzidos 98% do total nacional de moluscos, o grupo dos bivalves contribuiu com 22.091,88 toneladas sendo que os demais grupos de animais, produzidos em quantidade reduzida, foram pesquisados apenas o valor resultante da produção (IBGE, 2015).

O cultivo de organismos aquáticos vem demonstrando a cada ano seu potencial de desenvolvimento como negócio no mundo e no Brasil. De acordo com a agenda global da FAO (2016), nos próximos 10 anos, países em desenvolvimento serão responsáveis pela expansão da aquicultura, com previsão de que a América Latina e Caribe alcance a produção de cerca de 3,7 milhões de toneladas em 2025. O ordenamento das atividades do setor aquícola e desenvolvimento de tecnologias de produção para espécies novas na aquicultura podem tornar o Brasil um dos principais países com desenvolvimento na aquicultura.

1.1.2 Produção de Moluscos

Dentre os organismos marinhos cultivados, os moluscos são os mais produzidos, com 16,1 milhões de toneladas (FAO, 2016). Praticado a mais de 400 anos, o cultivo de moluscos representa uma importante fonte de recursos para muitos países (FAO, 2014; GOSLING, 2015). Os maiores produtores de moluscos são a China, com 12.343.169 toneladas, seguida do Vietnã e da República da Coreia, com 400.000 e 373.488 toneladas, respectivamente (FAO, 2014). Existe uma grande diversidade de espécies de moluscos cultivados, a maioria pertencente a três classes distintas: Classe Gastropoda, como o abalone (família Haliotidae); da Classe Cephalopoda, como o polvo (família Octopodidae) e uma grande diversidade de espécies da Classe Bivalvia.

Dentre os bivalves mais importantes estão as ostras (família Ostreidae), os mexilhões (famílias Mytilidae e Aviculidae), os moluscos de areia denominados internacionalmente como *clams* e *cockles* (pertencentes respectivamente a família Mercenaridae e Arcidae) e vieiras (família Pectinidae) (PILLAY, 1990). A produção mundial tem crescido em torno de cinco espécies principais: ostra do Pacífico (*Crassostrea gigas*), Manila clam (*Ruditapes philippinarum*), vieira “Yesso” (*Patinopecten yessoensis*), mexilhão “Blue mussel” (*Mytilus edulis*) e “blood cockle” (*Anadara granosa*) (FAO, 2002).

A produção brasileira tem designado ao País o posto de segundo maior produtor de moluscos da América Latina, apenas produzindo menos que o Chile (BRASIL, 2013; MPA, 2013). A atividade tem apresentado constante crescimento, com uma produção total de 22.091,879 toneladas em 2014 (IBGE, 2014). As principais espécies de importância comercial no Brasil são as ostras *C. gigas*, *C. rhizophorae* e *C. gasar*, além do mexilhão *Perna perna* e da vieira *Nodipecten nodosus* (BORGHETTI; OSTRENSKY, 2000).

Atualmente, Santa Catarina é o estado com maior volume de produção de bivalves, sendo considerado um dos principais polos na produção de moluscos. Segundo os dados da EPAGRI (2016) em 2015 foram comercializadas em Santa Catarina 20.438 toneladas de moluscos (mexilhões, ostras e vieiras), estando diretamente envolvidos na atividade 572 maricultores.

Os produtores de Santa Catarina estão organizados em 21 associações municipais e uma estadual, uma cooperativa e duas federações e distribuídos em 12 municípios do litoral, compreendidos entre Palhoça e São Francisco do Sul. O número total de trabalhadores envolvidos diretamente na cadeia produtiva de moluscos foi de 2.315 pessoas, com uma redução de 31,67% em relação a 2014 (EPAGRI, 2016).

1.1.3 Cultivo de ostras

O cultivo de ostras é uma atividade antiga e de extrema importância socioeconômica em várias partes do mundo. Segundo Pillay (1990), as ostras de interesse comercial pertencem a dois gêneros principais: o gênero *Crassostrea* (Sacco 1897), conhecidas como *cupped oysters* e o gênero *Ostrea* (Linne 1758), denominadas ostras planas. Além dos gêneros acima citados, Matthiessen (2001) afirma que existem outras *cupped oysters*, como as do gênero *Saccostrea* (DOLLFUS; DAUTZENBERG 1920) que também são espécies de ostras importantes para o consumo humano. São produzidas hoje no mundo diferentes espécies destes três gêneros de ostras, entre as mais pesquisadas estão:

Crassostrea gigas (ostra do Pacífico);
Crassostrea virginica (American oyster);
Crassostrea angulata (ostra Portuguesa);
Crassostrea rivularis (ostra asiática);
Crassostrea hongkongensis (ostra chinesa);
Crassostrea ariakensis (ostra chinesa);
Crassostrea sikamea (Kumamoto);
Crassostrea gasar (= *C. brasiliana*) (Ostra do mangue);
Crassostrea rhizophorae (Ostra do mangue);
Ostrea edulis (Ostra plana, Europeia);
Ostrea chilensis (Ostra chilena);
Ostrea lúrida (*Olympia oyster*);
Saccostrea glomerata (*Sydney rock oyster*);
Saccostrea commercialis (Australiana).
(FAO, 1999; GOSLING, 2003)

Atualmente, cerca de 4,4 milhões de toneladas de ostras são produzidas anualmente no mundo, sendo que 14% desta quantidade é representada pela espécie *C. gigas*, produzidas principalmente na Coreia do Sul, Japão, França, Taiwan e Estados Unidos (GOSLING, 2015). O mesmo autor afirma que a China detém o status de maior produtor mundial de ostras, acima de 3,5 milhões de toneladas e que não se sabe quanto deste total é de ostra do Pacífico. Baseado neste fato acredita-se que a quantidade de ostras do Pacífico produzidas no mundo possa ser muito maior do que os valores já mencionados. Segundo Zhang et al., (2012), existem mais de

cinco espécies de ostras do gênero *Crassostrea* exploradas comercialmente na China, entretanto, as duas espécies principais da aquicultura chinesa são *Crassostrea hongkongensis* e *C. gigas*. A primeira é uma ostra nativa de grande potencial de crescimento sendo cultivada em regiões de baixa salinidade enquanto que a ostra do Pacífico é cultivada preferencialmente em locais de alta salinidade. O sudeste asiático é um exemplo de região que possui tradição de cultivo e consumo de ostras, além disso, é local de ocorrência de espécies nativas que possuem características que favorecem a produção.

Diferentes espécies de ostras são produzidas em diversos países do mundo. Muitas destas espécies são nativas da região e de acordo com a disponibilidade de sementes no ambiente natural ou da obtenção de sementes produzidas em laboratório, podem chegar a quantidades significativas e alcançar escala comercial.

As características zootécnicas que favorecem o cultivo, como rápido crescimento e tolerância a uma faixa ampla de condições ambientais, favorece a escolha da ostra do Pacífico como espécie para cultivo em muitos países (FAO, 2005). Muitas vezes a escolha de espécies de alto potencial de produção, impulsiona a produção aquícola e incentiva a produção de espécies nativas.

Além das espécies que apresentam grande volume de produção, como a ostra do Pacífico *C. gigas*, outras espécies também são produzidas regionalmente. Por muitas vezes são espécies nativas, captadas no ambiente natural, servindo como importante fonte de renda e alimento para comunidades ribeirinhas.

Pode-se afirmar que em 1934 houve a primeira demonstração de intenção de que houvesse o desenvolvimento da ostreicultura no Brasil. O então Comandante Alberto Augusto Gonçalves aconselhava, já na época, a implantação de uma indústria voltada para a produção de ostras, com características de fácil implantação devido ao baixo investimento financeiro e de pouca tecnologia, mas que estava em expansão em diversas partes do mundo (POLI, 2004).

No entanto, apenas na década de 70 houve maiores esforços em pesquisa no intuito de desenvolver a ostreicultura nacional. No ano de 1971, através da captação de sementes de ostras nativas do estuário do Rio Ratonas, em Florianópolis-SC, houve a tentativa de cultivo, mantidos pela Associação de Crédito e Assistência Pesqueira de Santa Catarina (ACARPESC). Entretanto, desmotivados pela falta de recursos financeiros e depredação das estruturas de cultivo, não houve continuidade nas atividades (POLI, 2004).

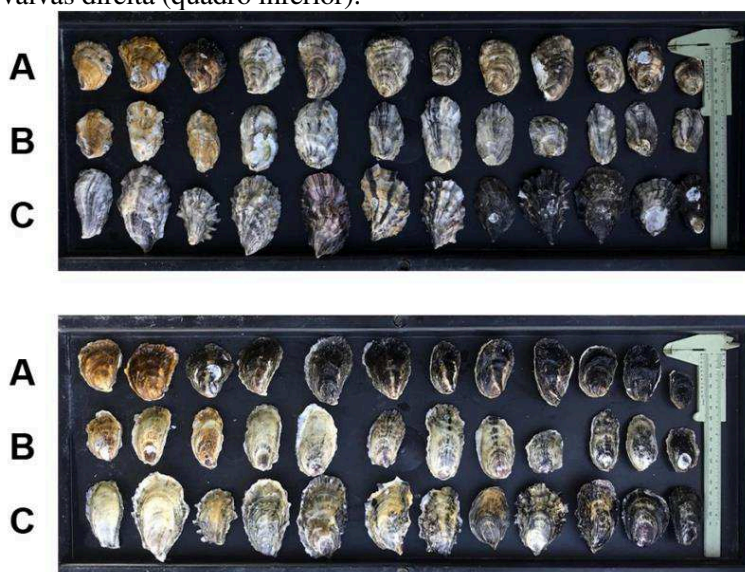
Em 1972, se deu início ao projeto de viabilidade do cultivo de *C. rhizophorae* no Canal de Itaparica-BA, através de um convênio de cooperação técnica entre a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e o Conselho Britânico, entretanto não obtiveram resultados satisfatórios.

Em 1974 ocorreu a primeira introdução de *C. gigas* no Brasil, a partir da importação de sementes da Grã-Bretanha pelo Instituto de Pesquisa Marinha em Cabo Frio-RJ, que cultivaram as ostras a partir de sementes em bandejas suspensas em balsas flutuantes (MUNIZ et al., 1986; POLI, 2004). No ano seguinte, em 1975, o Instituto de Pesca do Estado de São Paulo iniciou trabalhos de pesquisa em Cananéia-SP, avaliando o crescimento de sementes importadas do Japão (AKABOSHI, 1979). Apenas em 1981 foram realizadas novas pesquisas com *C. gigas* e, desta vez, na Região Nordeste, o Instituto de Biologia da Bahia importou novamente ostras da Grã-Bretanha para iniciar culturas de ostras (RAMOS; NASCIMENTO; SILVA, 1986).

Em 1987, as sementes de ostra do Pacífico do Instituto de Investigação Marinha em Cabo Frio foram introduzidas em Santa Catarina para avaliar o seu desempenho. Nos anos seguintes, o cultivo de ostras em Santa Catarina continuou a usar sementes de *Sostramar Laboratory*, sementes importadas de laboratórios do Chile e dos EUA, e as sementes produzidas pelo Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) da Universidade Federal de Santa Catarina. Dos ensaios de cultivo de ostras mencionados acima o sucesso foi alcançado apenas em Santa Catarina, onde o cultivo de ostras continua com sementes produzidas, principalmente, pelo LMM.

O progresso da pesquisa em ostreicultura no Brasil tornou a espécie *C. gigas* a mais comumente cultivada entre o estado de Santa Catarina (principal produtor) e São Paulo, tendo gerado grande volume de informações. Nos demais estados litorâneos, especialmente na região nordeste onde a temperatura da água é muito alta para o cultivo de *C. gigas*, a pesquisa ainda é incipiente com relação às espécies nativas *C. rhizophorae* e *C. gasar* (ABHSER; CHRISTO, 1993; SILVA; ABSHER, 1995; PROENÇA, 2001).

Figura 1 - Espécies de ostras de interesse econômico no Brasil: A) *Crassostrea gasar*, B) *Crassostrea rhizophorae* C) *Crassostrea gigas*. Quadro apresentando valvas esquerda (quadro superior) e valvas direita (quadro inferior).



Fotos: Carlos Henrique e Vanessa Nascimento

Sem contar com o fomento governamental que incentivou a ostreicultura nas regiões sul e sudeste, nos estados nordestinos, as principais iniciativas vêm por parte dos aquicultores, que por conta própria, constroem viveiros de forma empírica com pouca ou nenhuma orientação técnica, sendo necessária uma política de extensão entre o setor produtivo e acadêmico (VALENTI et al., 2000).

No Brasil a ostreicultura tem se desenvolvido com base na pesquisa e produção das ostras nativas *Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gasar* (= *C. brasiliiana*), e da ostra do Pacífico *Crassostrea gigas* (POLI, 2004) (FIGURA 1). A atividade começou a despertar atenção por ser considerada uma alternativa para a pesca artesanal e para a manutenção racional dos estoques explorados por populações ribeirinhas (POLI, 2004).

O cultivo de ostras nativas encontra-se em fase de desenvolvimento e, na última década, esforços foram direcionados para o conhecimento de técnicas eficazes na produção em larga escala, com a maturação de reprodutores em laboratório (RAMOS; FERREIRA; MELO, 2013; GOMES et al., 2014; RAMOS et al., 2014;) e assentamento larval (SILVEIRA et al., 2011).

O cultivo desde a fase de semente até o tamanho comercial tem sido realizado em diferentes tipos de ambiente (LOPES et al., 2013; LEGAT, 2015), sistemas (SILVA, 2015) e técnicas de cultivo (MACCACCHERO; GUZENSKI; FERREIRA, 2005). Entretanto, a produção de ostras nativas ainda carece de estudos que elucidem a respeito das técnicas de cultivo que melhor se adéquam às diferentes espécies e ambientes.

1.2. ESPÉCIES DE ESTUDO: *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*

As ostras pertencem ao filo Mollusca, classe Bivalvia (Pelecypoda=Lamellibranchia) e à família Ostreidae (RIOS, 2009). A classe Bivalvia é composta por cerca de 25.000 espécies vivas, constitui a segunda maior classe do Mollusca, que por sua vez é o segundo maior filo animal. A classe é distribuída em três grupos morfológicos principais, antigamente considerados Subclasses, diferenciados e agrupados pelas estratégias alimentares usadas e características da estrutura das brânquias: os protobrânquios (comedores de depósito), os lamelibrânquios (comedores de material em suspensão) e os septibrânquios (carnívoros especializados), os lamelibrânquios são a maioria dos bivalves (RUPPERT, 2005).

O gênero *Crassostrea* (SACCO, 1897), reúne as espécies de ostra de maior interesse econômico em função do valor alimentício (COSTA, 1985). No litoral brasileiro o gênero está representado pelas ostras nativas *Crassostrea gasar* (ADANSON, 1757) e *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828).

Na região sul do Brasil, a ostra do Pacífico *Crassostrea gigas* (THUNBERG, 1793) é cultivada em nível comercial. Atualmente, em Santa Catarina, foram identificados exemplares da espécie no ambiente natural em pequena quantidade para se estabelecer um estoque natural (MELO et al., 2010). Alguns autores afirmam a presença de outra espécie exótica, *Crassostrea* sp., não identificada até o momento (VARELA et al., 2007).

A taxonomia da família Ostreidae sempre foi muito discutida entre pesquisadores, segundo Alves (2001), a taxonomia das ostras é complexa, tendo sido modificada diversas vezes desde o sistema binomial de nomenclatura. A classificação taxonômica das espécies de ostra de importância no Brasil, descritas no Sistema de Informação Taxonômica Integrado (ITIS) é:

Filo: Mollusca;

Classe: Bivalvia (Linnaeus, 1758) (Concha composta por duas valvas, sem rádula e um par de brânquias)

Subclasse: Pteriomorpha (Beurlen, 1944);

Ordem: Ostreoida

Família: Ostreidae (Rafinesque, 1815)

Gênero: *Crassostrea* (Sacco, 1897);

Espécie: *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757);

Espécie: *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828).

As espécies *Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea. gasar* são encontradas em regiões estuarinas de diferentes salinidades. *C. rhizophorae* é uma espécie, que alcança tamanho de 100 mm, de forma variável, geralmente larga e de tonalidade clara a escura. A valva superior é plana e menor que a inferior, distribui-se do Caribe ao Atlântico sul americano até o Brasil (VILLARROEL et al., 2004). A espécie é típica de zonas tropicais e ocorre principalmente fixada às raízes aéreas do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), ou sobre zonas intertidais e costões rochosos (NASCIMENTO, 1983). A outra espécie de ostra do mangue é a *C. gasar*, que só foi identificada no Brasil entre os anos de 1975 a 1978 (AKABOSHI; PEREIRA, 1981), tendo sido identificada, até então, como *C. rhizophorae*, em função da semelhança morfológica entre elas, quando estão fixadas na região entre marés. Porém, a espécie *C. gasar* apresenta melhor performance de crescimento durante o cultivo (PEREIRA; HENRIQUES; MACHADO, 2003). As formas adultas de ambas as espécies são sésseis e apresentam grande plasticidade morfológica, com o formato da concha influenciado pelo formato do substrato onde estão fixadas (ABSHER, 1989), gerando grandes controvérsias para a identificação das espécies, tanto que a *C. rhizophorae* já foi considerada sinônima da *C. gasar*. Publicações realizadas por RIOS (2009) em importantes livros de taxonomia descrevem as espécies como sinônimas. Entretanto, trabalhos recentes baseados em polimorfismos moleculares confirmaram a existência e co-ocorrência das duas espécies no Brasil (ABSHER, 1989; IGNÁCIO et.al., 2000; PIE et. al. 2006; VARELA et. al., 2007).

1.2.1 Sistemas de cultivo

Tradicionalmente, diferentes espécies de ostras são produzidas em diversos países no mundo, podendo ser cultivadas de diferentes formas, através de metodologias desenvolvidas por anos no local ou da aplicação e/ou adaptação de metodologias já existentes que foram desenvolvidas em outros locais. Os diferentes tipos de cultivo estão divididos em cultivos de fundo (*bottom*) e cultivos suspensos (*off-bottom*), podendo ser implantados tanto em regiões entre marés, quanto totalmente imersos em água do cultivo (JOSEPH, 1998; POLI, 2004).

Em países como Japão, China, França, Austrália, Canadá e Estados Unidos, são aplicados diferentes tipos de cultivo, tendo os mesmos se desenvolvido a partir de técnicas de cultivo empregadas na região entre marés (SPENCER, 2002), e cultivos de fundo (QUAYLE; NEWKIRK, 1989). Dentre as diferentes metodologias e estratégias de produção na região entre marés, a maioria é escolhida pela facilidade de manejo e colheita das ostras bem como

metodologia usada para aumentar a resistência da ostra, como tem sido feito á décadas no Japão (SPENCER, 2002).

Os cultivos de fundo dependem muito do tipo de solo do local, de forma a prevenir que as ostras acabem soterradas pelo solo do cultivo, ou até mesmo que fiquem expostas ao excesso de silte presente na água junto ao fundo (JOSEPH, 1998). Em solos firmes as ostras podem ser: semeadas diretamente no solo, assentadas em conchas (*cluster*), ou até mesmo alocadas em travesseiros junto ao solo. Em fundos inconsolidados as ostras devem ser mantidas suspensas: utilizando substratos como galhos, pedras e blocos de concreto, penduradas em pedaços de bambu, em mesas, cavaletes ou prateleiras, tanto na horizontal quanto na vertical.

Os sistemas de cultivos suspensos tiveram início em 1920 no Japão, após observarem que ao manter o cultivo a certa distância do solo trazia benefícios como o aumento na taxa de crescimento, redução na mortalidade e maximização da área de cultivo (MATTHIESSEN, 2001). Estes sistemas de cultivo são os mais utilizados no mundo, devido à diminuição dos problemas correlacionados com a alta carga de silte e predação das ostras por decápodes, gastrópodes e equinodermos (POLI, 2004). São os sistemas mais intensivos, permitindo cultivos em alta densidade de ostras e maior rendimento. Entretanto, envolvem mais gastos na implantação e manutenção.

O tipo de cultivo suspenso fixo, conhecido como varal, ou *rack culture*, é instalado em locais de pouca profundidade, geralmente recebendo a influência da zona entre marés, podendo ser posicionado de forma que fique parcialmente submerso durante o período de marés baixas e com as estruturas imersas na água durante a maré alta (QUAYLE; NEWKIRK, 1989). O sistema de cultivo suspenso fixo apresenta algumas vantagens: pode ser instalado tanto em solos lodosos quanto em solos mais consistentes; proporciona um bom crescimento aos organismos; diminui problemas com a predação; evita mortalidade provocada pelo excesso de silte e possibilita o uso de diferentes tipos de estruturas de contenção das ostras no cultivo como lanternas, cordas, bandejas, gaiolas e galhos (QUAYLE; NEWKIRK, 1989) além de serem técnicas simples e de baixo custo (JOSEPH, 1998).

No estado de Santa Catarina os sistemas mais utilizados, no início do desenvolvimento da maricultura, se originaram a partir de métodos utilizados em outros países com tradição em cultivos tais como França e Espanha. Assim, seguindo os modelos clássicos de cultivo e adaptando às condições do nosso ambiente, três tipos de estruturas para cultivo predominaram nessas águas: os suspensos fixo do tipo “varal”, o sistema flutuante do tipo espinhel (ou *long-line*), ou ainda o sistema flutuante do tipo balsa. Dentre os três sistemas mais utilizados existe o predomínio do sistema de *long-line* (POLI, 1993; FERREIRA; MAGALHÃES, 2004),

atualmente em Santa Catarina a ostreicultura está baseada no cultivo de ostras em lanternas no sistema de *long line*.

Nos outros estados produtores de ostras, as técnicas de cultivo buscam o emprego de alternativas de baixo custo, com a obtenção de sementes (*spats*) em coletores artificiais, ou a retirada de indivíduos maiores finalizando com a engorda no ambiente de cultivo. O cultivo de ostras retiradas para engorda e mantidas suspenso sobre tabuleiros na zona entre-marés foi relatado como a melhor opção por comunidades de Cananéia no estado de São Paulo (PEREIRA et al., 2001).

1.2.2 Zona entre marés

A zona intertidal, comumente designada por zona entre marés, compreendem os ambientes marinhos que se encontram expostos ao ar durante a maré-baixa, e submersos à medida que a maré vai subindo. O ambiente é limitado pelos níveis máximos de preamar e mínimos de baixamar. A zona entre marés é caracterizada pelos gradientes verticais em fatores físicos e bióticos que controlam as populações e as comunidades (DAME, 1996).

Os organismos intertidais são adaptados a viver sob condições extremas de temperatura, salinidade e ressecamento; aumentando o grau de estresse a medida que os organismos se encontram em regiões mais altas da zona entre marés (DAME, 1996, RAFAELLI; HAWKINS, 1996; NYBAKKEN, 1997).

A partir do momento que a maré começa a baixar, ocorre a evaporação da água do mar presente na superfície do substrato e de todo meio onde o organismo se encontra, de forma que o mesmo irá experimentar uma elevação da salinidade seguido do ressecamento e exposição à radiação solar, além de estar condicionado a temperatura do ar, podendo ser muito mais quente ou muito mais frio do que a temperatura da água (SMITH, 2013). Além das condições acima citadas, o período de exposição ao ar impossibilita a captação de alimento e respiração convencional de animais filtradores (RAFAELLI; HAWKINS, 1996). Com isso os limites superiores de distribuição dos organismos nas diferentes alturas em relação ao nível de maré, são determinados de acordo com a tolerância destes às condições ambientais extremas, havendo quantidade reduzida de organismos aptos a viver nestes ambientes. A amplitude entre marés varia de uma localidade para outra, entretanto espécies de ostras nativas podem ocupar uma faixa desta região e permanecer por longos períodos ressecando ao ar e superaquecendo ao sol (NASCIMENTO; PEREIRA, 1980).

A prática do cultivo neste tipo de ambiente oferece vantagens em relação ao controle de organismos competidores. Espécies de ostra como *C. rhizophorae* tem seu cultivo realizado na região entre marés em função da diminuição da quantidade de organismos que impedem seu bom desenvolvimento e que podem levar a morte (BUIRAGO et al., 2009).

1.2.3 Crescimento

Valores de crescimento são obtidos através do registro do aumento de peso e, ou, tamanho de organismos em determinada unidade de tempo. Na maioria dos animais o crescimento é um processo que ocorre normalmente desde a sua concepção até o início do período reprodutivo, se ao animal forem oferecidas boas condições de vida. Segundo Ruppert e Barnes (2005), tanto a taxa de crescimento quanto a duração de vida dos bivalves variam bastante. Geralmente bivalves cultivados em clima tropical tem a vantagem de ter a taxa de crescimento maior devido à alta produtividade do ambiente e metabolismo do animal (JOSEPH, 1998).

Em ostras o crescimento é um processo contínuo, representado pela diferença entre o que se constrói (anabolismo) e o que se destrói (catabolismo) e por mudanças fisiológicas, o qual é medido pelo aumento do tamanho das células e pelo acúmulo de substâncias extracelulares. Em moluscos o crescimento consiste no incremento das partes moles (carne) e dos materiais presentes na concha (QUAYLE; NEWKIRK, 1989). Estes processos são controlados por gânglios nervosos responsáveis pela produção de peptídeos relacionados a insulina que são liberados na hemolinfa e estimulam a síntese proteica nas células da borda do manto, promovendo o crescimento da concha e do tecido mole (GRICOURT et al., 2003).

