

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS

INSTITUTO DE PESCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MEXILHÃO *Perna perna*
(LINNAEUS, 1758) CULTIVADO PELO SISTEMA DE
CORDAS EM DIFERENTES DENSIDADES, EM
CARAGUATATUBA, SP, BRASIL**

Aluno: José Luiz Alves

Orientador: Helcio Luis de Almeida Marques

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo

Julho - 2016

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS

INSTITUTO DE PESCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MEXILHÃO *Perna perna*
(LINNAEUS, 1758) CULTIVADO PELO SISTEMA DE
CORDAS EM DIFERENTES DENSIDADES, EM
CARAGUATATUBA, SP, BRASIL**

Aluno: José Luiz Alves

Orientador: Helcio Luis de Almeida Marques

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo

Julho - 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

A474d

Alves, José Luiz

Desempenho produtivo do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus 1758) cultivado pelo sistema de cordas em diferentes densidades, em Caraguatatuba, SP, Brasil / José Luis Alves. – São Paulo, 2016.
vi, 34f. ; il. ; graf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientador: Hécio Luis de Almeida Marques

1. *Perna perna*. 2. Semeadura. 3 Densidades. 4.Sementes. 5. Produção.
I. Marques Hécio Luis de Almeida. II. Título

CDD 639.42

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

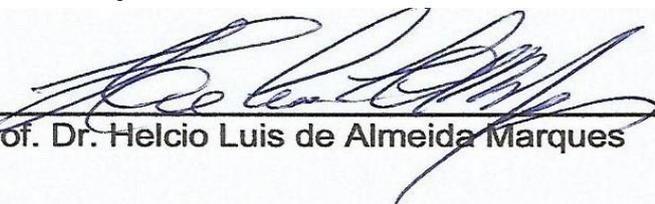
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

"DESEMPENHO PRODUTIVO DE MEXILHÕES Perna perna (LINNAEUS, 1758) CULTIVADOS PELO SISTEMA DE CORDAS, EM DIFERENTES DENSIDADES, EM CARAGUATATUBA, SP, BRASIL"

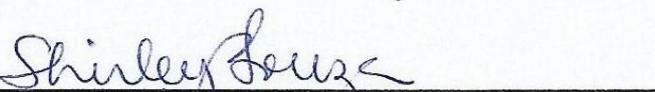
ALUNO: José Luiz Alves

ORIENTADOR: Helcio Luis de Almeida Marques

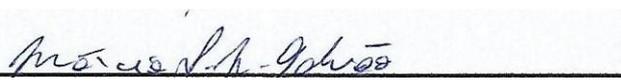
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Helcio Luis de Almeida Marques

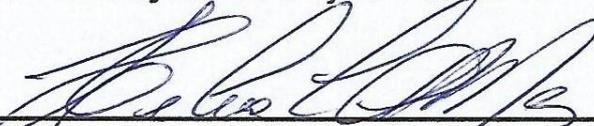


Profa. Dra. Shirley Pacheco de Souza



Profa. Dra. Marcia Santos Nunes Galvão

Data da realização: 12 de julho de 2016



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Helcio Luis de Almeida Marques

Agradecimentos

Agradeço a Deus por tudo que ele me proporciona na minha vida.

Aos meus pais, Manoel Verissimo, (*in memoriam*) e Isolina, por todo o apoio, incentivo. Aos meus irmãos pela força e sincera amizade.

A minha esposa Ana Cláudia, pelo amor, paciência, pela sua dedicação, compreensão.

À minha filha Eliza Luques de 2 anos por ainda não compreender a minha ausência em muitos momentos.

Em especial ao meu orientador Dr. Helcio Luis de Almeida Marques, pela oportunidade, confiança, paciência, entusiasmo e principalmente pela amizade durante esses anos de convivência. Grande satisfação e prosperidade em trabalhar ao seu lado.

Agradeço a todos os docentes do Instituto de Pesca pelo valioso conhecimento passado durante as disciplinas de mestrado.

A todos os técnicos do Laboratório de Qualidade de Água do Instituto de Pesca pela ajuda nas análises realizadas.