O mesmo sistema também é responsável pelo crescimento ligado ao ciclo reprodutivo e ao armazenamento de energia. O tecido de reserva em conjunto com o tecido reprodutivo irá desempenhar papel fundamental nas diferenças de composição do corpo mole entre ostras de diferentes sexos e em diferentes estágios do ciclo reprodutivo.

O crescimento é considerado por Quayle (1980) uma das medidas mais difíceis de serem estimadas em um grupo de ostras, devido à grande variabilidade existente entre os indivíduos de um grupo. O crescimento em ostras é, geralmente, obtido pela mensuração do comprimento, peso ou volume individual. O último é, na verdade, a melhor medida por ser resultante da combinação do comprimento, largura e altura individual, onde as variações no formato das ostras não influenciarão nos dados de crescimento do grupo de ostras. As variáveis que afetam os sistemas de cultivo de moluscos têm sido estudadas por vários pesquisadores, como

densidade de estocagem, estrutura de cultivo e frequência de manejo, entre outras (PEREIRA et al., 2001; FERREIRA; NETO, 2006).

Outro fator importante é a qualidade da água, que influencia na fisiologia e na adaptação do animal ao ambiente (PEREIRA; HENRIQUES; MACHADO, 2003). Os principais fatores relacionados à qualidade da água para o sucesso de cultivos de ostras são a salinidade e a temperatura, ainda que as espécies de *Crassostrea* sejam consideradas eurialinas, euritérmicas e adaptadas ao ambiente estuarino (SIQUEIRA et al., 2010). Além desses, também têm influência a concentração de oxigênio dissolvido, as correntes marinhas e o material particulado em suspensão (GALVÃO et al., 2000).

1.2.4 Mortalidade

A mortalidade é um fenômeno motivado por diferentes fatores que podem atuar sozinhos ou em conjunto, proporcionando, por muitas vezes, níveis de mortalidade expressiva. Os fatores que elevam os níveis de estresse dos organismos aquáticos podem ser de origem abiótica ou de origem biótica (PILLAY, 1990), ou a interação de diversos fatores proporcionados pelo tipo de cultivo empregado.

Para os bivalves, os fatores abióticos mais importantes que determinam mortalidade são: temperatura, salinidade, exposição ao ar, concentração de oxigênio, quantidade de sedimentos na água e a ação mecânica das ondas, muitos destes fatores podem variar de acordo com as estações do ano e, com isso, resultar em mortalidade sazonal (DAME, 1996).

Mesmo as ostras do gênero *Crassostrea* sendo consideradas organismos com alta capacidade de resistir a variações ambientais, como de salinidade (eurialinos) e temperatura (euritérmicos), comuns em ambientes onde as diferentes espécies do gênero ocorrem naturalmente (QUAYLE, 1988), condições extremas de salinidade e temperatura ou a combinação destes com outros fatores podem ocasionar altos níveis de estresse fisiológico e proporcionar a mortalidade destes organismos.

A salinidade parece ser o principal fator limitante na distribuição das espécies de ostras, principalmente em ambientes estuarinos, devido as mudanças que podem ser diárias ou sazonais; podendo ocorrer de forma gradual ou abrupta (SHUMWAY, 1996). A interação entre salinidade e temperatura tem ocasionado mudanças no metabolismo das ostras, de forma que variações drásticas na salinidade têm sido associadas a mortalidades (MORI, 1987), podendo estar associadas a diminuição do oxigênio dissolvido (CHENEY; MACDONALD; ELSTON, 2000; CHO; KIM, 1977).

Em populações de ostras de clima tropical e subtropical a temperatura pode ser o principal fator que desencadeia a mortalidade de indivíduos presentes na região entre marés. Durante os meses de verão é comum que em dias quentes, após períodos de exposição ao ar, ocorram mortalidades expressivas de ostras, assim como a exposição ao gelo em regiões de clima temperado podem levar a mortalidades (DAME, 1996).

A concentração de oxigênio presente na água do mar geralmente é suficiente para o desenvolvimento normal de bivalves (SPENCER, 2002). Condições anaeróbicas são comuns em baías rasas e estuários com baixa circulação, entretanto, o estado fisiológico das ostras e as condições ambientais do local irão determinar a capacidade destes organismos de fecharem suas valvas, e resistirem por um longo período em condições anaeróbicas ou virem a morrer (DAME, 1996).

A elevada quantidade de material em suspensão, composto por silte e microalgas podem fazer decrescer ou inibir o estímulo à filtração (IMAI, 1977). O excesso de silte presente na água junto ao cultivo de fundo (JOSEPH, 1998) pode aumentar os depósitos sobre as ostras, dificultando a alimentação e respiração (COTTER et al., 2010). Estudos demonstram que ostras cultivadas em águas rasas, junto ao fundo, apresentam altas taxas de mortalidade em função da elevada quantidade de matéria orgânica promovida por distúrbios na interface água sedimento (SOLETCHNICK et al., 1999).

Dentre os fatores bióticos que influenciam a mortalidade em ostras, os mais comuns são as doenças, a predação, a competição e a disponibilidade de alimento.

Em diferentes locais do mundo tem sido considerado que taxas de mortalidade acima de 30% não seguem padrões normais de perda na produção (SOLETCHNICK et al., 2007). Eventos de mortalidade em massa podem ser causados por diferentes motivos sendo que, em alguns casos, são identificados fatores de origem patogênica (CHENEY et al., 2000; LE ROUX et al., 2002; LI et al., 2007; WENDLING; WEGNER, 2013).

Entre os patógenos e doenças que acometem os moluscos bivalves estão: Herpes vírus, rickettsia, víbrios, protozoários, fungos, poliquetas, esponjas, vermes, copépodes endoparasitas. Geralmente as doenças causadas por vírus e protozoários são as que causam maiores impactos na indústria de bivalves, através de mortalidades em massa (LUCAS; SOUTHGATE, 2003). A identificação de parasitas em ostra nativa e ostra do Pacífico cultivadas na região da Ponta do Sambaqui, Florianópolis (SC) constatou a ocorrência de protozoários, poliquetas, fungo e cestódeos com potencialidade de causar mortalidade em ostras (SABRY; MAGALHÃES, 2005)

A predação é uma das principais causas de mortalidade em bivalves jovens, causada por planárias, gastrópodes, estrelas do mar, decápodes, peixes, pássaros e mamíferos (DAME, 1996; LUCAS; SOUTHGATE, 2003).

A competição intraespecífica e interespecífica também pode induzir a mortalidade devido a decorrente disputa por espaço e alimento (NASCIMENTO, 1982; DAME, 1996). Além de ocorrer no ambiente natural, tais situações também podem ocorrer em ambiente de cultivo quando as ostras são mantidas em alta densidade e na presença de organismos incrustantes (*fouling*). Dentre os organismos que compõem o *fouling*, existem espécies que podem penetrar a concha, de forma que a ostra necessite secretar camadas de nácar, criando uma proteção contra este corpo invasor, os quais incluem fungos, esponjas e vermes tubícolas como a *Polydora*. O cultivo na zona entre marés, promovendo a exposição ao ar por um período regular, diminui substancialmente estes tipos de problemas.

A interação entre os diversos fatores que causam estresse nas ostras pode ocasionar altas taxas de mortalidades (CHENEY et al., 2000). Desde a década de 50, episódios de mortalidade em larga escala têm sido observados em *C. gigas* cultivadas em diferentes partes do mundo, chamado de *Summer Mortality Syndrome* (SMS) (PERDUE et al., 1981; WENDLING; WEGNER, 2013), ou mortalidade de verão. Este fenômeno tem sido largamente estudado devido a ocorrência de grandes perdas históricas na produção da ostra do Pacífico nos Estados Unidos (PERDUE; BEATTIE; CHEW, 1981; CHENEY et al., 2000), França (GEAIRON, P.; GOULLETQUER, 1999), Japão e outros países produtores (PERDUE et al., 1981).

Apesar do volume de estudos efetuados, permanece sem explicação conclusiva o motivo das mortalidades em massa de verão (ROYER; REPORT; COSTIL, 2007). É de comum conhecimento que atinge ostras de diferentes idades, e que fatores de estresse em comum antecedem a ocorrência deste fenômeno como: temperatura alta, baixa salinidade, altos níveis de nutrientes e silte (SOLETCHNIK; LAMBERT; COSTIL, 2005). Vários fatores correlacionados com o aumento da temperatura da água tem sido apontado como os responsáveis pelas mortalidades em massa, como a energia dispendida pelas ostras durante as desovas (PERDUE et al., 1981), suscetibilidade das ostras a serem infectadas por patógenos oportunistas após a desova (LI et al., 2009; SOLETCHNIK et al., 2005).

O conhecimento dos fatores que influenciam a taxa de mortalidade é de fundamental importância para o planejamento na ostreicultura, de forma a auxiliar na escolha da espécie de ostra a ser produzida, na metodologia e no sistema de cultivo empregado.

1.2.5 Reprodução

Dentre todos os processos biológicos importantes nos organismos, a reprodução se destaca por permitir a geração de novos indivíduos, garantindo a continuidade da espécie e a ação dos eventos dos processos evolutivos (DAME, 1996). Cada linhagem genética evoluiu em seu ecossistema através de sua própria estratégia reprodutiva (KASYANOV, 2001). Em bivalves marinhos e estuarinos observam-se diferentes estratégias reprodutivas quanto à expressão e proporção sexual, ao cuidado parental (oviparidade e viviparidade), ao tamanho e quantidade dos gametas (STRATHAMANN, 1992), comuns entre os membros da espécie. Estratégias referentes ao período reprodutivo (sazonal e anual), tipo de desova (total e parcial), idade da primeira reprodução, além de características do desenvolvimento larval e recrutamento de novos indivíduos são características que podem diferir entre populações de uma mesma espécie (STRATHAMANN, 1992).

Apesar de apresentarem estratégias reprodutivas diversificadas, todos bivalves reproduzem de forma sexuada, proporcionando a perpetuação de parte do material genético dos progenitores durante a formação das novas gerações (GOSLING, 2003). Alguns grupos de bivalves apresentam hermafroditismo simultâneo, como os da família Pectinidae. Entretanto são mais comuns bivalves que dispõem de hermafroditismo sequencial e sexos separados (dióicos ou gonocóricos) (COE, 1943; MACKIE, 1984).

As espécies do gênero *Crassostrea* possuem mecanismos de determinação sexual diferenciados. Em uma mesma população verificam-se grupos de ostras continuamente dióicos, poucos hermafroditas ocasionais, sendo o hermafroditismo sequencial abundante e controlado, principalmente, por características ambientais como variações na salinidade e na quantidade e qualidade de alimento presentes na água (GUO et al., 1998; HEDRICK; HEDGECOCK, 2010; ZHANG; XU; GUO, 2014).

A maior quantidade de animais jovens produzindo gametas masculinos ao atingir a maturidade sexual e posterior mudança da proporção sexual da população, leva a considerar as ostras do gênero *Crassostrea* hermafroditas protândricos, sendo possível observar a correlação das diferentes proporções sexuais com a idade e tamanho dos animais (COE, 1943; GUO et al., 1998).

Modelos genéticos foram propostos para interpretar as mudanças das proporções sexuais em *Crassostrea*, de forma que o sexo é orientado pela presença de dois alelos sendo as ostras portadoras dos genes MF, consideradas machos verdadeiros e FF identificados como hermafroditas protândricos, capazes de mudar de sexo em função de fatores ambientais (GUO

et al., 1998; ZHANG; XU; GUO, 2014). Dheilly et al (2012) identificaram genes que atuam durante diferentes etapas da gametogênese, regulando os processos de formação de gametas em machos, fêmeas e animais que tem a capacidade de produzir gametas dos dois sexos. A expressão dos genes em resposta a temperatura da água e disponibilidade de alimento atuam na produção de hormônios que participam na definição do sexo da ostra (GUO et al., 1998; GOSLING, 2003; SANTERRE et al., 2013).

Os processos reprodutivos iniciam antes da gametogênese, ainda na fase de embriogênese, ainda durante as primeiras divisões celulares, um dos blastômeros assegura a formação das células germinativas primordiais que migram para a formação do tecido gonádico (SAFFMAN; LASKO, 1999). Após o desenvolvimento larval e metamorfose as células germinativas primordiais se tornam células-tronco germinativas e promovem a formação de células germinativas. Com a presença das células germinativas no tecido conjuntivo da ostra os folículos começam a se desenvolver. Após o aparecimento dos folículos, as células germinativas primordiais se proliferam e proporcionam o aparecimento do epitélio germinativo com células reprodutivas que se multiplicam e se desenvolvem através da gametogênese (DHEILLY et al., 2012). Inicialmente todo o desenvolvimento das células reprodutivas ocorre próximo às glândulas digestivas e à parede do pericárdio, com consecutiva proliferação celular simétrica e bilateral (MACKIE, 1984; GOSLING, 2003).

As etapas que constituem a gametogênese em bivalves são descritas por Sastry (1979), e se caracteriza pela sucessão de processos de multiplicação e desenvolvimento celular que acontecem até a formação dos gametas.

No início do processo de formação do espermatozoide, as espermatogônias primárias sofrem divisões por mitose produzindo as espermatogônias secundárias. De sua divisão por meiose originam-se os espermatócitos primários, que estão no folículo distribuídos uniformemente em uma banda, e dão origem aos espermatócitos secundários que por sua vez geram as espermatides que, após sofrerem um processo de diferenciação, originam os espermatozoides (SASTRY, 1979).

Durante a formação dos gametas femininos, as ovogônias primárias encontram-se na parede dos folículos e, após divisões mitóticas, dão origem às ovogônias secundárias. As ovogônias secundárias iniciam um processo de divisão meiótica, que não se completa, permanecendo por um período em prófase. Mesmo não completando a divisão, as células continuam a se desenvolver e formar os oócitos que passam a absorver e acumular lipídeo no citoplasma e ter um aumento do núcleo (SASTRY, 1979). Os oócitos continuam a se

desenvolver até o momento que se encontram aptos a serem lançados na água durante a desova (SASTRY, 1979).

Um dos métodos de avaliação do desenvolvimento da gametogênese de bivalves é a histologia, classificando-se o tecido reprodutivo das ostras de acordo com a diferenciação das células presentes nos folículos (GOSLING, 2003). Os folículos masculinos são preenchidos por células basófilas enquanto que os folículos femininos apresentam células acidófilas, propiciando diferentes afinidades pelos pigmentos quando os tecidos são corados. No Brasil as técnicas histológicas foram realizadas nos estudos abordando a reprodução de ostras do gênero *Crassostrea* (NASCIMENTO; LUNETTA, 1978; LENZ; BOEHS, 2011; PAIXÃO et al., 2013; RAMOS; FERREIRA; MELO, 2013; GOMES et al., 2014; RAMOS et al., 2014; CASTILHO WESTPHAL; MAGNANI; OSTRENSKY, 2015; LEGAT, 2015).

A definição do período reprodutivo envolve a interação de fatores endógenos e exógenos como a disponibilidade de alimento, a salinidade e a temperatura (MACKIE, 1984; GOSLING, 2003). Estudos com ostras que habitam locais de clima temperado têm mostrado relação entre a gametogênese e as estações do ano, apresentando períodos de desova em função da elevação da temperatura da água (RUIZ et al., 1992; MACKIE, 1984). Os diferentes regimes de temperatura dos locais de ocorrência de uma mesma espécie proporcionam padrões reprodutivos distintos, necessitando atingir diferentes temperaturas para completar o desenvolvimento dos gametas e desencadear a desova (RUIZ et al., 1992).

Espécies de ostras que ocorrem em regiões de clima tropical, sob altas médias anuais de temperatura, podem apresentar ciclo reprodutivo contínuo necessitando, em alguns momentos, de um período de recuperação do tecido conjuntivo de reserva devido sua importância na formação de gametas (NASCIMENTO; LUNETTA, 1978; BAYNE, 2017). Nestes locais as ostras tendem a desovar de forma intermitente durante a maior parte do ano, com produção e desenvolvimento contínuo de ovócitos primários. Ainda assim, observam-se picos reprodutivos durante os períodos mais secos e quentes (BAYNE, 2017).

Em regiões de clima subtropical também ocorrem longos períodos de desova, iniciando com o aumento da temperatura da água, sendo interrompidos com a diminuição da temperatura e redução do índice de condição (IC) dos animais, sendo necessário um período de recuperação do tecido conjuntivo e reprodutivo (BAYNE, 2017).

Pesquisas realizadas com as ostras tropicais *Crassostrea gasar* (sin. = *Crassostrea brasiliiana*) e *Crassostrea rhizophorae* apresentam informações sobre populações com padrões reprodutivos distintos.

No Brasil *Crassostrea gasar* apresenta processos reprodutivos diferentes em diferentes latitudes da costa. Na região norte, PAIXÃO et al., (2013) não encontraram evidências da influência do regime de temperatura da água no ciclo reprodutivo de *C. gasar*. Contudo, durante períodos de baixa salinidade, a proporção de espécimes maduros de ambos os sexos aumentou e o processo de desova ocorreu após o aumento da salinidade da água durante a estação seca. As populações de *C. gasar* da região tropical da costa atlântica africana também sofrem influência da salinidade da água no padrão reprodutivo. Em uma ampla faixa compreendida entre o Senegal (latitude 15° N) e Angola (latitude 15° S) são observadas desovas anuais contínuas e uma acentuação da eliminação dos gametas durante os períodos de chuva e diminuição da salinidade (DIADHIOU; LE PENNEC, 2000).

Na região nordeste do Brasil *C. gasar* cultivadas a partir de sementes produzidas em laboratório, apresentaram desovas ao longo do ano com raros aparecimentos de ostras em estágio de repouso (LEGAT, 2015)

O ambiente estuarino-lagunar da Cananéia, localizado na região sudeste do Brasil, apresenta baixas temperaturas médias da água durante o inverno. Ainda assim, *C. brasiliiana* reproduz durante o ano de forma contínua, com aumento do número de indivíduos aptos à reprodução durante a primavera (GALVÃO et al., 2000; PEREIRA et al., 2001).

Na região sul, nos estuários do estado do Paraná, a reprodução de *C. brasiliiana* também ocorre de forma intermitente, mas com aumento na intensidade reprodutiva e picos de desova durante o verão (ABSHER, 1989; CHRISTO; ABSHER, 2006; CHRISTO, 2006; CASTILHO WESTPHAL; MAGNANI; OSTRENSKY, 2015). Parte da população estudada por Christo e Absher (2006) apresentou período de repouso reprodutivo total, e grande quantidade de ostras com o tecido reprodutivo em desenvolvimento inicial durante o inverno.

Em Santa Catarina, a temperatura exerce forte influência no ciclo reprodutivo de *C. gasar*. Gomes et al. (2014) observaram ostras aptas à desova apenas durante o período compreendido entre novembro e maio. Diferentemente dos estudos realizados em outras latitudes, em Florianópolis foram encontradas predominantemente ostras em repouso durante meses mais frios do ano (GOMES et al., 2014), os mesmos resultados foram encontrados em ostras cultivadas em São Francisco do Sul e Florianópolis (LEGAT, 2015).

Em *Crassostrea rhizophorae* a gametogênese acontece durante todo ano e o acúmulo de glicogênio é pouco marcante, pois os indivíduos da espécie utilizam a energia proveniente da alimentação diretamente na produção de gametas. Neste ponto, difere-se de outras espécies de ostra do gênero *Crassostrea* que estocam energia em forma de glicogênio (NASCIMENTO;

PEREIRA, 1980). Desta forma, em *C. rhizophorae*, também não é evidente longos períodos de repouso reprodutivo total (CHRISTO, 2006).

Dentro das populações de *C. rhizophorae* encontram-se indivíduos em diferentes fases do ciclo sexual de forma que o processo de eliminação de gametas não ocorre de forma concomitante para todos os indivíduos e a liberação de gametas se dá de forma parcelada (NASCIMENTO; LUNETTA, 1978). Lenz e Boehs (2011) observaram desovas parciais ocorrendo durante todos os meses do ano tendo a diminuição da salinidade como fator estimulante para os processos de eliminação de gametas.

1.3. JUSTIFICATIVA

No Brasil, as populações naturais de ostras nativas têm sido reduzidas, refletindo no decréscimo da produtividade (LEMOS et al., 1994). Neste contexto, a ostreicultura é apontada como uma das alternativas para diminuir a pressão sobre os estoques naturais (LENZ, 2011).

A produção brasileira de ostras está vinculada ao cultivo de espécies do gênero *Crassostrea*. No Estado de Santa Catarina o cultivo de *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793), espécie típica de clima temperado, foi incentivado com apoio de instituições de pesquisa e extensão e obteve ótimos resultados de produção. Entretanto o cultivo da espécie restringe-se a águas mais frias, uma vez que o seu cultivo em águas com médias de temperaturas mais elevadas inviabilizaria sua produção (POLI, 2004). Assim o crescimento da ostreicultura nas demais regiões da costa brasileira está vinculado ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos para o cultivo de ostras nativas.

A produção de ostra nativa depende da coleta de formas juvenis, ou de sementes captadas em coletores artificiais e transferência para crescimento em ambiente de cultivo. Em muitos destes locais o uso de coletores artificiais se mostra inviável para o estabelecimento de uma produção regular devido à imprevisibilidade e a incerteza da espécie coletada (TURECK, 2010; MONTANHINI NETO, 2011). O conhecimento do ciclo reprodutivo das espécies auxilia a determinação dos períodos de transferência de coletores para água e obtenção de sementes da espécie de interesse (GALVÃO et al., 2000; NASCIMENTO; PEREIRA, 2004; CHRISTO; ABSHER, 2006).

O presente estudo surgiu da necessidade de aprofundar informações sobre crescimento e reprodução das duas espécies nativas do gênero *Crassostrea*, de interesse comercial: as espécies nativas, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) e *Crassostrea gasar* (Adanson 1757), cultivadas na região entre mares. A maior parte dos estudos descritos na literatura foi

realizada, em épocas em que não se tinha certeza da identificação das espécies de ostras do gênero *Crassostrea* existentes na costa brasileira, o que só ocorreu a partir do desenvolvimento de trabalhos de genética molecular para o diagnóstico taxonômico das espécies (IGNÁCIO et.al., 2000; LAZOSKI et al, 2011; MELO et. al., 2013). Embora alguns estados estejam atualmente cultivando *C. gasar* e *C. rhizophorae*, ainda não há uma definição sobre as melhores formas de cultivo, nem as espécies que melhor se adequam aos diferentes sistemas de cultivo e a cada ambiente. Outro fator relevante é que as ostras utilizadas na maioria dos estudos já realizados, tinham diferentes idades, já que foram coletadas em estoques naturais.

Sendo assim, o presente trabalho, poderá contribuir com a malacologia e o desenvolvimento da ostreicultura de países da costa Leste da América do Sul e da costa Oeste da África, pois estuda as duas espécies de interesse econômico que ocorrem naturalmente na maior parte dos países do Atlântico Sul. As informações geradas poderão ajudar no entendimento do crescimento e determinação dos ciclos reprodutivos destas espécies, que será de grande importância para o manejo racional dos estoques naturais de ostras e na obtenção de reprodutores viáveis à produção de sementes em laboratório.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

- Obter informação sobre o efeito do cultivo em sistema fixo suspenso na região entre marés no crescimento, sobrevivência e desenvolvimento reprodutivo das ostras nativas *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* na região sul do Brasil.

1.4.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de diferentes da exposição ao ar, durante o cultivo, no crescimento (altura, comprimento, largura e peso vivo total) das ostras nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae*;
- Analisar o efeito do cultivo na região entre marés no peso de carne produzida nas ostras nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae*;
- Avaliar a sobrevivência das ostras nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae*, cultivadas na região entre marés;
- Verificar a proporção sexual das ostras nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae* em cultivo;

- Estudar o desenvolvimento reprodutivo das espécies *C. gasar* e *C. rhizophorae* cultivadas na região entre marés.

1.5 FORMATAÇÃO DA TESE

Esta Tese está dividida em dois capítulos. Cada capítulo é referente a um artigo científico, estando os mesmos formatados de acordo com as normas das revistas para as quais serão submetidos para publicação.

2 ARTIGOS CIENTÍFICOS

2.1 CAPÍTULO I

Crescimento e sobrevivência das ostras de mangue *Crassostrea gasar* (Adanson 1757) e *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) cultivadas na variação de maré

Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes^{1*}, Aline Thomasi², Mariane Silveira¹, Claudio Manoel Rodrigues de Melo¹

¹*Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.*

²*Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro. Escritório Regional do Noroeste Fluminense II (FIPERJ). BR 356, Km 2, antigo mercado produtor. CEP 28300-000, Itaperuna, Rio de Janeiro (RJ), Brasil (BR).*

*Correspondência: Laboratório de Moluscos Marinhos – Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. *E-mail:* carloshenriquelabmol@gmail.com

Running title: Crescimento e sobrevivência de *Crassostrea* sp.

Artigo redigido de acordo com as normas da Revista **Aquaculture Research** (Qualis B1, Fator de impacto: 1,376).

Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento, a sobrevivência e o peso de carne seca de *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas em diferentes alturas em relação ao nível de maré, na praia de Sambaqui, Florianópolis-SC. As duas espécies de ostra foram mantidas por dez meses em cinco andares diferentes da lanterna, sendo cada altura do andar, medidos em relação ao nível de maré 0, considerado um tratamento. No total cinco tratamentos, em triplicata, para cada espécie, de forma que os efeitos da influência da maré nas ostras de cada espécie, presentes em cada andar, fossem avaliados. O primeiro andar das lanternas alocadas no sistema suspenso fixo ficava submerso em marés maiores ou iguais a 0,9 m; o segundo, a 0,7 m; o terceiro, em 0,5 m; o quarto, em 0,3 m e o quinto, em 0,1 m. Os resultados indicam que as ostras da espécie *C. gasar* apresentam crescimento superior a *C. rhizophorae* quando cultivadas nas mesmas condições, com exceção do cultivo a 0,9 m. Os maiores valores de crescimento e produção de carne em *C. gasar* foram obtidos em função da redução do tempo de exposição ao ar, entretanto a sobrevivência foi maior quando cultivadas nas alturas de maré 0,5 e 0,7 m. Para a espécie *C. rhizophorae*, foi obtido crescimento superior em ostras cultivadas na altura de maré 0,3, e sobrevivência nas alturas 0,7 e 0,9 m. Os resultados indicam que *C. gasar* apresenta aumento no crescimento e produção de carne com o aumento do tempo de imersão enquanto que *C. rhizophorae* apresenta os maiores valores quando cultivada com exposição ao ar.

Palavras-chave: Ostra do mangue, rendimento, entre marés, exposição ao ar.

2.1.1 Introdução

Dentre os organismos marinhos cultivados, os moluscos são os mais produzidos, com 16,1 milhões de toneladas (FAO 2016). A ostreicultura é uma atividade comercial desenvolvida em vários países do mundo, sendo 98% da produção mundial oriunda de espécies do gênero *Crassostrea*, com produção anual de cerca de 4,6 milhões de toneladas (FAO 2010). A ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) é a espécie de maior importância econômica, sendo cultivada em vários países do mundo (FAO 2007). A produção de *C. gigas* está restrita a águas de temperaturas mais frias (Poli 2004).

No Brasil, o estado de Santa Catarina é o maior produtor nacional de bivalves cultivados, responsável por mais de 90% da produção nacional, baseada quase que em sua totalidade na espécie *C. gigas*, com 3.030,26 toneladas produzidas no ano de 2015 (Santos & Costa 2016). Nos demais Estados brasileiros, a extração e o cultivo de ostras têm se desenvolvido em torno das espécies nativas, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828) e *Crassostrea gasar* (Adanson 1757). Estas espécies são, em sua maioria, extraídas diretamente do ambiente natural ou captadas na forma de sementes e cultivadas até o tamanho comercial, de modo ineficiente para o estabelecimento de uma produção regular (Pereira *et al.* 2003).

Os fatores determinantes no rendimento da produção, o crescimento e a sobrevivência, estão diretamente correlacionados com a produtividade na aquicultura (Dégremont *et al.* 2005). Durante décadas, as ostras nativas têm sido estudadas ao longo da costa brasileira, geralmente abordando dados relacionados à taxa de crescimento e sobrevivência (Pereira *et al.* 1988, Absher 1989, Pereira *et al.* 2001, Pereira *et al.* 2003; Galvão *et al.* 2009; Lopes *et al.* 2013). Nestes estudos são apresentados diferentes indicativos de produtividade e valores de crescimento.

Muitos fatores influenciam a taxa de crescimento e a sobrevivência de ostras e as diferenças entre eles podem ajudar a explicar a variabilidade de resultados disponíveis na literatura. Dentre estes fatores, destaca-se a composição e a disponibilidade de alimento (Newkirk & Field 1990; Gosling 2003). Moluscos bivalves são organismos filtradores que regulam sua alimentação através de modificações no processo de filtragem e ingestão, em função da concentração e disponibilidade de alimento na água (Bayne *et al.* 1993).

A descrição das características do alimento é realizada por meio do estudo da composição e concentração do seston ou material particulado total (MPT) da água (Barillé *et al.* 1997; Sarà & Mazzola 1997; Paterson *et al.* 2003). Já a relação entre matéria inorgânica particulada (MIP) e matéria orgânica particulada (MOP) determinará a qualidade do alimento presente na água. Quando a quantidade de MIP é muito superior a quantidade de MOP, a absorção de MOP se torna menos eficaz (Velasco & Navarro 2003).

Além da composição e disponibilidade do alimento, a temperatura e salinidade também são fatores determinantes no crescimento (Lunetta & Grotta 1982; Shumway 1996; Miranda & Guzinski 1999; Pereira *et al.* 2001; Gosling 2003; Alvarenga & Nalesso 2006). A produtividade da ostreicultura no Sul do Brasil é afetada principalmente pela temperatura da água, exercendo influência direta na sobrevivência dos animais enquanto que a clorofila-a parece afetar a taxa de crescimento (Mizuta *et al.* 2012). Grande parte destes fatores sofrem variações de acordo com a mudança das estações do ano, influenciando diretamente no desempenho dos cultivos.

O tempo de imersão (Littlewood & Gordon 1988; Gosling 2003), a densidade e o tipo de cultivo (Pereira *et al.* 2001; Honkoop & Bayne 2002) também são fatores determinantes no sucesso da produção. No Brasil, a maioria dos produtores utiliza os sistemas de mesa, travesseiros e suspenso fixo na produção de ostras nativas.

Na região de Cananéia-SP, o principal polo produtor de *C. gasar*, é comum a engorda de ostras da espécie no sistema de tabuleiros (Pereira *et al.* 2001). O mesmo sistema de produção é empregado na região Nordeste para o cultivo da espécie *C. rhizophorae* e, segundo Newkirk & Richards (1991) em Cuba a espécie é cultivada na região entre marés.

O método de cultivo das mesmas espécies de ostra pode variar de acordo com a região produtora, entretanto a maioria se baseia no cultivo em diferentes alturas em relação ao nível de maré e nível de exposição ao ar, demonstrando carência de informação técnica durante a escolha do local de cultivo.

No Brasil, existem poucos estudos que relacionam técnicas de cultivo ao desempenho de ostras. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar as relações do local de cultivo, em relação à altura de maré, com o rendimento do cultivo de ostras nativas do gênero *Crassostrea*, com enfoque no crescimento, na sobrevivência e produção de carne, contribuindo para a análise e o aprimoramento das técnicas de manejo na ostreicultura.

2.1.2 Materiais e métodos

2.1.2.1 Material Biológico

As sementes de ostra foram produzidas a partir de desovas realizadas no Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), do Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizado na Barra da Lagoa, Florianópolis, SC, Brasil. Os gametas foram obtidos a partir de reprodutores de *C. gasar* do plantel do LMM e de reprodutores de *C. rhizophorae* coletados na região do mesolitoral, em rochas das praias de Cacupé, Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa, na Baía Norte de Florianópolis (entre 27° 28'S; 48°33'W e 27°S 35'S; 48°34'W). Após a desova, as espécies foram identificadas por técnicas de biologia molecular (PCR RFLP) conforme descrito por Lazoski *et al.* (2011).

As desovas e larviculturas foram realizadas em tanques de 20.000 L e os assentamentos realizados em tanques de 1.500 L no sistema de *downwelling* conforme descrito por Silveira *et al.* (2011). Após o período de assentamento, as sementes foram peneiradas a cada 14 dias e mantidas separadas de acordo com a classe de tamanho.

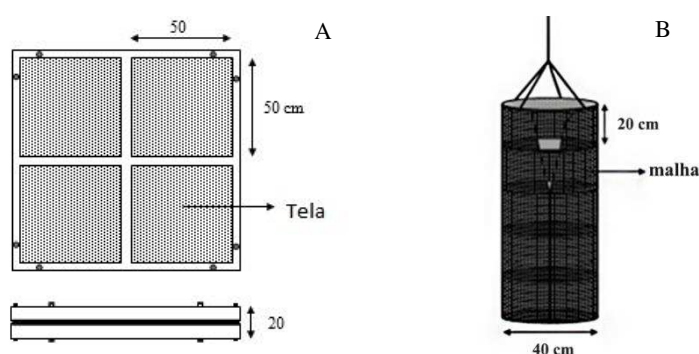
2.1.2.2 Cultivo no mar

Aproximadamente 2 meses após a indução ao assentamento, 15.000 sementes de cada espécie, com cerca de 3 mm de altura, foram transferidas para a área de cultivo experimental localizada na praia do Sambaqui (27°28'S; 48°33'40"W), Florianópolis, Santa Catarina.

As sementes foram cultivadas durante 45 dias em caixas de madeira flutuantes de 1 m², divididas em quatro compartimentos e com telas de abertura de malha de 1 mm (Fig. 1A). Após

este período, as sementes foram proporcionalmente distribuídas em 6 lanternas tipo berçário, com abertura de malha de 2 mm e diâmetro do prato de 400 mm (Fig. 1B) e mantidas separadas em diferentes andares, com densidade máxima inicial de 500 sementes por andar. Nesta fase, o manejo foi realizado a cada 15 dias e consistiu na limpeza das lanternas com jato de água doce sob pressão, peneiramento e ajuste de densidade, quando necessários. O ajuste de densidade realizado durante a mudança do tipo de lanterna foi feito proporcionalmente à quantidade de indivíduos dentro de cada classe de tamanho e de forma aleatória.

Figura 1 - Estruturas de cultivo de ostras. **A.** Caixa flutuante; **B.** Lanterna de cultivo.

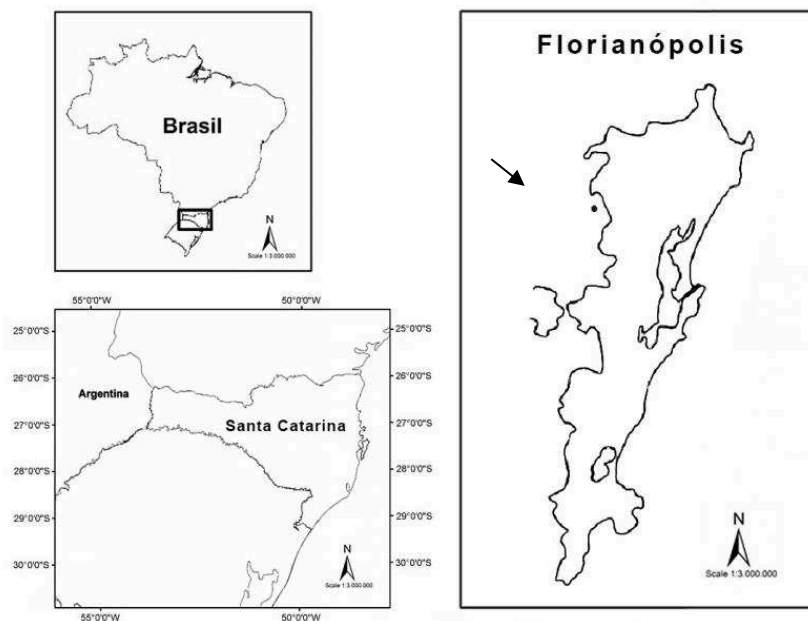


No momento em que se iniciou o experimento foi realizada uma biometria inicial (peso e altura) em 100 indivíduos de cada espécie. As sementes de *C. gasar* e *C. rhizophorae* apresentaram altura média de $12,47 \pm 0,51$ mm e $12,23 \pm 0,42$ mm e peso médio de $0,382 \pm 0,057$ g e $0,311 \pm 0,069$ g, respectivamente.

2.1.2.3 Local de estudo e desenho experimental

Após 78 dias de cultivo, as lanternas tipo berçário foram transferidas para o sistema de cultivo fixo suspenso, também localizado na praia de Sambaqui em uma área de aproximadamente 2,5 m de profundidade, na maré mais baixa, e, a 70 m da costa ($27^{\circ}29'28''S$ e $48^{\circ}32'13''W$) (Fig. 2).

Figura 2 - Área de cultivo de ostras na praia do Sambaqui, Florianópolis, SC, Brasil. (Elaboração própria).

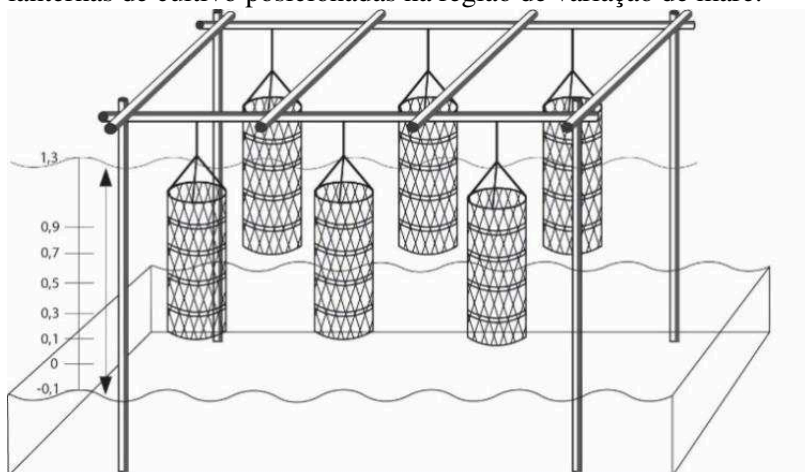


O experimento foi composto por cinco tratamentos com três repetições para cada espécie ($G = C. gasar$ e $R = C. rhizophorae$), perfazendo trinta unidades experimentais (UE), de forma que os efeitos da influência da maré, nas ostras de cada espécie presentes em cada andar, fossem avaliados. Com auxílio de uma régua de maré fixada no local do cultivo, as lanternas foram posicionadas na mesma altura em relação ao nível da água, de forma que cada andar das lanternas ficasse, subsequentemente, alocado no sistema suspenso fixo submerso em marés maiores ou iguais a 0,9 m (G9 e R9); 0,7 m (G7 e R7); 0,5 m (G5 e R5); 0,3 m (G3 e R3); e em 0,1 m (G1 e R1).

Em Florianópolis a preamar máxima registrada nas tabelas de marés é de 1,3 m e a altura mínima -0,1 m. De acordo com a previsão da tábua de maré, foi estimado o tempo exposição ao ar mensal de cada tratamento. O tempo médio de exposição ao ar, expresso em porcentagem, para os tratamentos nas alturas 0,9; 0,7; 0,5; 0,3 e 0,1 foram respectivamente de $61,8 \pm 1,9\%$; $38,5 \pm 3,1\%$; $15,7 \pm 2,5\%$; $2,7 \pm 1,9\%$ e $0,014 \pm 0,12\%$.

Após três meses de cultivo, as ostras foram transferidas para lanternas intermediárias, na densidade de 300 ostras por andar, nas mesmas condições de cultivo, com 5 andares e abertura de malha de 5 mm. O manejo então passou a ser mensal.

Figura 3 - Sistema de cultivo fixo suspenso, demonstrando as lanternas de cultivo posicionadas na região de variação de maré.



2.1.2.4 Coleta de dados

2.1.2.4.1 Parâmetros ambientais

Durante o período de abril de 2013 a janeiro de 2014 foram monitorados os valores de temperatura, salinidade, matéria particulada total (MPT), a matéria orgânica particulada (MOP) e a matéria inorgânica particulada (MIP). A temperatura foi armazenada de hora em hora através do sensor *TidBit Temp Logger* (StowAway® Tid bit®) fixado no local de cultivo. A salinidade foi aferida três vezes por semana com o auxílio de um refratômetro. Amostras da água do mar foram coletadas três vezes por semana para avaliações da matéria particulada presentes na água.

As coletas de água eram efetuadas junto à estrutura de cultivo (50 cm de profundidade), acondicionadas em garrafas âmbar e transportadas até o LMM para a realização das análises. Para tanto, 200 mL de cada amostra foi pré-filtrada (em tela de 280 μm) para eliminar partículas maiores e em seguida, filtradas para retenção do material particulado desejado e lavadas, com 1,5 ml de formiato de amônio (0,5 N), para remover o excesso de sal. Os filtros utilizados foram de 47 mm de diâmetro (Whatman GF/C) com porosidade de 0,45 μm , previamente queimados em mufla a 450°C por duas horas e pesados em balança analítica de precisão (0,00001 g). Posteriormente à filtragem, os filtros foram secados em estufa por 48 horas a 60°C, pesados para determinação da MPT, queimados e pesados novamente para a determinação da MOP e MIP. As análises foram realizadas como descrito por Strickland & Parsons (1972).

2.1.2.4.2 *Biometrias*

Após três meses de cultivo no mar, efetuou-se a primeira biometria, sendo as demais realizadas mensalmente. Antes das biometrias as ostras foram lavadas com água pressurizada e, quando necessário, limpas com auxílio de cutelo para remoção das incrustações (*biofouling*). Após a limpeza, 30 ostras por UE foram aleatoriamente amostradas para mensurar o peso vivo total (PVT), a altura (A), o comprimento (C) e a largura (L), conforme proposto por Galtsoff (1964). O peso foi mensurado em balança digital com precisão de 0,001 g e as demais medidas com o auxílio de um paquímetro com precisão de 0,1 mm.

2.1.2.4.3 *Análise da sobrevivência e peso seco de carne*

O peso seco da carne foi realizado, mensalmente, em 10 animais por tratamento, sendo as amostras secas em estufa a 68°C por 48 h e pesadas em balança de precisão (0,001 g). A sobrevivência foi calculada mensalmente.

2.1.2.5 *Análises estatísticas*

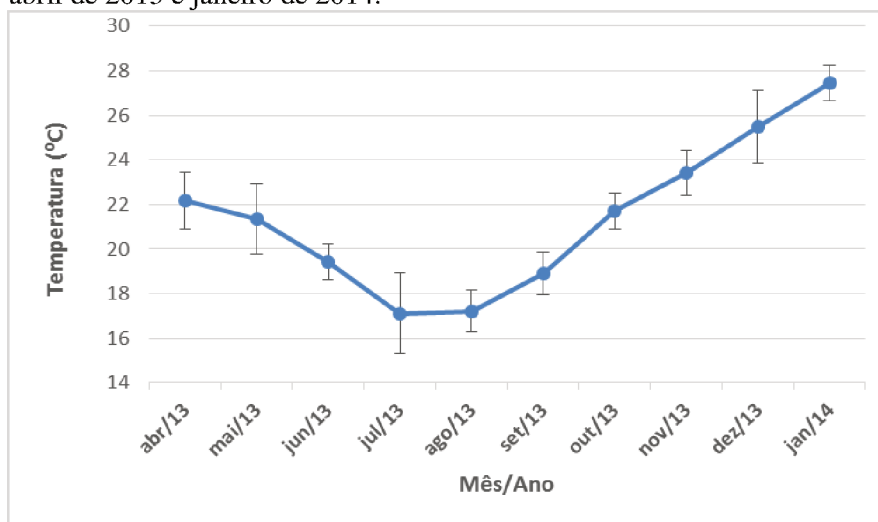
Os dados de desempenho (peso vivo total, altura, comprimento e largura) foram analisados quanto ao desvio normalizado dos erros e homogeneidade das variâncias entre os tratamentos. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância. Quando houve diferença na análise de variância, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas utilizando o programa SAS®.

2.1.3 Resultados

2.1.3.1 *Parâmetros ambientais*

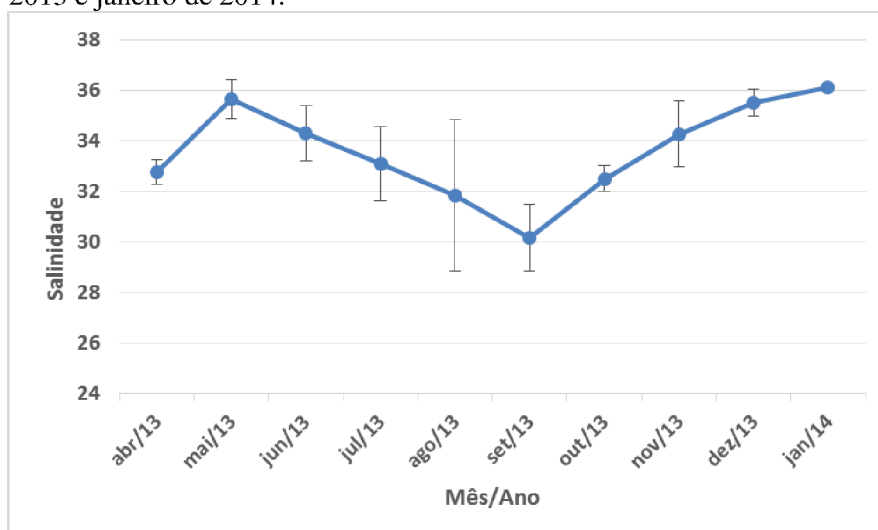
As médias de temperatura da água no local de cultivo apresentaram variações em função da época do ano. As menores médias de temperatura registradas, aproximadamente 17°C, ocorreram durante o inverno, nos meses de julho e agosto de 2013, havendo aumento gradativo durante a primavera e o verão. No mês de janeiro de 2014, a água atingiu a temperatura média máxima de aproximadamente $27,5 \pm 1,4^\circ\text{C}$ (Fig. 4).

Figura 4 - Temperatura (°C) (média ± desvio padrão) da água do mar no local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014.



Durante o período experimental, foram registradas médias de salinidade da água entre 30 e 36. No mês de maio verificou-se a maior média do ano de 2013, $35,6 \pm 0,5$, ocorrendo redução gradativa até o mês de setembro, quando foi registrada a menor média de salinidade $30,1 \pm 2,9$. Posteriormente, ocorreu aumento gradativo da salinidade, atingindo média de $36,1 \pm 0,52$ em janeiro de 2014 (Fig. 5).

Figura 5 - Salinidade (média ± desvio padrão) da água do mar no local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014.

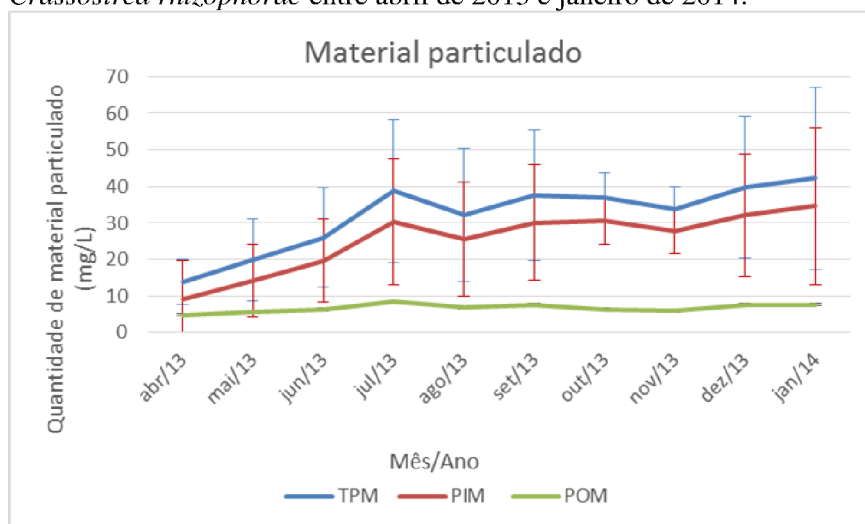


O valor médio de MPT entre os meses de abril de 2013 a janeiro de 2014 foi de $32,11 \pm 9,32 \text{ mg L}^{-1}$, havendo grande variação nos valores registrados durante os dias de coleta durante todo o período experimental (Figura 6). O menor valor médio foi registrado em abril de 2013,

com $13,88 \pm 6,3 \text{ mg L}^{-1}$, e o maior valor médio em janeiro de 2014, com $42,23 \pm 25,02 \text{ mg L}^{-1}$.

A média de matéria particulada orgânica (MOP) durante todo o período experimental foi de $6,72 \pm 1,11 \text{ mg L}^{-1}$, com valores inferiores a matéria particulada inorgânica (MIP), que apresentou a média de $76,25 \pm 5,82 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 6). Os cálculos da relação MIP/MOP apresentaram valor mínimo de 1,87 e valor máximo de 4,81 com uma média de $3,7 \pm 0,95$ para todo o período experimental.

Figura 6 - Material particulado total (TPM), material particulado inorgânico (PIM) e material particulado orgânico (POM) (médias \pm desvio padrão) na água do mar do local de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* entre abril de 2013 e janeiro de 2014.