Agradecimentos especiais ao José Donizete, Luigi e Cintia pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo e aos membros da Associação dos Maricultores e Pescadores da Praia da Cocanha – MAPEC pela parceria nos trabalhos de campo realizados na sede.

Aos colegas da pós, Alexandre, Sarah, Cristiano, Claudia, Fernando, Leandro, Ednara, Francisco, Thaís, Natali pelos momentos alegres compartilhados.

A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho.

Finalmente agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudos que proporcionou a indispensável ajuda financeira para a conclusão desta pós-graduação e à FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto (Pr. 2012/51762-5).

Sumário

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS | III |
| RESUMO | V |
| ABSTRACT | VI |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 1.1. Histórico e importância da mitilicultura | 1 |
| 1.2. A mitilicultura no Brasil | 2 |
| 1.3. A mitilicultura na Praia da Cocanha (Caraguatatuba) | 3 |
| 1.4. Sistemas e densidades de semeadura | 6 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1. Objetivos específicos | 11 |
| 3. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO | 12 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 12 |
| | |
| CAPÍTULO 1 | |
| Desempenho produtivo de mexilhão <i>Perna perna</i> (LINNAEUS, 1758) cultivado no sistema em cordas em diferentes densidades, em Caraguatatuba, SP, Brasil..... | 15 |
| Resumo | 16 |
| Introdução | 17 |
| Material e métodos | 18 |
| Resultados | 21 |
| Discussão | 26 |
| Conclusão | 29 |
| Agradecimentos | 29 |
| Literatura citada | 30 |
| | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - Foto de um dos parques aquícolas da Praia da Cocanha (canto esquerdo superior, ao lado da Ilha da Cocanha) e sede da MAPEC (canto direito inferior) | 5 |
| FIGURA 2 - Foto dos dois parques aquícolas da Praia da Cocanha, situados na Ilha da Cocanha e no Ilhote de Fora..... | 6 |
| FIGURA 3 - Semeadura feita pelo sistema de rede (A) e pelo sistema de corda (B)..... | 7 |
| FIGURA 4 - Mexilhões semeados no sistema de corda, em fase de colheita | 7 |
| FIGURA 5 - Sementes e material utilizado no sistema de semeadura em cordas | 8 |
| FIGURA 6 - Densidades 300, 400 e 500 sementes / m testadas no sistema de rede | 10 |
| FIGURA 7 – Cordas de mexilhões semeadas nas três densidades testadas (200, 300 e 400 semente / m, à esquerda) e as mesmas cordas após a colheita (direita) | 11 |

Capítulo 1

| | |
|---|----|
| FIGURA 1 – Temperaturas e salinidades médias registradas na região de estudo durante o período experimental | 22 |
| FIGURA 2 – Médias mensais da transparência e clorofila- <i>a</i> registradas na região de estudo durante o período experimental | 23 |

FIGURA 3 – Teores de matéria orgânica e inorgânica da água do mar registrados na região de estudo durante o período experimental 23

TABELA 1 – Abundância dos organismos ornamentais (média \pm DP) presentes nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas 24

TABELA 2 – Pesos secos das incrustações e abundância de pré-sementes e sementes (médias \pm DP) registrados nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas 25

TABELA 3 – Comprimentos médios, pesos vivos totais, pesos de mexilhões com comprimento comercial e não comercial, peso vivo médio e peso desidratado médio, sobrevivências e índices de condição (médias \pm DP) registrados nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas. Letras diferentes sobrescritas às médias indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$) 25

RESUMO

No Brasil, como em outros países tropicais, as sementes de mexilhões não são um recurso abundante, e sua escassez por vezes constitui um gargalo para o crescimento da atividade. Assim, estudos que determinam a quantidade ideal de sementes nos cultivos têm aumentado nos últimos anos. Este trabalho objetiva determinar a influência de três densidades de semeadura (200, 300 e 400 sementes / m) sobre diferentes indicadores de desempenho produtivo de mexilhões *Perna perna* cultivados pelo sistema de cordas suspensas na Praia da Cocanha, Caraguatatuba, SP, Brasil. A ANOVA não apontou diferenças significativas ($p < 0.05$) entre as densidades testadas e a abundância de organismos ornamentais, sementes adicionais associadas às cordas de cultivo, pesos e comprimentos médios dos mexilhões, índice de condição e sobrevivência. Como esperado, o peso total dos mexilhões foi maior nas maiores densidades. Conclui-se que qualquer das densidades testadas pode ser utilizada no sistema de produção em corda, sendo que as menores densidades podem ser indicadas em situações de escassez de sementes.