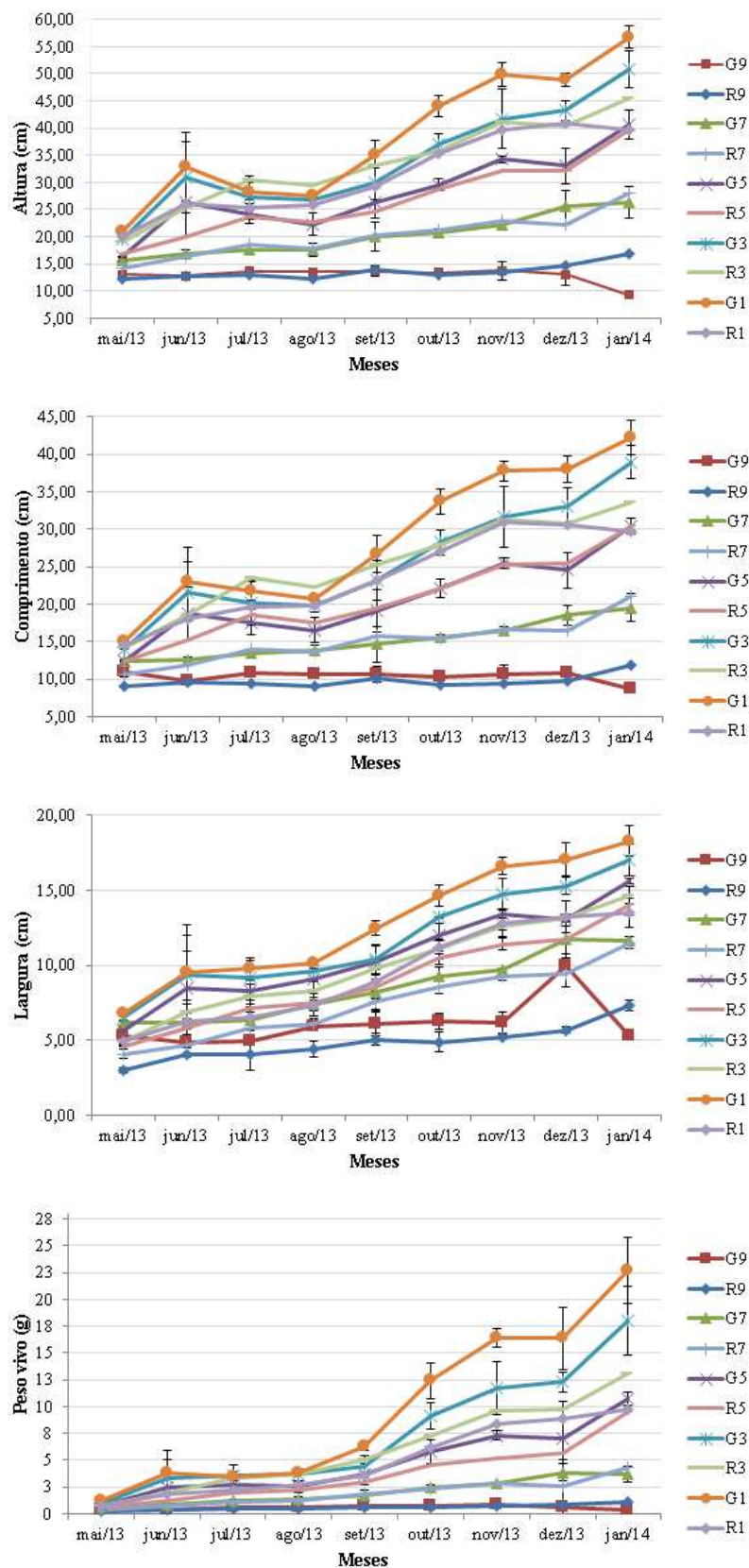


2.1.3.2 Biometria

O tempo de exposição ao ar afetou negativamente o crescimento das ostras das duas espécies. Ao fim de dez meses de cultivo, fim do período experimental, os menores valores de média de tamanho em todas as medidas foram registrados nos tratamentos com maior exposição ao ar, G9 e R9; medindo respectivamente $13,00 \pm 1,98$ e $16,79 \pm 0,95$ mm de altura; $10,62 \pm 1,22$ e $11,93 \pm 0,78$ mm de comprimento; $9,95 \pm 0,78$ e $7,30 \pm 0,33$ mm de largura e peso vivo total (PVT) de $0,89 \pm 0,29$ e $1,16 \pm 0,186$ g.

Verificou-se as maiores médias de tamanho na espécie *C. gasar* quando cultivadas na altura de maré 0,1 m (G1), com: $56,75 \pm 2,12$ mm de altura, $42,19 \pm 1,49$ mm de comprimento; $18,28 \pm 0,99$ mm de largura e $22,74 \pm 3,10$ g de peso; enquanto que, em *C. rhizophorae*, os maiores valores foram encontrados em ostras cultivadas na altura de maré 0,3 m (R3), apresentando os valores de: $45,38 \pm 2,29$ mm de altura, $38,92 \pm 2,25$ mm de comprimento; $14,66 \pm 0,56$ mm de largura e $13,04 \pm 0,22$ g de peso (Fig. 7).

Figura 7 - Altura, comprimento, largura e peso vivo total (médias \pm desvio padrão) de ostras *Crassostrea gasar* (G) e *Crassostrea rhizophorae* (R) cultivadas em diferentes alturas de maré (G1/R1 - 0,1 m.; G3/R3 - 0,3 m.; G5/R5 - 0,5 m.; e G9/R9 - 0,9 m.) entre maio de 2013 e janeiro de 2014.



As maiores médias obtidas em todas as medidas de crescimento das ostras nos diferentes tratamentos, demonstram que *C. gasar* no tratamento (G1) é significativamente maior que *C. rhizophorae* no tratamento (R3) ($p < 0,01$). Entretanto, quando comparadas as espécies cultivadas na mesma altura de maré, apenas os tratamentos na altura de maré 0,1 m apresentaram diferenças entre os tamanhos ($p < 0,01$), onde as ostras da espécie *C. gasar* obtiveram crescimento superior as de *C. rhizophorae*, a partir de outubro de 2013 ao final do período experimental.

Foi verificada a diminuição gradativa dos valores médios de crescimento em função do acréscimo no tempo de exposição ao ar de cada tratamento, com exceção dos valores de R1 que, apesar de permanecer menor tempo exposto ao ar, apresentou valores de crescimento menores do que o tratamento R3. Além disso, não houveram diferenças estatísticas entre as médias de crescimento entre os tratamentos R1 e R5 para altura, comprimento, largura e peso ($p > 0,05$).

2.1.3.3 Sobrevivência

Durante o período experimental, as maiores taxas de sobrevivência foram verificadas nas duas espécies durante o período de maio a agosto de 2013.

Com o início da primavera, em setembro de 2013, observou-se porcentagens de sobrevivência mensal estatisticamente menor ($p < 0,05$) em relação aos meses anteriores, nas ostras das espécies *C. gasar* e *C. rhizophorae*, presentes nos tratamentos na altura de maré 0,9 m (G9 e R9) e 0,3 m (G3 e R3); e nas ostras da espécie *C. rhizophorae* cultivadas na altura de maré 0,1 m (R1).

A menor taxa de sobrevivência encontrada para a espécie *C. gasar* foi de $8,33 \pm 7,21\%$, após 10 meses de cultivo, cultivada na altura de maré 0,9 m (G9). Outros valores de baixa sobrevivência foram registrados nas alturas de maré 0,3 m (G3) e 0,1 m (G1); respectivamente $63,75 \pm 6,15$ e $71,87 \pm 8,26\%$. Os melhores resultados de sobrevivência da ostra *C. gasar*, foram obtidos nos cultivos na altura de maré 0,7 e 0,5 m, respectivamente $91,67 \pm 3,44$ e $89,58 \pm 0,95\%$.

Já as ostras da espécie *C. rhizophorae*, apresentaram menores valores de sobrevivência, em função da diminuição do tempo de exposição ao ar. Na altura 0,9 m (R9), tratamento em que as ostras permaneceram por maior tempo emersas, a porcentagem de sobrevivência foi $90,62 \pm 4,33\%$, não diferindo estatisticamente das ostras cultivadas na altura de maré 0,7 m; $92,08 \pm 5,09\%$. Com as diminuições do tempo de exposição ao ar, presentes nos tratamentos

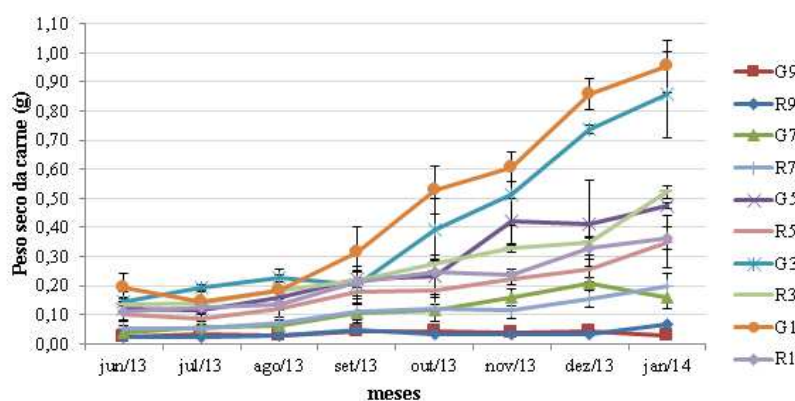
R5; R3 e R1 foram registradas respectivamente sobrevivência de $85 \pm 8,17$; $50 \pm 4,5$ e $21,87 \pm 1,25\%$.

2.1.3.4 Peso seco de carne

Ao fim de 10 meses de cultivo os melhores resultados de peso seco da carne (PSC) foram obtidos em ostras da espécie *C. gasar*, nos tratamentos em que maior parte do tempo de cultivo as ostras ficaram submersas na água: altura de maré 0,1 m e 0,3 m; respectivamente $0,95 \pm 0,09$ e $0,85 \pm 0,15$ g ($p < 0,05$), diferindo estatisticamente ($p < 0,01$) dos demais tratamentos da mesma espécie e dos tratamentos com *C. rhizophorae*.

O melhor resultado de peso seco da carne em ostras da espécie *C. rhizophorae*, foi obtido ao fim do experimento, no tratamento R3, com média de $0,52 \pm 0,02$ g, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (R1; R5; R7 e R9). Os valores das médias do peso seco da carne encontrados no tratamento com menor tempo de exposição ao ar, altura 0,1 m (R1), de $0,36 \pm 0,03$ g não diferiu estatisticamente do tratamento na altura 0,5 m (R5) com $0,35 \pm 0,09$ g.

Figura 8 Peso seco da carne (médias \pm desvio padrão) de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* cultivadas em diferentes alturas de maré (G1/R1 - 0,1 m.; G3/R3 - 0,3 m.; G5/R5 - 0,5 m.; e G9/R9 - 0,9 m.) entre maio de 2013 e janeiro de 2014.



2.1.4 Discussão

2.1.4.1 Crescimento

O aumento da temperatura da água de regiões de clima temperado, geralmente eleva a taxa de crescimento de ostras, enquanto que, em locais de clima tropical, associado à baixa

disponibilidade de alimento, provoca estresse ao animal (Lodeiros & Himmelman 2000). As médias de temperatura da água no local do cultivo variaram de, aproximadamente, 17 a 28°C e mesmo com as médias de temperatura baixa registradas no inverno, notou-se aumento nos valores de comprimento, altura, largura e peso das ostras durante todo o período de estudo. Entretanto, verificou-se maior crescimento das ostras, durante os meses em que a temperatura da água estava em elevação (primavera e verão), sugerindo que a faixa de temperatura registrada proporciona ao desenvolvimento e com a elevação da temperatura da água ocasiona o aumento do crescimento das duas espécies de ostra nativa.

Durante o período experimental, a média de salinidade da água foi 32,5 variando entre a média mensal mínima de 30 e máxima de 36. Apesar da espécie *C. gasar* ser uma ostra típica de regiões estuarinas, ambientes marcados pelas médias de salinidade diárias flutuantes, os resultados de crescimento obtidos por Lopes *et al.* (2013), comparando o crescimento da espécie em cultivo na região estuarina de São Francisco do Sul (SC) e da Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, demonstram que a espécie tem potencial de crescimento quando cultivadas tanto em ambiente estuarino quanto marinho. Funo *et al.* (2015), em condições de laboratório, verificaram que *C. gasar* apresenta tolerância a diferentes condições de salinidade, com melhor resultado de crescimento na faixa de salinidade 30 a 35.

A ingestão e digestão da matéria orgânica particulada (POM) é fator imprescindível para a manutenção da vida e crescimento dos moluscos bivalves. Segundo Barillé *et al.* (1997) a habilidade da ostra japonesa, *Crassostrea gigas*, em selecionar itens alimentares decai drasticamente quando os valores de matéria particulada total (TPM) encontram-se acima de 160 mg L⁻¹. No presente estudo o valor máximo observado foi de 68,26 mg L⁻¹, e o maior e menor valor médio mensal registrados foram respectivamente 42,23 ± 25,02 mg L⁻¹ e 13,88 ± 6,3 mg/L, indicando que as variações na quantidade de MPT não proporcionaram efeito negativo no crescimento e sobrevivência durante o período experimental.

A matéria inorgânica particulada (PIM) é o principal componente do TPM, entretanto a quantidade excessiva em relação a menor quantidade de POM presentes na água pode ser deletéria. A qualidade da TPM pode ser expressa pela relação PIM/POM, no presente estudo os valores oscilaram entre 1,87 e 4,8; com média de 3,7 ± 0,95. Segundo Vahl (1980), os valores de relação abaixo de 4 sugerem uma maior facilidade de assimilação da matéria orgânica particulada pelo pectinídeo *Chlamys islandica*, a mesma recomendação pode ser feita para *Crassostrea* sp., já que as espécies presentes neste gênero habitam áreas com maior quantidade de material particulado em suspensão e alta concentração de PIM.

Além dos fatores intrínsecos à qualidade da água; a densidade de estocagem, frequência de manejo e o tipo de estrutura de cultivo também exercem grande influência no cultivo (Pereira *et al.* 2001).

Galvão *et al.* (2009) utilizaram sistema suspenso flutuante em duas regiões do estado de São Paulo, após três meses estudando o desempenho de *C. brasiliiana*, nas densidades de 150, 300 e 450 sementes por andar, na região de Cananéia, e a densidade de 300 sementes por andar, na região de Ubatuba, verificaram o melhor resultado de crescimento em Cananéia na densidade de 300 sementes por andar (altura de $29,12 \pm 3,89$ mm) enquanto que em Ubatuba foram obtidos juvenis altura de $27,41 \pm 5,38$ mm. Os mesmos autores afirmam que, de acordo com estes dados, o cultivo no infralitoral demonstra proporcionar melhores taxas de crescimento do que os cultivos na região entre marés.

Em cultivo também submerso, Lopes *et al.* (2013) analisaram a curva de crescimento de *C. gasar* cultivadas em sistema de *long-line*, nos ambientes estuarino e marinho, demonstrando que a espécie apresenta resultado de produção promissor quando mantidas imersas na água. Após aproximadamente 13 meses de cultivo os autores verificaram tamanho médio de $61,98 \pm 13,04$ mm para altura; $50,8 \pm 8,7$ mm para comprimento e $23,9 \pm 2,8$ mm de largura em ambiente estuarino e de $49,65 \pm 7,39$ mm de altura, $40 \pm 5,8$ mm de comprimento e $20,3 \pm 2,8$ mm de largura nas ostras cultivadas na região de estuário, sendo um indicador de que a espécie pode expressar melhor seu potencial de crescimento nesse tipo de ambiente.

Segundo Lopes *et al.* (2013) as mesmas ostras que foram cultivadas no ambiente marinho apresentavam, aos 11 meses, o tamanho médio de $45,2 \pm 8,6$ mm para altura; $37,1 \pm 7,2$ mm para comprimento e $16,7 \pm 3,2$ mm de largura. Entretanto, no presente trabalho, as ostras da mesma espécie e idade, cultivadas na altura de maré 0,1 m, atingiram tamanho superior em todas as dimensões ($56,75 \pm 2,12$ mm de altura, $42,18 \pm 2,24$ mm de comprimento e $18,28 \pm 0,99$ mm de largura), tal acontecimento pode ser explicado devido as condições ambientais apresentadas durante o cultivo.

Os valores obtidos nos estudos acima citados demonstram a possibilidade de se obter ostras da espécie *C. gasar*, com tamanho aproximado de 50 mm, a partir de 11 meses de cultivo. Pereira *et al.* (2003) estudaram, durante o período de um ano, a curva de crescimento e sobrevivência de ostras da espécie *C. brasiliiana* em duas localidades de ocorrência natural da espécie, chegando à conclusão que nos dois locais existem dois grupos de ostras com comportamentos distintos; um grupo (72% da amostragem) com crescimento mais lento, com estimativa de alcançar o tamanho comercial (>50 mm) entre 25 e 28 meses, aproximadamente, e outro grupo (28%) de atingir o mesmo tamanho em aproximadamente 19 meses. Segundo

Absher (1989), a condição de imprevisibilidade na identificação das ostras, pode acarretar em equívocos durante a determinação da espécie. Aliado a esta condição, segundo Nascimento (1982), raízes de *Rhizophorae mangle* expostas na região entre maré, é local de ocorrência predominante de *C. rhizophorae*, o local em que as ostras foram estudadas.

É comum observarmos diferentes informações sobre valores de tamanho comercial para *C. rhizophorae* em países da América do Sul e América Central. Na Jamaica, segundo Littlewood & Gordon (1988), ostras desta espécie são comercializadas a partir de 50 mm de altura, tamanho que é alcançado nos cultivos do país a partir de 5 a 6 meses. Por outro lado, valores maiores de tamanho comercial de 55 a 70 mm e peso de 23 g é designado por Velasco *et al.* (2010), para a região caribenha da Colômbia, após o período de 6 a 8 meses de cultivo. No Brasil, segundo Nascimento *et al.* (1980) as ostras da espécie *C. rhizophorae* cultivadas na Baía de Todos os Santos são vendidas com aproximadamente 70 mm de altura.

Entretanto, a ausência de ferramentas genéticas na identificação das espécies durante os anos em que os trabalhos foram realizados, leva a incertezas acerca das informações publicadas.

No presente estudo, os valores de tamanho obtidos para as duas espécies de ostra nativa demonstram que indivíduos da espécie *C. rhizophorae* apresentam crescimento mais lento em relação aos de *C. gasar*, com exceção dos valores encontrados nos tratamentos em que houve maior tempo de exposição ao ar, na altura de maré 0,9 m (G9 e R9), onde não foi verificado incremento significativo nos valores de altura de *C. gasar*, apresentando $13,00 \pm 1,98$ mm, enquanto que *C. rhizophorae* alcançou $16,79 \pm 0,95$ mm ao fim de 11 meses de cultivo.

Por outro lado, as maiores médias de tamanho foram observadas em *C. gasar*, cultivadas na altura de maré 0,1 m (G1), com: $56,75 \pm 2,12$ mm de altura, $42,19 \pm 1,49$ mm de comprimento; $18,28 \pm 0,99$ mm de largura e $22,74 \pm 3,10$ g de peso vivo total enquanto que as maiores dimensões encontradas em *C. rhizophorae*, foram obtidas na altura de maré intermediária de 0,3 m (R3), apresentando os valores de: $45,38 \pm 2,29$ mm de altura, $38,92 \pm 2,25$ mm de comprimento; $14,66 \pm 0,56$ mm de largura e $13,04 \pm 0,22$ g de peso vivo total. Assim como observado neste experimento, exemplares de ostra nativa que atingem maior tamanho na natureza são de *C. gasar*. Lazoski *et al.* (2011) verificaram *C. gasar* com altura entre 50 a 190 mm e *C. rhizophorae* entre 20 e 65 mm.

Os valores de crescimento superior da espécie *C. rhizophorae* na condição de exposição ao ar moderada, na altura de maré 0,3 m, é um indicador de que a espécie é fisiologicamente bem adaptada ao ambiente entre marés. O efeito da exposição ao ar no crescimento também foi observado por Newkirk & Richards (1991), ao cultivar sementes de *C. rhizophorae* em

diferentes condições de exposição, verificaram aumento na média de tamanho das sementes em função do aumento do tempo de exposição ao ar após 16 semanas de cultivo.

Estudos realizados na região do Caribe têm mostrado que o acúmulo de organismos incrustantes (*fouling*) impedem o crescimento dos bivalves (Quayle & Newkirk 1989; Willemsen 2005), condição de melhor crescimento de *C. rhizophorae* cultivadas na região entre marés, na altura de 0,3 m, pode ser explicada pela diminuição progressiva da quantidade de organismos incrustantes em função do aumento a exposição ao ar, diminuindo a competição por alimento.

Entretanto, a partir do momento em que as ostras das duas espécies de ostras nativas permaneciam por períodos maiores expostas ao ar, progressivamente 0,3; 0,5; 0,7 e 0,9 m para *C. gasar* e 0,5; 0,7 e 0,9 m para *C. rhizophorae*, pode-se observar a diminuição progressiva do crescimento em todas as dimensões das ostras em função do tratamento. O mesmo foi observado por Spencer *et al.* (1978) ao estudar o efeito da exposição ao ar de 0% a 30%, durante o cultivo de ostras do Pacífico, *Crassostrea gigas*, na região entre marés de Paglesham e Tally-foel, na Inglaterra, onde as ostras apresentaram a maior dimensão de $60,5 \pm 1,7$ e $53,7 \pm 1,8$ mm nas regiões com 1,5 a 4,5% de exposição ao ar e de $26,6 \pm 1,2$; em ostras expostas a períodos de 30%. Os mesmos autores afirmam que em cultivos com 0 a 10% de exposição ao ar, comum em ostras cultivadas em planícies de maré, geralmente não reflete em diferenças no crescimento e produção de carne.

Apesar de *C. gasar* apresentar crescimento superior ao de *C. rhizophorae* (Absher 1989; Nascimento 1991; Lazoski 2004), em regiões brasileiras de baixas latitude e Caribe, a ostra do mangue, *C. rhizophorae* é uma das mais promissoras para estabelecer cultivo em larga escala devido a tolerância às médias anuais de temperatura e salinidade elevadas (Hernández 1990; Lodeiros *et al.* 2006).

2.1.4.2 Sobrevivência

São vários os fatores abióticos que podem afetar o desenvolvimento dos organismos estuarinos, entretanto a temperatura e a salinidade da água exercem maior influência na sobrevivência dos mesmos (Shumway 1996).

Funo *et al.* (2015), estudaram a sobrevivência de *C. gasar* em condições de laboratório, na faixa de salinidade de 5 a 50, sugerindo que a espécie é tolerante a uma ampla faixa de salinidade, com os melhores resultados de sobrevivência obtidos quando cultivados na faixa de salinidade 30 a 35.

Galvão *et al.* (2009), ao estudarem o cultivo da ostra do mangue no infralitoral de dois locais do estado de São Paulo, obtiveram sobrevivência de 27% em Cananeia e 74,8% em Ubatuba, após três meses de cultivo com densidade inicial de 300 ostras por andar. Os autores relacionam a baixa sobrevivência das ostras mantidas em Cananéia com a incidência do *fouling* (assentamento do bivalve *Mytella* sp) e às variações de temperatura e salinidade presentes no estuário. Os autores sugerem que a exposição ao ar poderia trazer benefícios por proporcionar maior rusticidade às ostras e provocar a mortalidade dos organismos incrustantes.

Entretanto, Pereira *et al.* (1991) também obtiveram baixa sobrevivência (17%) após oito meses de cultivo de *C. brasiliiana* na região entre marés em sistema de tabuleiro, mantidos em regiões que, apresentam de 6 a 8 horas de exposição ao ar por dia (até 33% do período do dia).

Os melhores resultados de sobrevivência obtidos no presente estudo foram observados nos tratamentos com exposição ao ar para *C. gasar* na altura de maré 0,7 e 0,5 m (exposição ao ar de $38,5 \pm 3,1$ a $15,7 \pm 2,5\%$ do dia), respectivamente $91,67 \pm 3,44$ e $89,58 \pm 0,95\%$ e de *C. rhizophorae*, na altura 0,9 m (exposição de $90,62 \pm 4,33\%$), não diferindo estatisticamente das ostras cultivadas na altura de maré 0,7 m; $92,08 \pm 5,09\%$.

A influência da exposição ao ar na sobrevivência de ostras também foi estudada por Newkirk & Richards (1991), ao cultivar sementes de *C. rhizophorae* expostas ao ar por 4 horas diárias em 1, 2, 3, 4 e 6 dias por quinzena e em diferentes tempos de exposição diária. Entretanto, os autores não observaram diferenças nos valores de sobrevivência das ostras dos diferentes tratamentos.

As estratégias de sobrevivência, em condição de exposição ao sol e ar, de *C. rhizophorae* foram identificadas por Littlewood (1989). O autor descreve o comportamento de abrir e fechar as valvas durante o período de exposição ao ar como *air gaping*.

O *air gaping* é uma adaptação ao meio insalubre de altas temperaturas; devido a exposição da ostra e do substrato no qual ela está fixada ao sol e, conseqüentemente aquecimento do substrato e da ausência de oxigênio devido ao longo período com valvas fechadas e utilização da via de respiração anaeróbica, que não é tão eficiente em termos energéticos (Littlewood 1989). Durante o *air gaping* a ostra promove a refrigeração pela evaporação da umidade interna e troca de gases, aumentando o nível de oxigênio interno.

A mesma estratégia a resistência a altas temperaturas foi estudada por Davenport & Wong (1992) nas ostras de clima tropical, *Crassostrea belcheri*, *Crassostrea iradelei* e *Saccostrea cucullata*. As duas espécies do gênero *Crassostrea* ocorrem nos ambientes naturais completamente submersas, como também na região entre marés, como a espécie aqui estudada, *C. gasar*, enquanto que *S. cucullata* ocorre em locais que se assemelham aos habitats de *C.*

rhizophorae, preferencialmente em locais entre marés, sendo aquecida pelo sol por longos períodos. Entretanto, em nenhuma das espécies estudadas pelos autores foi constatado o comportamento *air gaping*, onde as ostras permaneceram por longos períodos com as valvas fechadas, sugerindo a hipótese de que, com a forte pressão seletiva da condição de exposição ao ar, possa haver outras estratégias para sobreviver nestes ambientes.

Ao estudar a presença de parasitas nas ostras *C. gigas* e *C. rhizophorae*, durante 10 meses de cultivo de imersão constante, também na praia de Sambaqui, Sabry & Magalhães (2005) constataram a infestação de 100% das ostras com o poliqueta perfurante de concha *Polydora websteri* em *C. gigas*, durante todo o período estudado e, em *C. rhizophorae*, de fevereiro a maio, podendo ter contribuído com a mortalidade registrada pelos autores de, respectivamente, 48,3% e 70,8%. Enquanto que a baixa frequência (18,7%) de infestação por *Polydora* sp. em *C. rhizophorae* foi observada por Rebelo et al. (2005) ao estudar uma população natural de ostras da região entre marés da Baía de Sepetiba, no estado do Rio de Janeiro.

A ocorrência de *C. rhizophorae* na região entre marés, associada à baixa incidência de *Polydora* sp. nas ostras presentes nesta região e a alta mortalidade encontrada em ostras cultivadas por longo período submersas sugere que a infestação por *Polydora* seja fator deletério para ostras da espécie presentes em locais com menor tempo de exposição ao ar.

Entretanto, a prevenção da polidariose através do aumento do tempo de exposição ao ar, também reduz o tempo de alimentação (Nell & Smith 1988) e respiração aeróbica das ostras. Gomes et al. (2014) observaram que a desova de *C. gasar* ocorre predominantemente no verão. A alta temperatura associada à diminuição do tempo de alimentação e a possível ocorrência de desova, são fatores de estresse que podem ter afetado negativamente a sobrevivência de *C. gasar* cultivadas na altura 0,9 m durante o fim da primavera e o verão. A alta temperatura da água e a ocorrência de desova também são indicados como fatores determinantes para ocorrência de episódios do fenômeno “mortalidade de verão” em *C. gigas* (Perdue et al. 1981; Li et al. 2009).

2.1.4.3 Peso seco de carne

Alterações na produção de carne são observadas devido a mudanças no estado fisiológico e do ciclo reprodutivo da ostra, observadas através da análise do índice de condição (IC) (Quayle & Newkirk 1989; Rebelo et al 2005). Entretanto, este índice é uma estimativa da quantidade de carne em relação ao volume total da ostra, desta forma, uma ostra pequena,

produzindo pouca carne, pode apresentar valor de índice de condição alto e produzir menos carne do que uma ostra maior com IC baixo. Desta forma, ostras grandes, com alto valor de IC, irão produzir maior quantidade de carne.

No local de estudo, durante o período compreendido entre o final da primavera e início do verão, ocorre a desova de *C. gasar* e os menores valores de IC (Gomes *et al* 2014). Entretanto, os tratamentos G1 e G3 apresentaram aumento contínuo no peso da carne seca, os mesmos tratamentos também foram os que proporcionaram maior crescimento, sugerindo que a quantidade de carne produzida acompanhou o crescimento da concha.

Condição semelhante foi observada na espécie *C. rhizophorae*. O tratamento que proporcionou maior crescimento para as ostras da espécie (R3) também foi o que obteve maior valor em peso seco de carne. Para a espécie *C. rhizophorae*, a gametogênese é um processo que ocorre durante todo o ano, de forma que as desovas ocorrem parcialmente, em pequena quantidade (Ramos & Nascimento 1980) desta forma, os valores de IC devem influenciar menos na produção de carne ao longo do ano.

2.1.5 Conclusão

Os maiores valores de crescimento e produção de carne foram obtidos em *C. gasar* cultivadas em menor tempo de exposição ao ar (0,1 m), entretanto a sobrevivência foi maior quando cultivadas nas alturas de maré 0,5 e 0,7 m. Para a espécie *C. rhizophorae*, foram obtidos valores de crescimento superiores em ostras cultivadas na altura de maré 0,3, e de sobrevivência nas alturas 0,7 e 0,9 m.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro através dos projetos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela bolsa de Doutorado Sanduíche concedida a Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes para realização de experimentos e capacitação na Oregon State University.

Referências

- Absher T.M. (1989) *Populações naturais de ostras do gênero Crassostrea do litoral do Paraná - Desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento*. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Alvarenga L. & Nalesso R.C. (2006) Preliminary Assessment of the Potencial for Mangrove Oyster Cultivation in Piraquê-Açu River Estuary (Aracruz, ES). *Brazilian Archives of Biology and Technology* **49**, 163-169.
- Barillé L., Prou J., Héral M. & Razet D. (1997) Effects of high natural seston concentration on the feeding selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **212**, 149-172.
- Bayne B.L., Iglesias J.I.P., Hawkins A.J.S., Navarro E., Heral M. & Deslous-Paoli J.M. (1993) Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: responses to variations in quantity and organic content of the seston. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* **73**, 813–829.
- Davenport J. & Wong T.M. (1992) Effects of temperature and aerial exposure on three tropical oyster species, *Crassostrea belcheri*, *Crassostrea iradelei* and *Saccostrea cucullata*. *Journal of Thermal Biology* **17**, 135–139.
- Dégremont L., Bédier E., Soletchnik P., Ropert M., Huvet A., Moal J., Samain J.F. & Boudry P. (2005). Relative importance of family, site, and field placement timing on survival, growth and yield of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture* **249**, 213-229.
- FAO (2007) *The State of Food and Agriculture 2007*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO (2010) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010 (Sofia)*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO (2016) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (Sofia)*. Rome: Food and Agriculture Organization, 2016. 200 p.
- Funo I.C.S.A., Antonio I.C., Marinho Y.F. & Gálvez A.O. (2015) Influencia da salinidade sobre a sobrevivência e crescimento de *Crassostrea gasar*. *Boletim do Instituto de Pesca, SP*, **41**(4), 837–847.
- Galtsoff P.A. (1964). The American oyster. *Fishery Bulletin* **64**, 1–480.
- Galvão M.S.N.; Pereira O.M.; Machado I.C., Pimentel C.M.M. & Henrique M.B. (2009) Desempenho da criação da ostra do mangue *Crassostrea sp.* a partir da fase juvenil em sistema suspenso, no estuário de Cananéia e no mar de Ubatuba (SP, Brasil). *Boletim do Instituto de Pesca* **35**(3), 401-411.
- Gomes C.H.A.M., Silva F.C., Lopes G.R. & Melo C.M.R. (2014) The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. *Brazilian Journal of Biology* **74**, 967-976.

Gosling E. (2003) *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. Blackwell Publishing, Fishing News Books, pp. 442.

Hernández A. (1990) *Cultivo de moluscos en América Latina*. Centro Internacional para el Desarrollo, p. 405.

Honkoop P.J.C. & Bayne B.L. (2002). Stocking density and growth of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the Sydney rock oysters (*Saccostrea commercialis*). *Aquaculture* **96**, 7-16.

Lazoski C. (2004) *Sistemática molecular e genética populacional de ostras brasileiras (Crassostrea spp.)*. Tese (Doutorado em Genética) - Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Lazoski C., Gusmão J., Boudry P. & Solé-Cava A.M. (2011) Phylogeny and phylogeography of commercially important Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. *Marine Ecology Progress Series* **426**, 197-212.

Li Y., Qin J.G., Li X. & Benkendorff K. (2009) Spawning-dependent stress response to food deprivation in Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* **286**, 309-317.

Littlewood D.T.J. & Gordon C.M. (1988) Sex ratio, condition and glycogen content of raft cultivated mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae*. *Journal of Shellfish Research* **7**, 395-399.

Littlewood D.T.J. (1989) Predation on Cultivated oysters, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding), by polyclad turbellarian flatworm, *Stylochus (Stylochus) frontalis* Verrill. *Aquaculture* **88**, 145-150.

Lodeiros C., Buitrago E. & Guerra A. (2006). Evaluación del tipo de cestos de cultivo para la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* suspendido en long lines y balsa. *Ciencias Marinas* **32**(2), 331-337.

Lodeiros C.J. & Himmelman J.H. (2000) Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* **182**, 91-114.

Lopes G.R., Gomes C.H.A.M., Tureck C.R. & Melo C.M.R (2013) Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian Waters. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **48**, 975-982.

Lunetta J.E. & Grotta M. (1982) Influência de fatores exógenos e endógenos sobre a reprodução de moluscos marinhos. *Boletim de Fisiologia Animal da Universidade de São Paulo* **6**, 191-204.

Miranda M.B.B. & Guzenski J. (1999) Cultivo larval da ostra do mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), em diferentes condições de temperatura, salinidade e densidade. *Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza* **32**, 73-84.

Mizuta, D.D., Silveira Junior N., Fischer C.E. & Lemos D. (2012) Interannual variation in commercial oyster (*Crassostrea gigas*) farming in the sea (Florianopolis, Brazil, 27°44'S; 48°33'W) in relation to temperature, chlorophyll and associated oceanographic conditions. *Aquaculture* **366-367**, 105-114.

- Nascimento I.A. (1982) Cultivo de ostras no Brasil: problemas e perspectivas. *Ciência e Cultura (Maracaibo)* **35**, 871-876.
- Nascimento I.A. (1991) *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) and *C. brasiliiana* (Lamarck) in South and Central America. In: *Estuarine and marine bivalve mollusk culture*. Boston: CRC Press, p.125-134.
- Nascimento I.V., Santos E.P., Costa F.J.C.B. & Sá M.F.P. (1980) Análise quantitativa no cultivo de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). *Boletim do Núcleo de Ciências do Mar* **3**, 21-27.
- Nell J.A. & Smith I.R. (1988) Management, production and disease interactions in oyster culture. In: *Fish Diseases*. Refresher Course for Veterinarians, Proceedings 106, Post Graduate Committee in Veterinary Science. University of Sydney, NSW, pp. 127-133.
- Newkirk G.F. & FIELD B.A. (1990) *Oyster culture in the Caribbean*. Halifax: International Development Research Center. 244 p.
- Newkirk G.F. & Richards K. (1991) Effect of aerial exposure of *Crassostrea rhizophorae* spat on growth and survival during grow out. *Journal of Shellfish Research* **10**, 276.
- Paterson K.J., Schreider M.J. & Zimmerman K.D. (2003) Anthropogenic effects on seston quality and quantity and the growth and survival of Sydney rock oyster (*Saccostrea glomerata*) in two estuaries in NSW, Australia. *Aquaculture* **221**, 407-423.
- Perdue J.A., Beattie J.H. & Chew K.K. (1981) Some relationships between gametogenic cycle and summer mortality phenomenon in the pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington State. *Journal of Shellfish Research* **1**, 9-16.
- Pereira O.M., Galvão M.S.N. & Tanji S. (1991) Época e método de seleção de sementes de ostra *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no complexo estuarino-lagunar de Cananéia, Estado de São Paulo (25°S; 48°W). *Boletim do Instituto de Pesca* **18**, 41-49.
- Pereira O.M., Machado I.C., Henriques M.B. & Yamanaka N. (2001) Crescimento da ostra *C. brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia – SP (25°S, 48°W). *Boletim do Instituto de Pesca* **23**, 135-142.
- Pereira O.M., Akaboshi S. & Chagas Soares F. (1988) Cultivo experimental de *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) no canal de Bertioga, São Paulo, Brasil (23.54.S-45.13.W). *Boletim do Instituto de Pesca* **15**, 55-65.
- Pereira O.M., Henriques M.B. & Machado I.C. (2003) Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* **29**(1), 19–28.
- Poli C.R. (2004) Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*). In: *Aquicultura. Experiências Brasileiras*. Florianópolis: Multitarefa, p. 251–266.
- Quayle D.B. & Newkirk G.F. (1989) *Farming bivalve molluscs: methods for study and development*. The World Aquaculture Society, Louisiana State, EUA.
- Ramos M.I.S. & Nascimento I.A. (1980) Variações do índice gonadal na ostra de mangue *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1928. *Ciência e Cultura* **32**, 1673-1676.

- Rebello M.F., Amaral M.C.R. & Pfeiffer W.C. (2005) Oyster condition index in *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from a heavy-metal polluted coastal lagoon. *Brazilian Journal of Biology* **65**, 345-351.
- Sabry R.C. & Magalhães A.R.M. (2005) Parasitas em ostras de cultivo (*Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gigas*) da Ponta do Sambaqui, Florianópolis, SC. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **27**, 194-202.
- Santos A.A. & Costa S.W. (2016) *Síntese informativa da maricultura*. Florianópolis, SC, EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural. Disponível em: <www.epagri.sc.gov.br>. Acesso em 23 julho 2016.
- Sarà G. & Mazzola A. (1997) Effects of trophic and environmental conditions on the *Crassostrea gigas* growth in culture. *Aquaculture* **153**, 81-91.
- SAS - Statistical Analysis System (2003) *SAS: Statistical Analysis System-Getting Started with the SAS Learning*.
- Shumway S.E. (1996) Natural environmental factors. In: *The Eastern Oyster Crassostrea virginica* (ed. Kennedy V.S., Ewell R.I.E. & Eble A.F.), pp. 467-513. College Park: Maryland Sea Grant College.
- Silveira R.C., Silva F.C., Gomes C.H.M. Ferreira, J.F. & Melo, C.M.R. (2011) Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. *Brazilian Journal of Biology* **71**, 557-562.
- Spencer B.E., Millican P.F. & Thomas M.J. (1978) The effect of intertidal exposure and survival of hatchery-reared Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) kept in trays during their first on-growing season. *Aquaculture* **13**, 191-203.
- Strickland J.D.H. & Parsons T.R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada.
- Vahl O. (1980) Seasonal variations in seston and in the growth rate of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (Müller O.F.) from Balsfjord, 70°N. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **53**, 281-296.
- Velasco L.A. & Navarro J.M. (2003) Energetic balance of infaunal (*Mulinia edulis* King, 1831) and epifaunal (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) bivalves in response to wide variations in concentration and quality of seston. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **296**, 79-92.
- Velasco L.A., Vega D., Acosta E. & Barros J. (2010) Reproducción artificial de la ostra del mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en el Caribe Colombiano. *Revista Intropica* **5**, 47-56.
- Willemsen P. (2005) Biofouling in European aquaculture: is there an easy solution. *European Aquaculture Society Special Publication* **35**, 82-87.

2.2. CAPÍTULO II

Ciclo reprodutivo das ostras nativas *Crassostrea gasar* (Adanson) e *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) cultivadas na variação de maré

Carlos Henrique Araujo de Miranda Gomes*, Iasmin Soares, Gabriela Bachi, Claudio Manoel Rodrigues de Melo

¹*Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rod. Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.*

*Correspondência: Laboratório de Moluscos Marinhos – Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

E-mail: carloshenriquelabmol@gmail.com

Running title: Reprodução de *Crassostrea* sp. na variação de maré

Artigo redigido de acordo com as normas da Revista **Journal of Shellfish Research** (Qualis B1, Fator de impacto: 0,829)

Resumo

As ostras de mangue *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* são espécies nativas de importância comercial em vários países do Atlântico Sul. O conhecimento de padrões reprodutivos das espécies é fundamental para planos de manejo dos recursos naturais e o desenvolvimento da ostreicultura. O objetivo deste trabalho foi analisar o ciclo reprodutivo das duas espécies de ostra do mangue, cultivadas no sistema suspenso fixo na região entre marés. As sementes foram produzidas em laboratório, e cultivadas em triplicata (três lanternas por espécie) no sistema suspenso fixo de abril de 2013 a janeiro de 2014. Foram realizadas amostras mensais de 60 ostras por repetição para estudos histológicos (35) e do índice de condição (25). As ostras foram fixadas em solução de Davidson e emblocadas em parafina para realização dos cortes histológicos (7 µm). As lâminas histológicas foram analisadas para determinação do sexo, verificação da presença do tecido conjuntivo de reserva, do tipo de desova e dos estágios de desenvolvimento reprodutivo. A distribuição sexual em *C. gasar* iniciou com predominância de machos (de até 74%) e, após o período de repouso observado no inverno, passou a haver predominância de fêmeas (máxima de 66,67%); em *C. rhizophorae*, houve predominância de fêmeas nos meses com temperatura da água do mar elevada e de machos nos meses de temperatura baixa. Foi observada maior ocorrência de tecido conjuntivo de reserva em *C. gasar*, de até 100%, durante o período de repouso e, de 79,3% das ostras da espécie *C. rhizophorae*, predominantemente no estágio maturo. A espécie *C. gasar* apresentou os diferentes tipos de desova enquanto que em *C. rhizophorae* houve o predomínio de desovas parciais. O desenvolvimento do ciclo reprodutivo em *C. gasar* é marcado pelo período de repouso durante o inverno, seguido dos diferentes estágios de gametogênese e o estágio maturo. Em *C. rhizophorae* houve predominância de ostras no estágio maturo durante todo o período estudado. Com este trabalho pode-se observar que as espécies que coocorrem na região entre marés, apresentam estratégias reprodutivas distintas, onde *C. gasar* apresenta o ciclo reprodutivo sazonal enquanto que *C. rhizophorae* reproduz o ano inteiro.

Palavras chaves: histologia; índice de condição; proporção sexual; tecido conjuntivo de reserva; estágios de desenvolvimento reprodutivo.

2.2.1 Introdução

A produção mundial proveniente da ostreicultura está diretamente vinculada às ostras do gênero *Crassostrea* (FAO, 2012). Nos países do Atlântico Sul as espécies de interesse econômico são as “ostras de mangue” *Crassostrea gasar* (Adanson 1757) (= *C. brasiliiana*) e *Crassostrea rhizophorae* (Guilding 1828), e a ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas*, presente na África do Sul (Robinson et al. 2005), Argentina (Castaños et al. 2009) e sul do Brasil (Melo et al. 2010).

No Brasil, a produção de *C. gigas* do estado de Santa Catarina é responsável pela maior parte das ostras de cultivo comercializadas. Apesar das características da espécie serem

atrativas ao cultivo, devido seu rápido crescimento e rusticidade, a produção de *C. gigas* é restrita às regiões mais frias, pois as condições de clima tropical impactam na produtividade.

A ostra do mangue, *C. gasar*, ocorre na África, entre Senegal e Angola, e na região do Delta do Nilo (Afinowi 1984); e na América do Sul, da Guiana Francesa até o sul do Brasil (Lapègue et al. 2002), no estado de Santa Catarina (Lazoski 2004, Melo et al. 2010). A ostra, *C. rhizophorae* é um dos moluscos bivalves mais comuns e abundantes da região insular e continental do Caribe (Prieto et al. 2008), ocorrendo na América do Sul (Carriker & Gaffney 1996), até o Uruguai (Scarabino 2003). No ambiente natural, *C. gasar* ocorre em ambientes estuarinos, totalmente submersos, e coocorrendo com *C. rhizophorae* na zona entre marés, fixadas a substratos rochosos e rizóforos de *Rhizophora mangle* (Lazoski et al. 2011, Galvão et al. 2013).

As ostras são importantes recursos pesqueiros para as populações que vivem junto a estes ambientes (Galvão et al. 2013). Realizada de forma artesanal, a produção de ostras nativas é um importante recurso alimentar e fonte de renda para comunidades costeiras (Pereira et al. 2003). Nestas regiões, as formas jovens de ostra nativa são coletadas e transferidas para engorda nos sistemas de cultivo, onde são mantidas até atingirem o tamanho comercial (Christo 2006, IBAMA 2007). Entretanto, a dependência por sementes coletadas no ambiente natural dificulta a produção, devido a imprevisibilidade na quantidade e qualidade (diferentes espécies) de sementes captadas (Pereira et al. 2003), tornando a extração de ostras, para engorda ou venda direta ao consumidor, uma opção mais atrativa.

A redução da produtividade destes ecossistemas tem sido constante, havendo o declínio dos estoques naturais de ostras do mangue em função da sobreexploração e alterações nos ecossistemas costeiros (Carranza et al. 2009). No Brasil, estudos realizados em um dos maiores complexos estuarinos, Cananéia-Iguape, no estado de São Paulo, indicam que a coleta de ostras nativas ocorre perto da capacidade suporte (Pereira et al. 2001). A redução da área dos manguezais também tem proporcionado diminuição expressiva no volume de ostras nativas produzidas, fato ocorrido na Colômbia, Cuba, República Dominicana, Jamaica e Venezuela (Ellison 2008).

Projetos de conservação destes ecossistemas através do uso racional dos recursos pesqueiros (Pereira et al. 2001) e a aquicultura de espécies nativas (Cavaleiro et al. 2013) são apontadas como alternativas de conservação destes ecossistemas, trazendo melhorias socioeconômicas para as populações inseridas nestes ambientes. Contudo, o estudo do ciclo reprodutivo das espécies de ostras nativa e os fatores ambientais que influenciam seu

desenvolvimento são necessários para a obtenção de informações permitindo o manejo adequado dos recursos pesqueiros e o desenvolvimento da ostreicultura.

Os eventos reprodutivos em moluscos bivalves são controlados por fatores genéticos associados a fatores ambientais como salinidade, profundidade, intensidade de luz, temperatura e disponibilidade de alimento (Mackie 1984), sendo, a temperatura e disponibilidade de alimento, indicados como os principais fatores que influenciam o ciclo reprodutivo (Vélez & Epifanio 1981). A avaliação do desenvolvimento do ciclo reprodutivo de bivalves está baseada na histologia, classificando as ostras de acordo com as características apresentadas pelas células do tecido gonádico (Gosling 2003) e métodos quantitativos, como a análise do índice de condição (Barber & Blake 1991, Gosling 2003), utilizado para avaliar a condição fisiológica, inferindo no estágio reprodutivo do animal (Quayle & Newkirk 1989).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar o ciclo reprodutivo das ostras nativas *C. gasar* e *C. rhizophorae* produzidas em laboratório na mesma época e cultivadas a partir de semente na variação de maré em sistemas fixos suspenso.

2.2.2 Materiais e métodos

2.2.2.1 Produção de sementes

Desovas foram realizadas em dezembro de 2012, a partir de reprodutores de *C. gasar*, do plantel do Laboratório de Moluscos Marinhos, e de reprodutores de *C. rhizophorae*, coletados na região do mesolitoral, em pedras das praias de Cacupé, Sambaqui e Santo Antônio de Lisboa, na Baía Norte de Florianópolis-SC (entre 27° 28'S; 48°33'W e 27°S 35'S; 48°34'W). As ostras foram posteriormente identificadas por técnicas de biologia molecular (PCR-RFLP) conforme descrito por Lazoski et al. (2011). A desova, larvicultura e assentamento das duas espécies de ostra do mangue foram realizados conforme descrito por Silveira et al. (2011). Após o período de assentamento as sementes foram manejadas a cada 14 dias e mantidas separadas de acordo com a classe de tamanho.

As sementes de cada espécie, com 53 dias após o assentamento e tamanho de três milímetros, foram transferidas separadamente para o cultivo localizado na praia do Sambaqui (27°28'S; 48°33'40"W), Florianópolis – Santa Catarina, estocadas em caixas de madeira flutuantes de um metro quadrado, com telas de abertura de malha de 1 mm, peneiradas quinzenalmente e mantidas separadas de acordo com os tamanhos atingidos. Após o período de 45 dias no mar, as sementes contidas nestas classes de tamanho foram proporcionalmente

distribuídas em 6 lanternas tipo berçário, mantidas separadas em andares, com densidade máxima inicial de 500 sementes por andar.

Após 78 dias de cultivo, as lanternas tipo berçário foram transferidas para o sistema de cultivo fixo suspenso, com três repetições para cada espécie (G = *Crassostrea gasar* e R = *Crassostrea rhizophorae*), posicionadas na mesma altura em relação ao nível da água, de forma que: o primeiro andar das lanternas ficava submerso em marés maiores ou iguais a 0,9 m e o quinto andar em marés maiores ou iguais a 0,1 m. Aos três meses de cultivo, as ostras foram transferidas para lanternas intermediárias com abertura de malha de 5 mm, na densidade de 300 ostras por andar, nas mesmas condições de cultivo passando a realizar mensalmente a limpeza das lanternas com água pressurizada.

2.2.2.2 Coleta de dados

2.2.2.2.1 Parâmetros ambientais

A temperatura foi armazenada de hora em hora através do sensor TidBit Temp Logger (StowAway®Tid-bit®) fixado no local de cultivo, para obtenção da temperatura máxima e mínima atingida e realização das médias mensais. A salinidade foi registrada três vezes por semana com o auxílio de um refratômetro. Paralelamente, a aferição da salinidade, foi realizada amostras de água do mar junto à estrutura de cultivo suspenso para avaliação da matéria particulada presente na água. Para tanto, 200 mL de cada amostra foi pré-filtrada (em tela de 280 µm) para remoção das partículas maiores da amostra, e o excedente, retido em filtro com porosidade de 0,45 µm e 47 mm de diâmetro (Whatman GF/C), lavado, com 1,5 mL de formiato de amônio (0,5 N), para remoção do excesso de sal. Posteriormente à filtração, os filtros foram secos em estufa por 48 horas a 60°C, pesados para determinação da POM, queimados e pesados novamente para a determinação da PIM, como descrito por Strickland & Parsons (1972).

2.2.2.2.2 Material biológico

A partir dos 78 dias de cultivo no mar, em abril de 2013, iniciou-se as coletas de ostras para as análises histológicas e do índice de condição (IC) para avaliação da maturação sexual. As coletas foram realizadas até janeiro de 2014. Mensalmente foram coletados de forma

aleatória 12 indivíduos de cada um dos cinco andares de cada lanterna, totalizando 60 ostras por repetição, sendo 35 para análise histológica e 25 para análise do índice de condição.