Palavras-chave: *Perna perna*, semeadura, densidades, sementes, produção

ABSTRACT

In Brazil, as in other tropical countries, mussel seed are not a plentiful resource, and its scarcity sometimes constitutes an important bottleneck to the mussel farming improvement. Thus, studies determining the ideal amount of seed used in mussel culture have gained importance in the recent years. This work aims to determine the influence of three seeding densities (200, 300 and 400 seed / m) on different indicators of productive performance of *Perna perna* mussels cultured by the suspended rope system in Cocanha Beach, Caraguatatuba, SP, Brazil. The one-way ANOVA showed no significant differences ($p < 0.05$) among the densities tested with respect to the abundance of ornamental organisms, additional mussel seed associated to the culture ropes, mean mussel weight and length, condition index and survival. As expected, total mussel weight was higher in the greater densities. It is concluded that any of densities can be used in the rope production system, thus lower densities can be indicated in situations of seed scarcity.

Key words: *Perna perna*, seeding, densities, seed, production

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Histórico e importância da mitilicultura

A mitilicultura ou cultivo de mexilhões constitui um dos mais expressivos segmentos da maricultura. Os mexilhões vêm sendo aproveitados como fonte de alimento há muito tempo nas mais diversas partes do mundo, sendo amplamente conhecidos por seu sabor e valor nutritivo. Seus elevados teores proteicos superam os de muitas outras espécies marinhas (MAGALHÃES, 1985).

Os mexilhões são moluscos marinhos pertencentes à família dos mitilídeos, daí a denominação “mitilicultura”. Desde a antiguidade são utilizados pelo homem como alimento, como mostram os "sambaquis", ou depósitos de conchas vazias encontrados em sítios arqueológicos. No entanto, a sua criação é uma atividade bem mais recente, tendo se originado na França há aproximadamente 800 anos (MARQUES, 1998).

Segundo uma conhecida lenda, no início do Século XIII um barco tripulado por três irlandeses e comandado por Patrick Walton, naufragou em uma região deserta da Bretanha francesa, tendo sobrevivido somente o comandante. Durante o período de tempo em que ali permaneceu abrigado, ele sobreviveu à custa da caça e da pesca, utilizando para tal, entre outras armadilhas, uma série de postes de madeira fincados na praia, entrelaçados com pedaços de redes de pesca e cordas, na tentativa de capturar aves marinhas. Nas estacas e redes que ficavam submersas durante as marés altas, ele observou a fixação de uma grande quantidade de mexilhões dos quais também passou a se alimentar. Mais tarde, já resgatado, divulgou sua descoberta por outras regiões da França e da Grã-Bretanha, dando início assim, à atividade da criação de mexilhões (FERREIRA e MAGALHÃES, 2004).

Até meados do Século XIX, as criações pouco diferiram do modelo proposto por Patrick Walton. Começaram então a surgir, na França, os primeiros cultivos em balsas flutuantes, iniciativa que foi rapidamente copiada por espanhóis da Catalunha, os quais introduziram a nova técnica nessa região, em 1901 (ANDREU, 1976).

Mas foi no litoral da Galícia, também na Espanha, que essa atividade mais cresceu, devido em grande parte, às excelentes condições ambientais favoráveis

ao cultivo existentes nas chamadas "rías galegas", que são vales profundos inundados pelo mar, com águas ricas em nutrientes. Em 1976 a produção espanhola alcançou a marca de 240 mil toneladas, 95% das quais provenientes da região da Galícia (ANDREU, 1976).