2.2.2.2.3 Análises histológicas

Para as análises histológicas, a parte mole dos animais foi fixada em solução Davidson marinho (Shaw & Battle 1957) por 48h. Posteriormente, o material foi cortado e transferido para histocassetes conforme descrito por Gomes et al. (2015), desidratado em soluções alcoólicas de diferentes porcentagens e diafanizados em xilol para inclusão em parafina. Os cortes em secções de 7 µm de espessura foram realizados em micrótomo e corados com hematoxilina e eosina de Harrys.

As análises histológicas foram realizadas em microscópio óptico para determinação do sexo, presença de tecido conjuntivo de reserva (TCR), tipo de desova e estágio de desenvolvimento reprodutivo de cada amostra (Fig. 1, 2). O sexo foi definido através da distinção das células sexuais, classificadas como: masculinas (M), femininas (F), masculinas e femininas na mesma amostra (H) ou sexualmente indiferenciada (I).

As ostras foram consideradas sem TCR, em amostras do tecido reprodutivo sem espaço interfolicular ou na ausência de folículos, as demais condições foram consideradas com tecido conjuntivo de reserva.

Para a classificação quanto ao tipo de desova foi levado em consideração a ocupação do espaço interno dos folículos por células reprodutivas, onde:

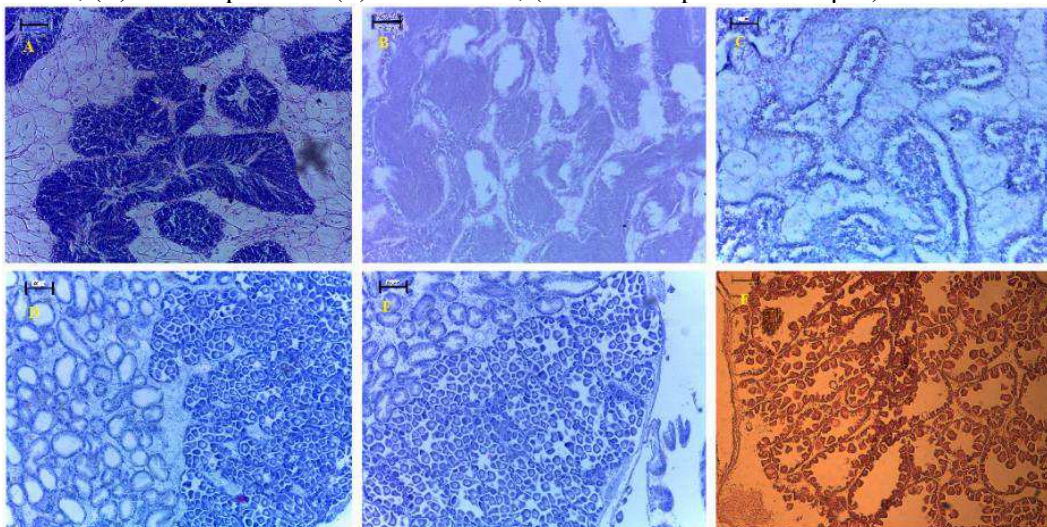
S - Ausência de desova (Folículos repletos de células reprodutivas, independente do estágio de desenvolvimento das células ou, na ausência de folículos, com predominância do tecido conjuntivo de reserva);

DI - Desova Inicial (Folículos com poucos espaços vazios, apenas na luz do lúmen, presença de grande quantidade de gametas maduros);

DP - Desova Parcial (Folículos apresentando irregularidade na quantidade de gametas maduros, muitas vezes com células sexuais em diferentes estágios de desenvolvimento na parede do folículo);

DT – Desova Total (Folículos vazios, com pouco ou ausência de gametas maduros, quando presentes a maioria em atresia, podendo haver tecido epitelial germinativo e células reprodutivas iniciais (espermatogônias ou oogônias) na parede do folículo.

Figura 1 - Fotomicrografia do corte transversal da ostra do mangue *Crassostrea gasar* demonstrando a classificação quanto ao tipo de desova em machos: (A) desova inicial, (B) desova parcial, (C) desova total (barra corresponde a 200 μm) e fêmeas: (D) desova inicial, (E) desova parcial e (F) desova total, (barra corresponde a 100 μm).



A determinação das fases do ciclo reprodutivo foi baseada nas classificações qualitativas de Mann (1979) e Gomes et al. (2015) apresentadas na Tabela 1.

Figura - 2. Fotomicrografia do corte transversal da ostra do mangue *Crassostrea gasar* demonstrando os estágios do ciclo reprodutivo em fêmeas: (A) gametogênese inicial, (C) gametogênese parcial, (E) gametogênese final, (G) maduro e (I) reabsorção (barra corresponde a 100 μ m); e estágios do ciclo reprodutivo de machos: (B) gametogênese inicial, (D) gametogênese parcial, (F) gametogênese avançada, (H) maduro, (J) reabsorção; (B,D, H e J) e (F) (barra corresponde a 50 μ m).

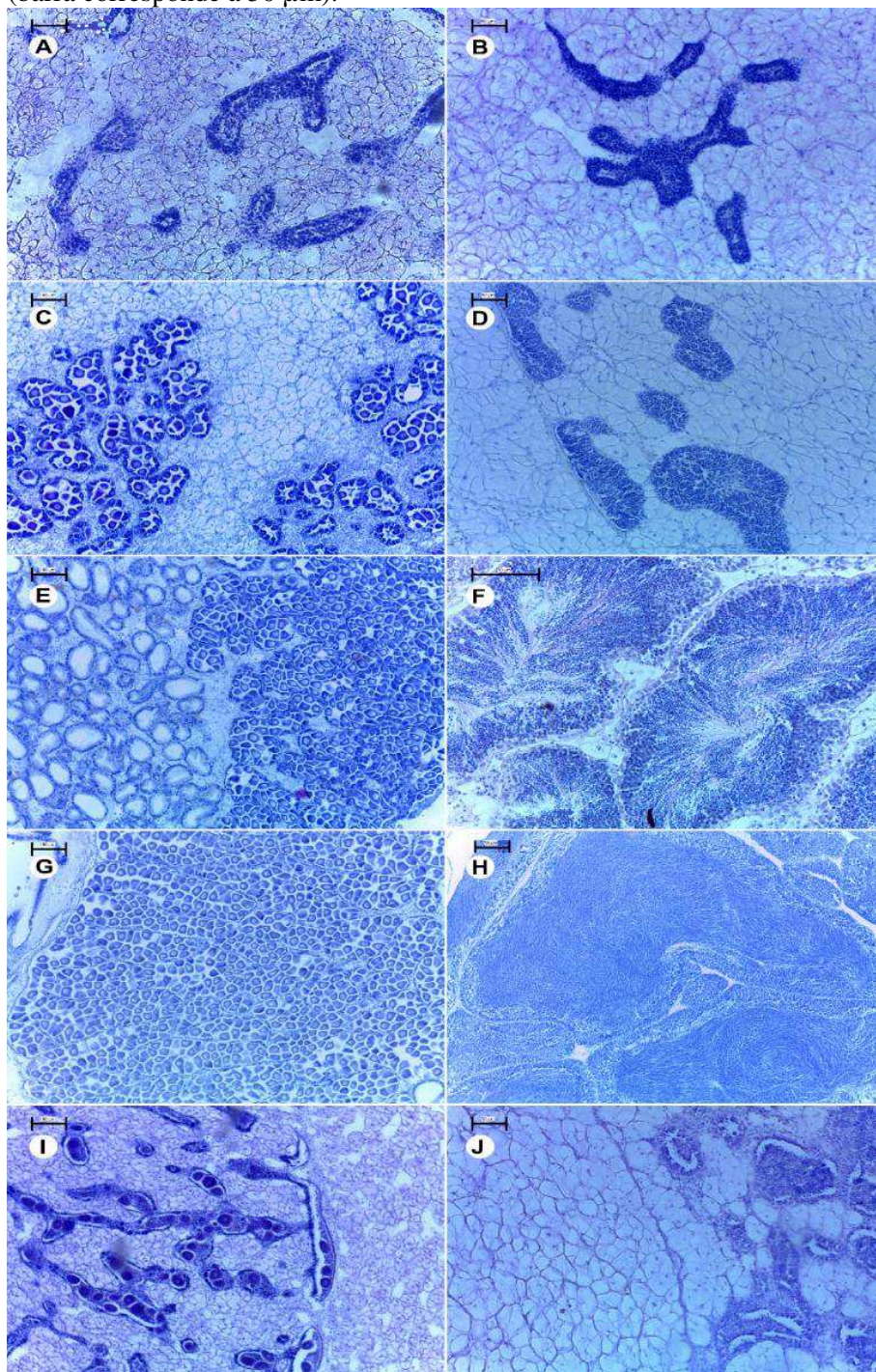


Tabela 1 - Descrição histológica dos estágios de desenvolvimento gonádico no ciclo reprodutivo de *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*, adaptado de Mann (1979) e Gomes et al. (2015).

| Estágios (código) | Descrição histológica em fêmeas | Descrição histológica em machos |
|----------------------------|---|--|
| Repouso (REP) | Ausência de folículos ou folículos muito pequenos e arredondados ou finos e alongados com células do epitélio germinativo sem diferenciação. | Ausência de folículos ou folículos muito pequenos e arredondados ou finos e alongados com células do epitélio germinativo indiferenciadas. |
| Gametogênese inicial (GI) | Folículos alongados e isolados, predominância do tecido conjuntivo. Presença de alguns gonócitos primordiais e ovogônias. | Folículos pequenos e isolados, ainda com muito tecido conjuntivo. Presença de gonócitos primordiais e espermatogônias. |
| Gametogênese parcial (GP) | Folículos maiores, ainda separados pelo tecido conjuntivo de reserva. Presença de alguns gonócitos primordiais, ovogônias e ovócito em pré-vitelogênese. | Folículos maiores, ainda separados pelo tecido conjuntivo de reserva. Presença de alguns gonócitos primordiais, espermatogônia e espermatócitos. |
| Gametogênese avançada (GA) | Folículos próximos ou justapostos, com pouco ou ausência do tecido conjuntivo de reserva. Presença de células sexuais em diferentes estágios de desenvolvimento. Ovócitos maduros na região central do folículo. | Folículos próximos ou justapostos, com pouco ou ausência do tecido conjuntivo de reserva. Presença de células sexuais em diferentes estágios de desenvolvimento. Espermatozóides na região central do folículo com flagelos direcionados para o lúmen. |
| Maturo (M) | Folículos justapostos, densamente preenchidos com gametas maduros. Predominância de ovócitos maduros alguns com núcleo visível. | Folículos justapostos, densamente preenchidos com espermatozóides com flagelo orientado para o lúmen. |
| Absorção (ABS) | Folículos com gametas remanescentes, alguns alongados, quebrados ou se degenerando. Algumas vezes é observado o desenvolvimento das células germinativas dos folículos, com a presença de ovócitos em diferentes estágios de desenvolvimento. Tecido conjuntivo começa a se desenvolver entre os folículos. | Folículos com gametas remanescentes, espermatozóides se degenerando. Tecido conjuntivo começa a se desenvolver entre os folículos. |

2.2.2.2.4 Índice de Condição

Para determinação do índice de condição (IC), vinte e cinco indivíduos de cada repetição foram pesados (peso vivo total) com o auxílio de uma balança com precisão de 0,001 g. Em seguida, após a secção do músculo adutor e remoção das partes moles, pesou-se a carne e a concha, separadamente, obtendo-se o peso úmido. A carne e a concha foram para estufa a 68°C onde permaneceram por 48h. Após este período o material foi novamente pesado e obteve-se o peso seco conforme descrito por (Lawrence & Scott 1982). O índice de condição foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Crosby & Gale (1990).

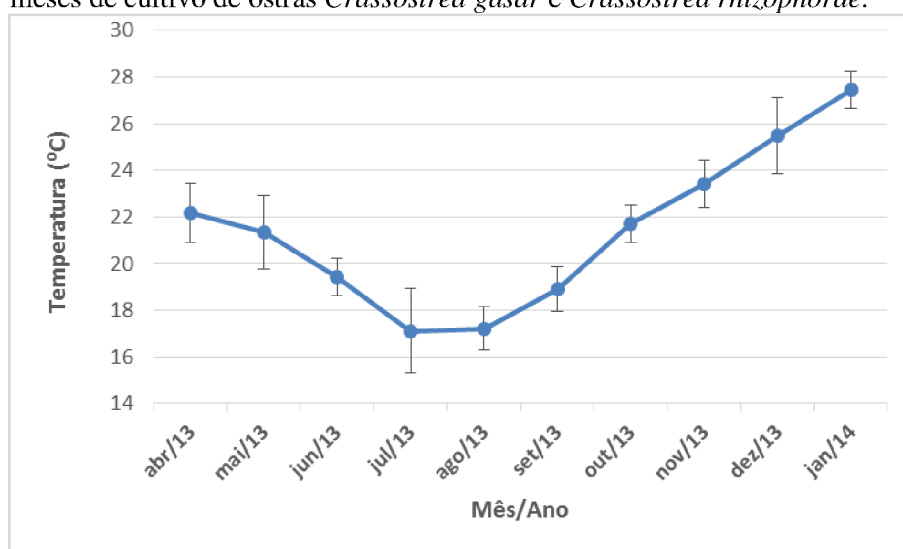
2.2.2.3 Análise estatística

Os resultados foram comparados utilizando teste de Qui-quadrado. Todas as análises foram realizadas com o utilizando o pacote computacional SAS®.

2.2.3 Resultados

As médias de temperatura da água no local de cultivo apresentaram variações em função da época do ano. As menores médias mensais de temperatura registradas, aproximadamente $17^{\circ}\text{C} \pm 2,18^{\circ}\text{C}$, ocorreram durante o inverno, nos meses de julho, com temperatura mínima diária de $13,2^{\circ}\text{C}$, e agosto de 2013, com temperatura mínima diária de $16,14^{\circ}\text{C}$, havendo aumento gradativo com o início da primavera, a partir de $18,77 \pm 0,97^{\circ}\text{C}$, até o verão. No mês de janeiro de 2014, a água atingiu a temperatura média máxima de aproximadamente $27,46 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ (Fig. 3).

Figura 3 - Temperatura média e desvio padrão da água do mar durante os meses de cultivo de ostras *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*.



A salinidade média da água variou entre 30 e 36. O valor médio de TPM entre os meses de abril de 2013 a janeiro de 2014 foi de $32,11 \pm 9,32 \text{ mg L}^{-1}$, havendo grande variação nos valores registrados durante todo o período experimental. O menor valor médio foi registrado em abril de 2013, com $13,88 \pm 6,3 \text{ mg L}^{-1}$, e o maior valor médio em janeiro de 2014, com $42,23 \pm 25,02 \text{ mg L}^{-1}$. A média de matéria particulada orgânica (POM) durante todo o período experimental foi de $6,72 \pm 1,11 \text{ mg L}^{-1}$, com valores inferiores aos de matéria particulada inorgânica (PIM), que apresentou a média de $76,25 \pm 5,82 \text{ mg L}^{-1}$. Os cálculos da relação

PIM/POM apresentaram valor mínimo de 1,87 e valor máximo de 4,81 com uma média de 3,7 \pm 0,95 para todo o período experimental.

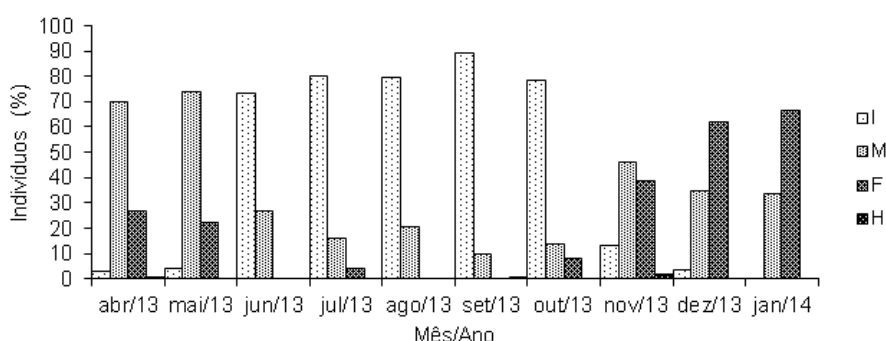
2.2.3.1 Distribuição sexual

Foram observadas diferenças significativas de distribuição sexual entre *C. gasar* e *C. rhizophorae* durante todo o período estudado ($p < 0,01$), com exceção dos meses de novembro de 2013 e janeiro de 2014.

A distribuição sexual observada em *C. gasar* com quatro meses de idade mostrou predominância de machos durante o primeiro período reprodutivo (70% em abril e 74% em maio de 2013), seguido da predominância do estágio indeterminado, evidenciados durante os meses compreendidos entre junho e outubro de 2013, presente entre 73,33% e 89,29% das amostras mensais (Fig. 4).

Com o aumento da temperatura média da água do mar, observou-se diminuição de ostras no estágio de repouso e alternância de sexo. A partir de novembro de 2013, foi observado o desenvolvimento das células germinativas nos folículos e o decréscimo de ostras no estágio indeterminado (13,19%), passando a haver equilíbrio na proporção entre machos (45,83%) e fêmeas (38,89%). Entretanto, nos meses subsequentes, a proporção de machos diminuiu, passando a haver predominância de fêmeas nos meses de dezembro de 2013 (61,86%) e janeiro de 2014 (66,67%).

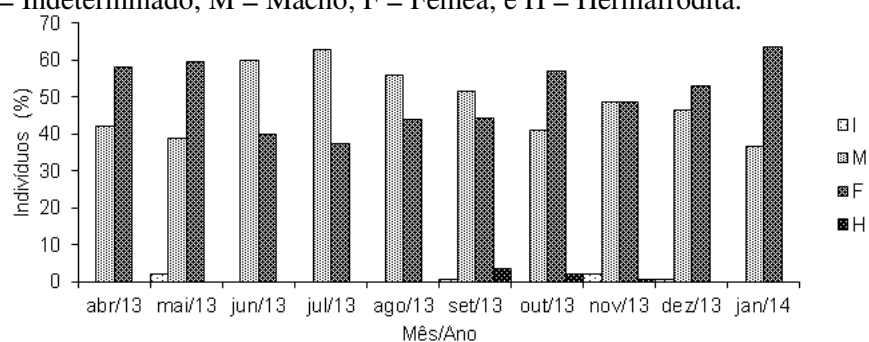
Figura - 4. Distribuição sexual em ostras *Crassostrea gasar* cultivadas em diferentes variações de maré entres meses de abril/2013 à janeiro/2014. I = Indeterminado; M = Macho; F = Fêmea; e H = Hermafrodita.



Por outro lado, a distribuição sexual em ostras da espécie *C. rhizophorae* mostrou predominância de fêmeas durante quase todo o período experimental, com exceção dos meses de junho a setembro de 2013, em que foi observada a predominância de machos e no mês de

novembro de 2013, em que a proporção de sexos foi equivalente. Não foi observada quantidade expressiva de indivíduos com sexo indeterminado (0,67 a 2,11%) e ostras hermafroditas (0,7 a 3,36%) (Fig. 5).

Figura 5 - Distribuição sexual em ostras *Crassostrea rhizophorae* cultivadas em diferentes variações de maré entres meses de abril/2013 à janeiro/2014. I = Indeterminado; M = Macho; F = Fêmea; e H = Hermafrodita.



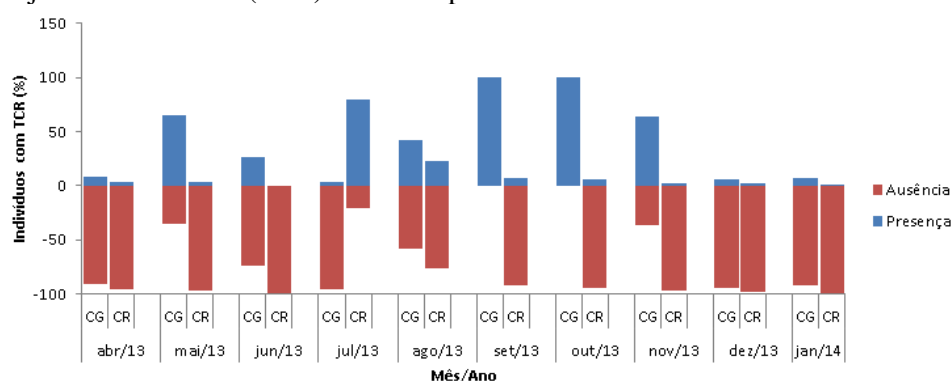
2.2.3.2 Tecido Conjuntivo de Reserva

As espécies avaliadas apresentam comportamentos distintos em relação à presença do tecido conjuntivo de reserva (TCR) na maioria dos meses avaliados ($p < 0,01$), com exceção dos meses de abril e dezembro de 2013 e janeiro de 2014 ($p > 0,05$) (Fig. 6).

A quantidade de ostras da espécie *C. gasar* que apresentou TCR oscilou durante o período de estudo. Em abril de 2013, poucas ostras com TCR (8,67%) foram observadas, aumentando em maio de 2013 (65,33%) e voltando a diminuir a quantidade progressivamente em junho (26,6%) e julho (4%). A quantidade de ostras com tecido de reserva voltou a aumentar em agosto, chegando a 100% das ostras analisadas durante os meses de setembro e outubro, retornando a diminuir em novembro (63,89%) e tornando insignificante em dezembro de 2013 (5,93%) e janeiro de 2014 (7,59%).

Em *C. rhizophorae*, excluindo os meses de julho (79,3%) e agosto (23,33%), foi verificada quantidade reduzida (entre 0 e 7,43%.) de ostras com tecido conjuntivo de reserva.

Figura 6 - Proporção de indivíduos das espécies *Crassostrea gasar* (CG) e *Crassostrea rhizophorae* (CR) em relação a presença ou ausência do tecido conjuntivo de reserva (TCR) durante o período estudado.



2.2.3.3 Desova e índice de condição

A proporção de ostras nos diferentes tipos de desova variou entre *C. gasar* e *C. rhizophorae* ($p < 0,01$), com exceção dos meses de maio e dezembro de 2013 ($p > 0,05$).

Durante os meses analisados, *C. gasar* apresentou variações no tipo de desova, havendo indicativos de eliminação de gametas de abril a julho de 2013 e de novembro de 2013 a janeiro de 2014.

As ostras analisadas apresentaram a condição de desova inicial (DI) apenas em novembro e dezembro, final do período da primavera, havendo predominância de desova parcial (DP) em abril (91,33%), maio (90,67%) e dezembro (74,58%) de 2013; e janeiro (67,9%) de 2014.

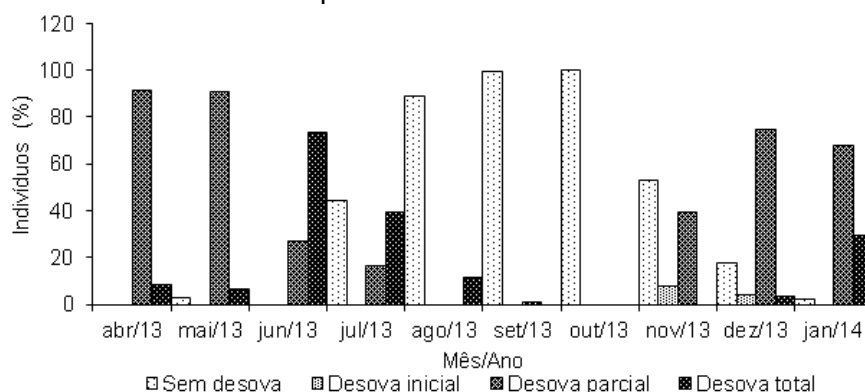
A condição de desova total (DT) foi observada em pequena porcentagem das ostras, nos meses de abril (8,67%) e maio (6,67%) de 2013; enquanto que o mês de junho de 2013, observou-se a maior porcentagem de ocorrência (73,33%), seguido do decréscimo dos valores em julho (39,33%) e agosto (11,33%); sendo observado novamente em dezembro (3,39%) e janeiro de 2014 (29,63%).

Ostras com ausência de desova (S) estavam presentes a partir de julho (44%), aumentando a porcentagem em agosto (88,67%), setembro (99,29%) e outubro (100%), voltando a diminuir progressivamente em novembro (52,78%), dezembro (17,8%) e janeiro (2,47%).

As maiores médias de IC foram obtidas em agosto ($16,3 \pm 1,18$), setembro ($17,31 \pm 1,32$) e outubro ($16,64 \pm 1,79$) de 2013; meses em que houveram aumento na quantidade de animais sem desova. Foi observada a redução nos valores médios de IC em novembro ($12,48 \pm 2,61$) e dezembro ($11,96 \pm 2,16$) de 2013 e janeiro de 2014 ($10,34 \pm 1,64$), meses marcados pelo

início do novo período reprodutivo e aumento na quantidade de ostras com desova parcial (Fig. 7).

Figura 7 - Proporção de ostras da espécie *Crassostrea gasar* nas diferentes classes de desova durante o período estudado.

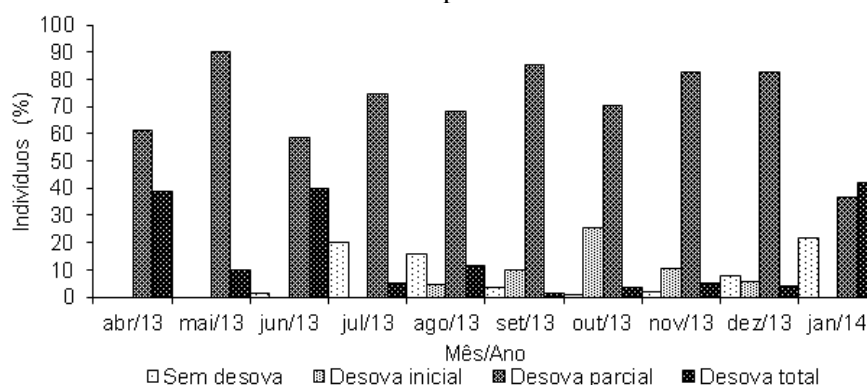


Durante todo o período de estudo as ostras da espécie *C. rhizophorae* apresentaram sinais de desova. O estágio de DI, esteve presente no período compreendido entre agosto e dezembro de 2013 (4,67 a 25,5%).

Foi observado que a DP é predominante na espécie, presentes de 61 a 90 % das ostras amostradas durante o período e apenas em janeiro de 2014 foi observado diminuição (36,45%). A condição de DT também foi observada durante todos os meses de estudo, apresentando maior quantidade de ostras com eliminação total de gametas em abril (38,67 %) e junho (40%) de 2013 e janeiro de 2014 (42,06%).

Em relação à presença de ostras não apresentando sinais de desova, foram observadas maiores quantidades nos meses de julho (20%) e agosto (16%) de 2013 e janeiro (21,5%) de 2014. Entretanto os valores de IC foram superiores durante os meses de setembro e outubro de 2013, e janeiro de 2014. Os valores de IC oscilaram durante todo o período amostral, apresentando valor médio máximo de 15,23 em julho e mínimo de 13,64 em outubro de 2013 (Fig. 8).

Figura - 8. Proporção de ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae* nas diferentes classes de desova durante o período estudado.



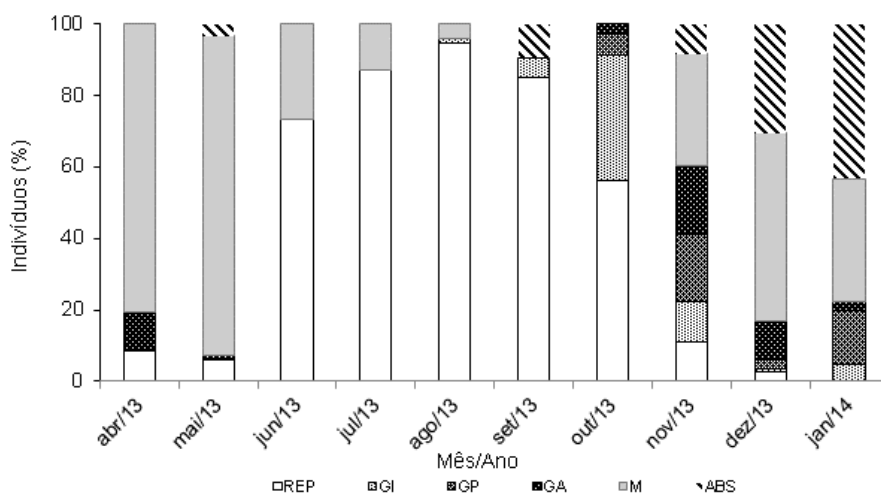
2.2.3.4 Estágios de desenvolvimento reprodutivo

Nos estágios de desenvolvimento reprodutivo, foi constatada diferença entre as ostras da espécie *C. gasar* e *C. rhizophorae* ($p < 0,05$). Em *C. gasar* houve predominância de indivíduos no estágio de repouso (REP) durante o período entre junho e outubro de 2013 (entre 56,12 e 94,67%). Em agosto observou-se as primeiras (1,33%) ostras em gametogênese inicial (GI), atingindo a quantidade máxima de ostras neste estágio em outubro (35,25%). Não houve registros de ostras neste estágio no período compreendido entre abril e julho de 2013.

Não foi observada ocorrência de indivíduos no estágio de gametogênese parcial (GP) entre abril e setembro de 2013. Entretanto no mês de novembro foi observada a maior quantidade de ostras nesta condição (18,75%). O estágio de gametogênese avançada (GA) também foi mais evidente no mês de novembro (19,44%), seguido de abril (10,67%) e dezembro (11,02%).

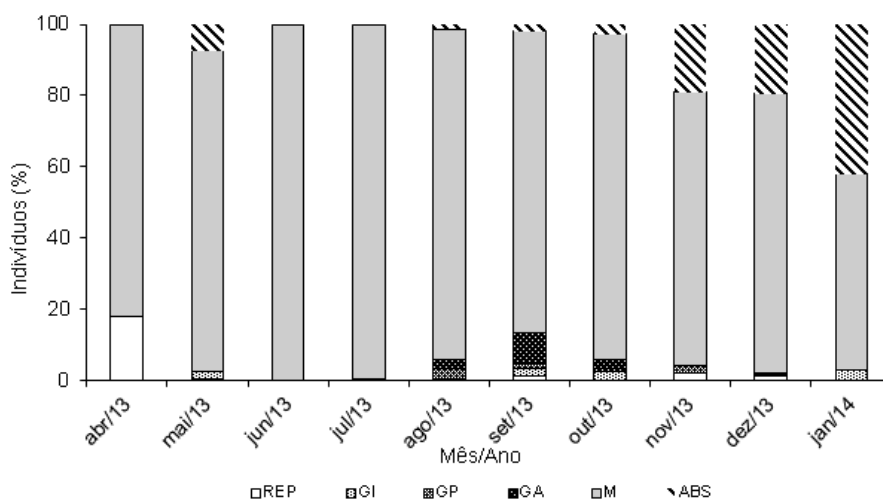
As condições ambientais presentes durante a primavera e início do verão promovem o desenvolvimento das células reprodutivas, resultando no surgimento de ostras maduras. A maior quantidade de ostras no estágio matura (M) foi registrada em abril (80,67%) e maio (89,33%), diminuindo gradativamente nas ostras amostradas em junho (26,67%), julho (12,67%) e agosto (4%). Em novembro, 30,51% das ostras analisadas encontravam-se maduras, aumentando para 52,54% em dezembro de 2013; e, em decorrência das desovas, reduzindo para 34,57% em janeiro de 2014. A presença de folículos com gametas sendo absorvidos, estágio absorção (ABS), é evidente nos meses de dezembro de 2013 (30,5%) e janeiro de 2014 (43,21%) e em menor quantidade em maio, setembro e novembro de 2013 (entre 3,33 a 9,29%).

Figura 9 - Distribuição de ostras da espécie *Crassostrea gasar* em diferentes estágios do ciclo reprodutivo ao longo do período de amostragem. REP = repouso; GI = gametogênese inicial; GP = gametogênese parcial; GA = gametogênese avançada; M = maturo; e ABS = absorção.



Foi observada alta frequência de ostras *C. rhizophorae* no estágio maturo (M) durante todo o período experimental (entre 55,14 e 100%) e baixa ocorrência de animais em repouso (18% em abril de 2013 e entre 0 a 2,11% nos demais meses). Animais em estágios de gametogênese foram observados em menor porcentagem, com maior registro de ostras no estágio de gametogênese avançada (GA) em setembro de 2013 (8,72%). A absorção de gametas (ABS) foi evidente durante alguns meses do período experimental, com maiores frequências no final da primavera e início do verão entre novembro de 2013 e janeiro de 2014 (Fig. 10).

Figura 10 - Distribuição de ostras da espécie *Crassostrea rhizophorae* em diferentes estágios do ciclo reprodutivo ao longo do período de amostragem. REP = repouso; GI = gametogênese inicial; GP = gametogênese parcial; GA = gametogênese avançada; M = maturo; e ABS = absorção.



2.2.4 Discussão

A distribuição sexual em ostras é influenciada pelo meio ambiente associado a fatores genéticos (Hedrick & Hedgecock 2010). Geralmente as ostras maturam ainda jovens, de forma que indivíduos de tamanho reduzido podem participar na reprodução destas populações (Galvão et al. 2000). No presente estudo, observou-se predominância de machos durante o primeiro período reprodutivo de *C. gasar*. Esta predominância pode ser explicada pela influência da idade da população estudada, sendo que indivíduos jovens, geneticamente aptos a serem hermafroditas sequenciais protândricos, estavam presentes inicialmente na população como machos.

A expressão do gene determinante do sexo em ostras hermafroditas sequenciais tem sido estudada em *C. gigas*. Entretanto, ainda há falta de informações que elucidem a influência de fatores ambientais neste processo (Hedrick & Hedgecock 2010, Guo et al. 2012). Resultados de proporção sexual observados em um estudo realizado com a espécie *C. gasar* na região norte do Brasil (Paixão et al. 2013), diferem dos obtidos neste estudo durante o início do período experimental (abril e maio de 2013). Estes autores afirmaram haver equilíbrio na proporção sexual, com pequena predominância de fêmeas (1,1F:1M), em ostras cultivadas no estado do Pará.

Resultados semelhantes foram obtidos por Christo & Absher (2006), ao estudar o ciclo reprodutivo de *C. gasar* e *C. rhizophorae* na Baía de Guaratuba, no estado do Paraná. Estes autores também relatam um equilíbrio na quantidade de fêmeas (38%) e machos (29%) de *C. gasar*. Entretanto, o equilíbrio sexual das ostras relatado neste estudo, não garante representatividade da população, visto que os menores animais avaliados apresentaram média de $44,52 \pm 4,43$ mm, podendo já ter sofrido a primeira maturação sexual. Por outro lado, Galvão et al. (2000) observaram porcentagem de 54,2% de machos e 41,4% de fêmeas de *C. gasar* em Cananeia, no estado de São Paulo, a partir da coleta de ostras de uma ampla faixa de tamanho, medindo de 20 a 96 mm.

No presente estudo da alternância de sexos em *C. gasar* ficou evidente após o período de repouso seguido da gametogênese, resultando na diminuição da diferença entre o número de machos (45,83%) e fêmeas (38,89%) em novembro de 2013 e predominância de fêmeas em dezembro de 2013 (61,86%) e janeiro de 2014 (66,67%). Resultados semelhantes foram observados em ostras *C. gasar* na Baía de Guaratuba, estado do Paraná, com maior quantidade de fêmeas (69%) em relação ao número de machos (26%) (Castilho-Westphal et al. 2015).

Para a espécie *C. rhizophorae*, as proporções sexuais observadas em estudos anteriores indicam predominância de fêmeas (Nascimento 1978, Christo & Absher 2006, Lenz & Boehs 2011), fato que também ocorreu na maioria dos meses no presente trabalho.

A distribuição sexual em ostras da espécie *C. rhizophorae* distinguiu de *C. gasar*. Nos meses de dezembro de 2013 e janeiro de 2014, observou-se maior porcentagem de fêmeas em espécimes de *C. rhizophorae*. Tal fato pode ter ocorrido em virtude da possível maturação precoce seguida de alternância de sexos de parte das ostras desta espécie, não registrada no presente trabalho devido ao fato de que o início das análises das ostras ocorreu apenas após quatro meses de cultivo. Entretanto, verificou-se alternância de sexo nos meses em que houve a diminuição da temperatura da água registrada, indicando que a diminuição da temperatura é fator determinante para que ocorra tal alternância. O aumento na quantidade de machos e fêmeas também foi observado em *C. gigas* mantidas em baixas temperaturas (Fabioux et al. 2005) e em *Crassostrea virginica* mantidas em altas temperaturas (Coe 1936), respectivamente.

A observação de um número reduzido de ostras hermafroditas ocasionais, que apresentam células sexuais masculinas e femininas no mesmo momento foi previamente relatada em outros estudos. Para a espécie *C. gasar*, os animais hermafroditas representaram 0,5% (Paixão et al. 2013), 0,6% (Galvão et al. 2000) e 1,0% (Castilho-Westphal et al. 2015) dos animais avaliados. Resultados semelhantes foram obtidos para a mesma espécie no presente estudo, sendo observados um máximo de 2,08% de animais hermafroditas em novembro de 2013.

Semelhantemente, para a espécie *C. rhizophorae*, também foram observadas pequenas porcentagens de animais hermafroditas (entre 0,7 a 3,36%). As porcentagens de animais hermafroditas apresentadas por outros autores para a mesma espécie se assemelham às observadas no presente trabalho (Nascimento 1978; Lenz & Boehs 2011). O fato de uma mesma ostra possuir células reprodutivas masculinas e femininas no mesmo momento, não caracteriza a espécie como hermafrodita simultânea, visto que este fato ocorre em baixa porcentagem e, geralmente, durante o período de gametogênese em eventual alternância de sexo (Lango-Reynoso et al. 2006), não dando indícios de ser estratégia reprodutiva da espécie.

As baixas temperaturas da água registradas durante o inverno no Sul do Brasil proporcionam a maior ocorrência de ostras da espécie *C. gasar* no estágio indeterminado (Gomes et al. 2014). Nos estuários do Paraná, também na região Sul do Brasil, a ocorrência de indivíduos em repouso é igualmente representativa (32%) (Christo & Absher 2006). No presente estudo, grande número de ostras da espécie *C. gasar* em repouso foi observada durante os meses de junho e outubro de 2013 (entre 73,33% a 89,29%). Em contrapartida, *C.*

rhizophorae não apresentaram quantidades expressivas de indivíduos em estágio indeterminado durante o período avaliado (0,67 a 2,11%). Estes resultados corroboram os obtidos por Nascimento (1978), que observou apenas 0,6% das ostras de *C. rhizophorae* nesta condição. Tal condição é observada após o processo avançado de desova e ausência de outras células reprodutivas notáveis, entretanto as ostras apresentam o tecido reprodutivo com células sexuais em diferentes estágios de desenvolvimento durante a maior parte de sua vida.

O tecido conjuntivo de reserva da ostra *Crassostrea corteziensis*, espécie de clima tropical, está presente em maior quantidade em indivíduos imaturos (Rodríguez-Jaramillo et al. 2008) assim como as ostras de clima temperado. A mesma condição é observada em ostras *C. gasar*, classificadas como estágio imaturo por Castilho-Westphal et al. (2015), no Paraná, e, como em repouso por Gomes et al. (2014), em Santa Catarina. Na região de Guaratuba, Paraná, as ostras em repouso foram observadas entre os meses de temperaturas mais frias, de maio a outubro (Castilho-Westphal et al. 2015). Em Florianópolis, Santa Catarina, condição semelhante foi observada durante a maior parte do inverno (junho a agosto) em ostras da *C. gasar*, sendo observados 100% dos animais em estágio de repouso durante o mês de julho de 2009 (Gomes et al. 2014).

Já na região Norte do Brasil, o estágio imaturo, ou indeterminado, é observado apenas nas estações secas, não apresentando correlação com a temperatura da água (Paixão et al. 2013). A presença de indivíduos apresentando tecido conjuntivo de reserva é mais evidente nas ostras presentes em regiões de alta latitude durante os meses de inverno e parte da primavera. No presente estudo, embora não haja número expressivo de ostra da espécie *C. rhizophorae* no estágio de repouso, foi registrado indivíduos com tecido conjuntivo de reserva nos meses de julho (79,3 %) e agosto (23,33%), entretanto, estes valores diminuem drasticamente nos demais meses estudados (entre 0 e 7,43%).

O período prolongado de desova é característica marcante em ostras de clima tropical (Vélez 1977, Joseph & Madhyastha 1984). A ostra *Crassostrea virginica*, espécie cultivada em regiões de clima tropical e subtropical, apresenta comportamento reprodutivo extenso podendo se reproduzir por vários meses (Baqueiro-Cardenas et al. 2007). Já a espécie *C. gigas* tem o período de desova reduzido em função das condições ambientais, como baixas temperaturas da água dos locais de cultivo (Fabioux et al. 2005). Na espécie *C. gasar*, observa-se diferentes padrões reprodutivos em função das características ambientais do local: no Sul do país, em virtude de regimes de temperaturas mais marcantes, as desovas ocorrem no final da primavera, verão e parte do inverno, com picos de desova no verão (Gomes et al. 2014, Castilho-Westphal et al. 2015). Ao contrário, desovas intermitentes em *C. rhizophorae* foram observadas, mesmo

cultivadas em ambiente de grande variação de temperatura, com desovas parciais e, em menor frequência, desovas totais. Fato semelhante foi observado por Lenz & Boehs (2011) na região Nordeste, indicando períodos de desovas parciais intermitentes marcados por alguns períodos de recuperação do tecido gonádico. Nascimento (1978) também descreve a desova de *C. rhizophorae* como um processo lento, ocorrendo a liberação de pequenas parcelas de gameta ao longo do ano.

Além das diferenças na distribuição sexual, na presença do TCR e nos tipos e períodos de desova, a estratégia de produção de gametas também difere entre *C. gasar* e *C. rhizophorae*. O período de repouso no inverno, seguido das diferentes etapas de gametogênese (GI, GP e GA) que ocorrem em *C. gasar*, na primavera e verão da região Sul do país, descrito inicialmente para ostras de clima temperado, ocorrem de forma muito menos evidente em *C. rhizophorae* e apenas durante parte do inverno e início da primavera. Lenz & Boehs (2011) mencionam que entre as desovas parciais de *C. rhizophorae* ocorre a recuperação de gametas, através do processo de gametogênese presentes em maior frequência nos meses marcados pela alta pluviosidade e, conseqüentemente, baixa salinidade da água. A influência da salinidade da água no processo de gametogênese também foi observada por Paixão et al (2013) em *C. gasar* da região norte do país, onde o clima é marcado pelo regime de chuvas, nos meses em que há aumento da pluviosidade, a salinidade diminui, podendo chegar a 20 e proporcionar o processo de maturação das ostras da espécie.

2.2.5 Conclusão

Os resultados obtidos neste experimento permitem concluir que ocorreram mudanças na proporção sexual na população das ostras das duas espécies ao longo do período experimental. Para a espécie *C. gasar* inicialmente, observou-se predominância de machos (atingindo 74%) e, após um período de repouso, foi observada a predominância de fêmeas (atingindo 66,67%). Por outro lado, em *C. rhizophorae*, houve predominância de fêmeas nos meses com temperatura da água do mar elevada e de machos nos meses de temperatura baixa. A espécie *C. gasar* apresentou os diferentes tipos de desova ao longo do período avaliado enquanto que em *C. rhizophorae* houve o predomínio de desovas parciais. O ciclo reprodutivo em *C. gasar* é marcado pelo período de repouso durante o inverno, seguido dos diferentes estágios de gametogênese até o estágio maturo; já em *C. rhizophorae* houve predominância de ostras no estágio maturo durante todo o período estudado. A partir dos resultados obtidos neste trabalho,

é possível observar que as espécies que concorrem na região entre marés, apresentam crescimento e estratégias reprodutivas distintas.

Referências bibliográficas

Afinowi, A.M. 1984. The mangrove oyster, *Crassostrea gasar* culture and potential in the Niger delta (Nigeria). Technical Paper 14. Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research, Lagos, Nigeria. 13 pp.

Baqueiro-Cárdenas, R. E., L. Borabe, G. C. Goldaracena-Islas & J. Rodríguez-Navarro. 2007. Los moluscos y la contaminación. Una revisión. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 1-7.

Barber, B. J. & N. J. Blake. 1991. Reproductive physiology. In: S. Shumway, Editor. Scallops; Biology, Ecology and Aquaculture. Amsterdam: Elsevier. pp. 377-428.

Carranza, A., O. Defeo & M. Beck. 2009. Diversity, conservation status and threats to native oysters (Ostreidae) around the Atlantic and Caribbean coasts of South America. Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 19: 344-353.

Carriker, M. R. & P. M. Gaffney. 1996. A catalogue of selected species of living oysters (Ostreacea) of the World. In: V. S. Kennedy, R. I. E. Newell & A. F. Eble, editors. The Eastern Oyster: *Crassostrea virginica*. College Park, MD: Maryland Sea Grant Publications. pp. 1-18.

Castaños, C., M. Pascual & A. P. Camacho. 2009. Reproductive biology of the nonnative oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), as a key factor for its successful spread along the rocky shores of northern Patagonia, Argentina. J. Shellfish Res. 28: 837-847.

Castilho-Westphal, G. G., F. P. Magnani & A. Ostrensky. 2015. Gonadal morphology and reproductive cycle of the mangrove oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) in the Baía de Guaratuba, Paraná, Brazil. Acta Zoologica (Stockholm) 96: 99-107.

Cavaleiro, N. P., A. M. Solé-Cava, C. Lazoski & H. A. Cunha. 2013. Polymorphic microsatellite loci for two Atlantic oyster species: *Crassostrea rhizophorae* and *C. gasar*. Mol Biol Rep 40: 7039-7043.

Christo, S. W. & T. M. Absher. 2006. Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) and *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná, Brazil. J. Coast. Res. 39: 1215-1218.

Christo, S. W. 2006. Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 na Baía de Guaratuba (Paraná – Brasil): um subsídio ao cultivo. 2006. 145p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia), Universidade Federal do Paraná.

Coe, R. W. 1936. Sequence of functional sexual phases in *Teredo*. Biol. Bull. 71: 122-132.

Crosby, M. P. & L.D. Gale. 1990. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method. J. Shellfish. Res. 91: 233-237.

- Ellison, A. M. 2008. Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry. *J. Sea Res.* 59: 2-15.
- Fabioux, C, A. Huvet, P. LeSouchu, M. Le Pennec & S. Pouvreau. 2005. Temperature and Photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock. *Aquaculture* 250: 458-470.
- FAO (2012) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2012 (Sofia)*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Galvão, M. S. N., O. M. Pereira & A. W. S. Hilsdorf. 2013. Molecular identification and distribution of mangrove oysters (*Crassostrea*) in a estuarine ecosystem in Southeast Brazil: implications for aquaculture and fisheries management. *Aquaculture Research* 44: 1589-1601.
- Galvão, M. S. N., O. M. Pereira, I. C. Machado & M. B. Henrique. 2000. Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de Cananéia, SP (25°S; 48°W). *Boletim do Instituto de Pesca* 26: 147-162.
- Gomes, C. H. A. M., F. C. Silva, G. R. Lopes & C. M. R. Melo. 2014. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. *Brazilian Journal of Biology* 74: 967-976.
- Gosling, E. 2003. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. New Jersey, U.S.: Blackwell Publishing, Fishing News Books. 442 pp.
- Guo, X., Q. Li, Q. Z. Wang & L. F. Kong. 2012. Genetic mapping and QTL Analysis of Growth-Related Traits in the Pacific Oyster. *Marine Biotechnology* 14: 218-226.
- Hedrick, P. W. & D. Hedgecock. 2010. Sex determination: genetic models for oysters. *J. Hered.* 101: 602-611.
- IBAMA. Estatística da Pesca 2007 - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Disponível em: www.ibama.gov.br. Acesso em: 03 mar. 2013.
- Joseph, M. M. & M.N. Madhyastha. 1984. Annual reproductive cycle and sexuality of the oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). *Aquaculture* 40: 223-231.
- Lango-Reynoso, F., J. Chávez-Villalba & M. Le Pennec. 2006. Reproductive patterns of the pacific oyster *Crassostrea gigas* in France. *Invertebrate Reproduction & Development* 49: 41-50.
- Lapègue, S., I. Boutet, A. Leitão, S. Heurtebise, P. Garcia, C. Thiriot-Quiévreux, & P. Boudry. 2002. Trans-Atlantic distribution of a mangrove oyster species revealed by 16S mtDNA and karyological analyses. *Biol. Bull.* 202: 232-242.
- Lawrence, D. R. & G. I. Scott. 1982. The Determination and Use of Condition Index of Oysters. *Estuaries* 5: 23-27.
- Lazoski, C. 2004. Sistemática molecular e genética populacional de ostras brasileiras (*Crassostrea* spp.). Tese (Doutorado em Genética) - Departamento de Genética, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Lazoski, C., J. Gusmão, P. Boudry & A. M. Solé-Cava. 2011. Phylogeny and phylogeography of commercially important Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic

connectivity and isolation by distance. *Marine Ecology Progress Series* 426: 197-212.

Lenz, T. & G. Boehs. 2011. Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahia, Brasil. *Revista de Biología Tropical* 59: 137-149.

Mackie, G. L. 1984. Reproduction. In: A. S. M. Saleuddin & K. M. Wilbur, editor. *The Mollusca*. Amsterdam: Elsevier. pp. 344-351.

Mann, R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 59: 95-110.

Melo, C. M. R., F. C. Silva, C. H. A. M. Gomes, A. M. Solé-Cava & C. Lazoski. 2010. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. *Biological Invasions* 12: 441-449.

Nascimento, I. A. 1978. Reprodução da ostra do mangue, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). São Paulo: Universidade de São Paulo. 200 p. Tese de Doutorado do Instituto de Biociências.

Paixão, L., M. A. Ferreira, Z. Nunes, F. Fonseca-Sizo & R. Rocha. 2013 Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. *Aquaculture*, 6: 380-383.

Pereira, O. M., I. C. Machado, M. B. Henriques & N. Yamanaka. 2001. Crescimento da ostra *C. brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia – SP (25°S, 48°W). *Boletim do Instituto de Pesca* 23: 135-142.

Pereira, O. M., M. B. Henriques, I. C. Machado. 2003. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca* 29: 19–28.

Prieto, A., A. Montes & L. J. Ruiz. 2008. Potencial de producción de biomasa en una población natural de la ostra *Crassostrea rhizophorae*, em la Laguna Grande de Obispo, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Interciencia* 33: 747-752.

Quayle, D. B. & G. F. Newkirk. 1989. Farming bivalve molluscs: methods for study and development. Los Angeles: The World Aquaculture Society, International Development Research Center. 294 pp.

Robinson, T. B., C. L. Griffiths, A. Tonin, P. Bloomer & M. P. Hare. 2005. Naturalized populations of oysters, *Crassostrea gigas* along the South African coast: distribution, abundance and population structure. *J. Shellfish Res.* 24: 443-450.

Rodríguez-Jaramillo, C., M. A. Hurtado, E. Romero-Vivas, J. L. Ramírez, M. Manzano & E. Palacios. 2008. Gonadal development and histochemistry of the tropical oyster, *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) during na anual reproductiva cycle. *Journal of Shellfish Research* 27: 1129-1141.

Scarabino, F. 2003. Lista Sistemática de los Bivalvia marinos y estuarinos vivientes de Uruguay. *Comunicaciones de La Sociedad Malacológica del Uruguay* 8: 229-259.

Shaw, B. L. & H. I. Battle. 1957. The gross and microscopic anatomy of the digestive tract of the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Canadian Journal of Zoology* 35: 325-347.

Silveira, R. C., F. C. Silva, C. H. A. M. Gomes, J. F. Ferreira & C. M. R. Melo. 2011. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. *Brazilian Journal of Biology* 71: 557-562.

Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada. 167 pp.

Vélez, A. & C. E. Epifanio. 1981. Effects of temperature and conditon on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna* sp. (L). *Aquaculture* 22: 21-26.

Vélez, A. 1977. Ciclo anual de reproducción del ostión *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) de Bahía de Mochima. *Boletín Instituto Oceanográfico Universidad del Oriente* 16: 87-98.

3. CONCLUSÕES GERAIS

- Para a espécie *C. gasar*, os maiores valores de crescimento e produção de carne foram obtidos em animais cultivados em um menor tempo de exposição ao ar (0,1 m), entretanto a sobrevivência foi maior em animais cultivados nas alturas de maré 0,5 e 0,7 m.
- Para a espécie *C. rhizophorae*, os maiores valores de crescimento foram obtidos em ostras cultivadas na altura de maré 0,3, e sobrevivência foi maior em animais cultivados nas alturas 0,7 e 0,9 m.
- Em relação ao ciclo reprodutivo, foi possível observar diferenças na proporção sexual e nas estratégias reprodutivas das espécies *C. gasar* e *C. rhizophorae*.
- Inicialmente, *C. gasar* apresentou predominância de machos e, após um período de repouso, foi observada a predominância de fêmeas. Além disso, nesta espécie ocorreram diferentes tipos de desova, com períodos de repouso e ausência de desova durante os meses mais frios e processo de gametogênese ocorrendo durante a primavera e verão.
- Em *Crassostrea rhizophorae* houve predominância de fêmeas nos meses com temperatura da água do mar elevada e de machos nos meses de temperatura baixa. Nesta espécie não foram observados períodos de repouso, com desovas parciais ocorrendo durante quase todo o ano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou as primeiras informações a respeito do cultivo concomitante das ostras de mangue *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae*, bem como valores referentes ao crescimento das duas espécies cultivadas em diferentes alturas em relação ao nível de maré. Os resultados demonstram que as espécies apresentam características distintas em ambiente de cultivo, de forma que, mesmo cultivadas em diferentes graus de exposição ao ar, o desempenho zootécnico de *C. gasar* é superior ao de *C. rhizophorae*. O cultivo na região entre marés utilizando o sistema suspenso fixo, com $2,7 \pm 1,9$ % de exposição ao ar diária para *C. rhizophorae* demonstra ser uma alternativa viável para o cultivo da espécie e a diminuição do tempo de exposição ao ar diminui a sobrevivência das ostras da espécie. Entretanto, a exposição ao ar demonstra influenciar negativamente o crescimento de *C. gasar*. Mesmo presentes neste estudo, dados de crescimento, somados ao de sobrevivência, não foram analisados em conjunto para verificação da produtividade das espécies quando cultivadas em diferentes alturas. Desta forma poderemos verificar e sugerir as melhores condições de cultivo que resultem em maior produtividade para as ostras nativas.

O estudo do ciclo reprodutivo das duas espécies evidenciou diferenças nas estratégias reprodutivas. A presença de indivíduos maduros, apresentando desovas interruptas em *C. rhizophorae* indica que a espécie cultivada na região Sul do Brasil apresenta estratégia reprodutiva semelhante às populações da mesma espécie que habitam regiões de baixa latitude (temperatura da água elevada). Entretanto, as ostras da espécie *C. gasar* diferem das ostras de populações presentes em regiões com média anual da temperatura da água mais quente; no Sul do país as ostras apresentam o ciclo reprodutivo que se assemelham as ostras de clima temperado, com o período de repouso bem definido, seguido da gametogênese e da presença de ostras aptas a desova.

Pesquisas sobre o crescimento de ostras em outras regiões, com amplitudes de maré distintas, são necessárias para avaliar o tempo de exposição ao ar ideal para outras populações das espécies estudadas. Assim como estudos de crescimento e reprodução com ostras identificadas geneticamente, em diferentes locais do Atlântico Sul.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- ABSHER, T.M. **Populações naturais de ostras do gênero *Crassostrea* do litoral do Paraná - Desenvolvimento larval, recrutamento e crescimento**. 1989. 185 p. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- ABSHER, T.M.; CHRISTO, S.W. Índice de Condição de ostras da região entre marés da Baía de Paranaguá, Paraná. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Curitiba, v. 36, p. 253-261. 1993.
- AKABOSHI, S. Notas sobre o comportamento da ostra japonesa *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1785) no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 6, p. 93-104. 1979.
- AKABOSHI, S.; PEREIRA, O.M. Ostricultura na região lagunar-estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. I. Captação de larvas de ostras *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) em ambiente natural. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 8, p. 87-104. 1981.
- BAYNE, B. Reproduction. *In: Biology of Oysters*. Cambridge, MA: Academic Press. 2017. p. 565-701.
- BORGHETTI, J.R.; OSTRENSKY, A. A cadeia produtiva da aquicultura brasileira. *In: VALENTI, W.C. et al. Aquicultura no Brasil*. Brasília: CNPq, 2000. p. 107-142.
- BUITRAGO, E. J.; BUITRAGO, L.; LODEIROS, C. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) bajo condiciones de cultivo suspendido en La Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. **Zootecnia Trop.** v. 27, n. 1, p. 1-12. 2009.
- CASTILHO WESTPHAL G.G.; MAGNANI F.P.; OSTRENSKY A. Gonad morphology and reproductive cycle of the mangrove oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) in the Baía de Guaratuba, Paraná, Brazil. **Acta Zoologica** Stockholm, v.96, p.99-107. 2015.
- CHENEY, D.P.; MACDONALD, B.F.; ELSTON, R.A. Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): initial findings on multiple environmental estressors in Puget Sound, Washington, 1998. **Journal Shellfish Research**, Hanover, v. 19, p. 353-359. 2000.
- CHO, C.H.; KIM, Y.S. Microenvironment in oyster farm area. 1. On the eutrophication and raft density in Geoje Bay. **Bull. Korean Fish. Soc.**, v. 10, p. 259-265. 1977.
- CHRISTO, S.W. **Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 na Baía de Guaratuba (Paraná-Brasil): um subsídio ao cultivo**. 2006. 145p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
- CHRISTO, S.W.; ABSHER, T.M. Reproductive period of *Crassostrea rhizophorae* (GUILDING, 1828) and *Crassostrea brasiliiana* (LAMARK, 1819) (Bivalvia: Ostreidae) in Guaratuba Bay, Paraná Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 2, n. 39, p. 1215-1218. 2006.

COE, W.R. Sexual differentiation in mollusks. I. Pelecypods. **Quarterly Review of Biology** v. 18, p. 154–164. 1943.

COSTA, P.F. Biologia e tecnologia para o cultivo. In: **Brasil. Ministérios da Marinha. Instituto Nacional de Estudos do Mar. Manual de Maricultura**. Rio de Janeiro, 1985, cap. 8, parte B, p. 36.

COTTER, E.; MALHAM, S.K.; O'KEEFFE, S.; LYNCH, S.A.; LATCHFORD, J.W.; KING, J.W.; BEAUMONT, A.R.; CULLOTY, S.C. Summer mortality of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in the Irish Sea: The influence of growth, biochemistry and gametogenesis. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 303, p. 8–21. 2010.

DAME, R.F. **Ecology of Marine Bivalves in Ecosystem Approach**. New York: Marine Science Series, 1996. 254 p.

DHEILLY, N.M.; LELONG, C.; HUVET, A.; KELLNER, K.; DUBOS, M.P. Gametogenesis in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: a microarrays-based analysis identifies sex and stage specific genes. **Plos One** v. 7 n. 5, p. 1-15. 2012.

DIADHIOU, H.D.; LE PENNEC M. Reproduction of the oyster *Crassostrea gasar* (Mollusc, Bivalve) in Southern Casamance (Senegal). **Marine Life**, v. 10 p. 19-25. 2000.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Síntese Informativa da Maricultura 2015** [online]. Florianópolis: EPAGRI. 2016. Acesso: 23 de agosto de 2016.

FAO 1998. **The State of Food and Agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization, 1999. 147 p.

FAO 2002. **The State of Food and Agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2002. 150 p.

FAO 2005. **The State of Food and Agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2005. 198 p.

FAO 2014. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014 (Sofia)**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2014. 223 p.

FAO 2016. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (Sofia)**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2016. 200 p.

FERREIRA, J.F.; MAGALHÃES, A.R.M. 2004. Cultivo de Mexilhões. In: POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E.; BELTRAME, E. **Aquicultura – Experiências Brasileiras**. Florianópolis, 2004. p. 221-250.

FERREIRA, J.F.; OLIVEIRA NETO, F.M. Cultivo de moluscos em Santa Catarina. **Infopesca Internacional**. v. 28, p. 34-41. 2006.

GALVÃO, M.S.N.; PEREIRA, O.M.; MACHADO, I.C.; HENRIQUE, M.B. Aspectos reprodutivos da ostra *Crassostrea brasiliiana* de manguezais do estuário de Cananéia, SP

- (25°S; 48°W). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 26, p. 147-162. 2000.
- GOMES, C.H.A.M.; SILVA, F.C.; LOPES, G.R.; MELO, C.M.R. The reproductive cycle of the oyster *Crassostrea gasar*. **Brazilian Journal of Biology** v. 74, p. 967-976. 2014.
- GOSLING, E. **Bivalve molluscs: biology, ecology and culture**. Oxford: Fishing News Books. 2003. 443 p.
- GOSLING, E. **Marine Bivalve Molluscs**. 2nd ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2015. 512 p.
- GRICOURT, L.; BONNEC, G.; BOUJARD, D.; MATHIEU, M.; KELLNER, K. Insulin-like system and growth regulation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: hrIGF-1 effect on protein synthesis of mantle edge cells and expression of an homologous insulin receptor-related receptor. **General and Comparative Endocrinology**, v. 134, p. 44–56. 2003.
- GUO, X.M.; HEDGECOCK, D.; HERSHBERGER, W.K.; COOPER, K.; ALLEN S.K. Genetic determinants of protandric sex in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. **Evolution**, v. 52, p. 394-402, 1998.
- HEDRICK, P.W.; HEDGECOCK, D. Sex determination: genetic models for oysters **Journal of Heredity**, v. 101, n, 5, p. 602–611. 2010.
- IBGE 2014. **Produção da Pecuária Municipal**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 36 p.
- IGNÁCIO, B.L.; ABSHER, T.M.; LAZOSKI, C.; SOLÉ-CAVA; A.M. Genetic evidence of the presence of two species of *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) on the coast of Brazil. **Marine Biology**, v. 136, p. 987-991. 2000.
- IMAI, T. The Evolution Of The Oyster Culture. In: ROTTERDAM, A.A. **Aquaculture in Shallow Sea**. Balkema, 1977. p. 115-262.
- JOSEPH, M.M. Mussel and Oyster culture in the tropics. In: De SILVA, S.S. **Tropical Mariculture**. Academic Press, 1998. p. 309.
- KASYANOV, V.L. **Reproductive Strategy in Marine Bivalves and Echinoderms**. New Delhi: Oxonian Press, 1999. 229 p.
- LEGAT, J.F.A. **Reprodução, crescimento e sobrevivência da ostra nativa *Crassostrea gasar* cultivada nos estados do Maranhão e Santa Catarina**. 2015. Tese. 120p. (Doutorado em Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina.
- LENZ, T.; BOEHS, G. Ciclo reproductivo del ostión de manglar *Crassostrea rhizophorae* (Bivalvia: Ostreidae) en la Bahía de Camamu, Bahia, Brasil. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n. 1, p. 137-149, 2011.
- LE ROUX, F.; GAY, M.; LAMBERT, C.; WAECHTER, M.; POUBALANNE, S.; CHOLLET, B.; NICOLAS, J.L.; BERTHE, F. Comparative analysis of *Vibrio splendidus*

related strains isolated during *Crassostrea gigas* mortality events. **Aquatic Living Resources**, v. 15, p. 251-258. 2002.

LI, Y.; QIN, J.G.; ABBOT, C.A.; LI, X.; BENKENDORFF, K. Synergistic impacts of heat shock and spawning on the physiology and immune health of *Crassostrea gigas*: an explanation for summer mortality in Pacific oysters. **Am. J. Physiol. Reg. I.**, v. 293, p. 2353–2362. 2007.

LI, Y.; QIN, J.G.; LI, X.X.; BENKENDORFF, K. Spawning-dependent stress responses in pacific oysters *Crassostrea gigas*: a simulated bacterial challenge in oysters. **Aquaculture**, v. 293, p. 164-171. 2009.

LOPES G.R.; GOMES, C.H.A.M.; TURECK, C.R.; MELO, C.M.R. Growth of *Crassostrea gasar* cultured in marine and estuary environments in Brazilian Waters. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 48, p. 975-982. 2013.

LUCAS, J.S.; SOUTHGATE, P.C. **Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants**. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2003. 645 p.

MACCACCHERO, G.G.; GUZENSKI, J.; FERREIRA, J.F. Allometric growth on mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultured in Southern Brazil. Crescimento alométrico em ostra-do-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), cultivada no Sul do Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, v.36, n.3, p. 400-403. 2005.

MACKIE, G.L., Bivalve. In : TOMPA, A.S.; VERDONK, N.H.; VAN DEN BIGGELAAR, J.A.M. **The Mollusca, Volume 7, Reproduction**. Orlando: Academic Press, 1984. p. 351-418.

MATTHIESSEN, G.C. Early years. In: MATTHIESSEN, G.C. (ed). **Oyster Culture**. Cambridge, MA: Blackwell Science, 2001. P. 47-74.

MELO, C.M.R.; SILVA, F.C.; GOMES, C.H.A.M.; SOLÉ-CAVA, A.M.; LAZOSKI, C. *Crassostrea gigas* in natural oyster banks in southern Brazil. **Biological Invasions**, v. 12, p. 441-449. 2010.

MORI, K. Managed coastal waters for oyster culture in Japan. In: MICHAEL, R.G. (ed.). **Ecosystems of the world 29: Managed aquatic ecosystems**. Amsterdam, 1987. p. 125-143.

MPA 2013. **Balço 2013 – Pesca e Aquicultura**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013. 14 p.

MUNIZ, E.C.; JACOB, S.A.; HELM, M.M. Condition index, meat yield and biochemical composition of *Crassostrea brasiliiana* and *Crassostrea gigas* growth in Cabo Frio, Brazil. **Aquaculture**, v. 59, p. 235-250. 1986.

NASCIMENTO, I.A.; LUNETTA, J.E. Ciclo sexual da ostra de mangue e sua importância para o cultivo. **Bol. Fisiol. Animal** Universidade de São Paulo v. 2, p. 63-93. 1978.

- NASCIMENTO, I.A.; PEREIRA, S.A. Changes in the condition index for mangrove oysters (*Crassostrea rhizophorae*) from Todos os Santos Bay, Brazil. **Aquaculture**, v. 20, p. 9-15. 1980.
- NASCIMENTO, I.A. Cultivo de ostras no Brasil: problemas e perspectivas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 7, p. 871-876. 1983.
- NYBAKKEN, J.W. **Marine biology: an ecological approach**. 4 ed. Boston: Addison Wesley Educational Publishers Inc., 1997. pp. 433-440.
- PAIXÃO, L.; FERREIRA, M.A.; NUNES, Z.; FONSECA SIZO, F.; ROCHA, R. Effects of salinity and rainfall on the reproductive biology of the mangrove oyster (*Crassostrea gasar*): Implications for the collection of broodstock oysters. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 6-12. 2013.
- PERDUE, J.A.; BEATTIE, J.H.; CHEW, K.K. Some relationships between gametogenic cycle and Summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington State. **Journal of Shellfish Research**, v. 1, n. 9-16. 1981.
- PEREIRA, O.M.; MACHADO, I.C.; HENRIQUES, M.B.; YAMANAKA, N. Crescimento da ostra *C. brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia – SP (25°S, 48°W). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 23, n. 135-142. 2001.
- PEREIRA, O.M.; HENRIQUES, M.B.; MACHADO, I.C. Estimativa da curva de crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia, SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 19-28. 2003.
- PIE, M.R.; RIBEIRO, R.O.; BOEGER, W.A.; OSTRENSKY, A.; FALLEIROS, R.M.; ANGELO, L. A simple PCR-RFLP method for the discrimination of native and introduced oyster species (*Crassostrea brasiliiana*, *C. rhizophorae* and *C. gigas*; Bivalvia: Ostreidae) cultured in Southern Brazil. **Aquaculture Research**, Hagerman, v. 37, n. 15, p. 1598-1600. 2006.
- PILLAY, T.V.R. **Aquaculture principles and practices**. UK: Fishing News Books, 1990. 575 p.
- POLI, C.R. Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*). In: **Aquicultura. Experiências Brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa, 2004. p. 251-266.
- POLI, C.R.; LITTLEPAGE, J. **Análise dos Produtores de Molusco em Santa Catarina - UFSC. Convênio University of Victoria/Canadá**. Florianópolis, 1993. 29 p.
- PROENÇA, C.E.M. **Plataforma do agronegócio da malacocultura**. Brasília: CNPQ/DPA/MAPA, 2001. 76 p.
- QUAYLE, D.B. **Tropical oysters: culture and methods**. Ottawa: IDRC, 1980. 80 p.
- QUAYLE, D.B.; NEWKIRK, G.F. **Farming bivalve molluscs: methods for study and**

development. Los Angeles: The World Aquaculture Society, International Development Research Center, 1989. 294 p.

QUAYLE, D.R. Pacific oyster culture in British Columbia. **Can. Bull. Fish. Aquat. sci. quat. Sci.**, v. 218, p. 1-124. 1988.

RAFFAELLI, D.G.; HAWKINS, S.J. **Intertidal Ecology.** London: Chapman & Hall, 1996. 356 p.

RAMOS, M.I.S.; NASCIMENTO, I.A.; SILVA, J.L. The comparative growth and survival of Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg, *C. gigas* var. Kumamoto) and the mangrove oyster (*C. rhizophorae*) in Todos os Santos Bay Brazil. **Cienc Cult**, v. 38, p. 1604-1615. 1986.

RAMOS, C.O.; FERREIRA, J.F.; MELO, C.M.R. Maturation of native oyster *Crassostrea gasar* at different diets in laboratory. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 39, p. 107-120. 2013.

RAMOS, C.O.; GOMES C.H.A.M.; MAGALHÃES A.R.M.; SANTOS, A.I.; MELO, C.M.R. Maturation of the mangrove oyster *Crassostrea gasar* at different temperatures in the laboratory. **J. Shellfish Res.**; v. 33(1), p. 187-194. 2014.

RIOS, E.C. **Compendium of brazilian seashells.** Rio Grande: Museu Oceanográfico Prof. E.C. Rios/FURG, 2009. 676 p.

ROYER, J.; REPORT, M.; COSTIL, K. Spatio-temporal changes in mortality, growth and condition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Normandy, France. **Journal of Shellfish Research**, v. 26, p. 973-984. 2007.

RUIZ, C.; ABAD, M.; SEDANO, F.; GARCIA MARTIN, LO.; SÀNCHEZ LÒPEZ, JL. Influence of seasonal environmental changes on the gamete production and biochemical composition of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in suspended culture in El Grove, Galicia, Spain. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 155, n. 2, p. 249-262, 1992.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados.** 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1168 p.

SABRY, R.C.; MAGALHÃES, A.R.M. Parasitas em ostras de cultivo (*Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gigas*) da Ponta do Sambaqui, Florianópolis, SC. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** v. 27, p. 194-202. 2005.

SAFFMAN, E. E.; LASKO, P. Germline development in vertebrates and invertebrates. **Cellular and Molecular Life Sciences** v. 55 n. 8-9, p.1141-1163. 1999.

SANTERRE, C.; SOURDAINE, P.; MARC, N.; MINGANT, C.; ROBERT, R.; MARTINEZ, A.S. Oyster sex determination is influenced by temperature – First clues in spat during first gonadic differentiation and gametogenesis. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part A v. 165 p. 61-69, 2013.

SASTRY, A.N. Pelecypoda (excluding Ostreidae). *In*: GIESE, A.C. and PEARSE, J.S. (Eds). **Reproduction of Marine Invertebrates.V Molluscs: Pelecypods and Lesser Classes**. New York: Academic Press, 1979. p. 113-292

SEBRAE 2015. **Aquicultura no Brasil – Séries Estudos Mercadológicos**. Brasília: Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, 2015. 76 p.

SHUMWAY, S.E. Natural environmental factors. *In*: KENNEDY, V.S.; EWELL, R.I.E.; EBLE, A.F. (eds.). **The Eastern Oyster *Crassostrea virginica***. Maryland, p. 467-513. 1996.

SILVA, A.T. **Crescimento de ostras *Crassostrea gasar* (Adanson 1757) em diferentes sistemas de cultivo**. 2015. 47 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2015.

SILVA, G.B.; ABSHER, T.M. Variação Temporal de Larvas de Ostras *Crassostrea* (Sacco, 1897), na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *In*: VI Congresso Latinoamericano de Ciencias Del Mar. **Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Ciencias Del Mar**. Mar del Plata, 1995. p. 114.

SILVEIRA, R.C.; SILVA, F. C.; GOMES, C.H.A.M.; FERREIRA, J.F.; MELO, C.M.R. Larval settlement and spat recovery rates of the oyster *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) using different systems to induce metamorphosis. **Brazilian Journal of Biology** v. 71, p. 557-562. 2011.

SIQUEIRA. K.L.F.; ARAÚJO, E.D.; PADILHA, F.F.; ARAÚJO, J.M.E. Sanitary aspects of the water and the native oysters of sort *Crassostrea* cultivated in the Vaza Barris River (SE). **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 3, p. 76-88. 2010.

SMITH, D. **Ecology of the New Zealand Rocky Shore Community: A Resource for NCEA Level 2 Biology**. New Zealand Marine Studies Centre. University of Otago New Zealand, 2013. 55 p.

SOLETCHNICK. P.; LE MOINE, O.; FAURY, N.; RAZET, D.; GEAIRON, P.; GOULLETQUER, P. Summer mortality of the oyster in the Bay Marennes-Oléron: spatial variability of environmental and biology using a geographical information system (GIS). **Aquat. Living Resour.**, v. 12, p. 131–143. 1999.

SOLETCHNIK, P.; LAMBERT, C.; COSTIL, K. Summer mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in relation to environmental rearing conditions. **Journal of Shellfish Research**, v. 24, p. 197-207. 2005.

SOLETCHNIK, P.; ROBERT, M.; MAZUIE, J.; FLEURY, P.; LE COZ, F. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring databases along the coasts of France. **Aquaculture**, v. 271, p. 384-400. 2007.

SPENCER, B.E. 2002 Molluscan Shellfish Farming. Blakwell Publishing, U.K. 274p

STRATHAMANN M.F. **Reproduction and development of marine invertebrates of the Northern Pacific Coast: Data and Methods for the Study of Eggs, Embryo and Larvae.** Seattle: University of Washintom Press, 1987. 682p.

VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável.** Brasília: CNPq. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 72 p.

VARELA, E.S.; BEASLEY, C.R.; SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I.; MARQUES-SILVA, N.S.; TAGLIARO, C.H. Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. **Journal of Molluscan Studies**, v. 73, p. 229–234. 2007.

VILLARROEL, E.; BUITRAGO, E.; LODEIROS, C. Identification of Environmental Factors Affecting Growth and Survival of the Tropical Oyster *Crassostrea Rhizophorae* in Suspended Culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. **Revista Científica**, n.14, v. 1, p. 28-35. 2004.

WENDLING, C.C.; WEGNER, K.M. Relative contribution of reproductive investment, thermal stress and *Vibrio* infection to summer mortality phenomena in Pacific oyster. **Aquaculture**, v. 412-413, p. 88-96. 2013.

ZHANG, G.F.; FANG, X.D.; GUO, X.M.; LI, L.; LUO, R.B. et al. The oyster genome reveals stress adaptation and complexity of shell formation. **Nature**, v. 490, p. 49–54. 2012.

ZHANG, N.; XU F.; GUO, X. Genomic analysis of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) reveals possible conservation of vertebrate sex determination in a mollusk **G3: Genes, Genomes, Genetics** v. 4, p. 2207-2217, 2014.