Até 1987 a Europa dominou o mercado mundial na produção de mexilhões cultivados. Segundo dados da FAO a China passou a ser, a partir desse ano, o maior produtor, ultrapassando a então líder Espanha. Nos últimos anos a criação de mexilhões tem se expandido fortemente nos países orientais e na Oceania, tendência essa que deverá ser mantida futuramente, devido principalmente à poluição e à falta de áreas disponíveis para a ampliação da mitilicultura nos mares europeus (MARQUES, 1998)

A mitilicultura é uma das modalidades de aquicultura mais lucrativas que se conhece, o que pode ser atribuído principalmente aos seguintes fatores: a) não há necessidade de fornecimento de ração aos animais; b) alto índice de conversão alimentar, o que resulta em rápido crescimento; c) baixo custo das instalações para cultivo; d) facilidade de manejo dos animais; e) o cultivo é realizado no mar, o que torna desnecessário o investimento em aquisição de terras e f) alta produtividade: na região da Galícia são obtidas produtividades de até 30 toneladas de carne por hectare e por ano, o que representa a maior cifra já conseguida com uma modalidade de criação animal não sujeita à alimentação suplementar (MARENZI *et al.*, 2008).

1.2. A mitilicultura no Brasil

Atualmente a produção mundial de mexilhões continua em expansão, sendo que em 2010 chegou a 1,7 milhões de toneladas, movimentando aproximadamente 1,5 bilhões de dólares (FAO, 2012). O Brasil produziu 13.723 toneladas da espécie *Perna perna* em 2010, gerando uma receita bruta de 8,9 milhões de dólares (FAO, 2012). Essa produção corresponde a 88% de toda a produção de moluscos bivalves no Brasil (MPA, 2012) e concentra-se quase que totalmente no Estado de Santa Catarina, responsável por cerca de 90% da produção nacional; mas outros estados como Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo também possuem cultivos comerciais importantes.

A única espécie cultivada é *Perna perna* (Linnaeus, 1758), de características oceânicas. Essa espécie apresenta alta rusticidade, tolerando bem amplas variações de temperatura e salinidade, não apresentando enfermidades importantes e se adaptando muito bem ao cultivo comercial em estruturas suspensas, como os long-lines (MARQUES, 1998). Os mexilhões, como os demais bivalves marinhos, são filtradores do fitoplâncton e de matéria orgânica em suspensão, não necessitando do fornecimento de ração suplementar, o que torna o seu cultivo muito pouco impactante do ponto de vista ambiental, sendo por isso mesmo recomendado por alguns autores e pela FAO como ideal para ser promovida em programas de maricultura sustentável, principalmente nos países em desenvolvimento (PILLAY, 1992; BARDACH, 1997).

1.3. A mitilicultura na Praia da Cocanha (Caraguatatuba)

No Estado de São Paulo, apesar do pequeno volume de produção, a mitilicultura apresenta uma grande importância social, sendo totalmente praticada em pequena escala e em sistemas familiares de produção, principalmente por pequenos empresários e moradores das comunidades litorâneas, muitos deles filhos ou parentes de pescadores tradicionais (FAGUNDES *et al.*, 2004). Toda a produção se concentra nos municípios do litoral norte do estado (Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião). A expansão do cultivo na região se deu a partir da década de 1990. Em 1994, existiam nove áreas de criação de moluscos nos quatro municípios. Uma década mais tarde foi registrado o envolvimento de aproximadamente 85 produtores em 44 áreas aquícolas. (FAGUNDES *et al.*, 2004; CASTRO *et al.*, 2005). Atualmente esse número decresceu bastante devido ao desestímulo causado pela falta de regularização da maricultura, ausência de políticas públicas de estímulo à atividade, incertezas decorrentes dos constantes vazamentos de petróleo da região, além dos constantes furtos.

Em Caraguatatuba, a mitilicultura teve início nos anos 90, impulsionada por um projeto de extensão pesqueira realizado na Praia da Cocanha pelo Instituto de Pesca – APTA – SAA – SP e Secretaria do Meio Ambiente (SEMA – SP) em parceria com a FAO. Esse projeto estendeu-se até meados daquela

década. A escolha da praia da Cocanha deveu-se às condições ambientais favoráveis, proporcionada pelo abrigo contra a penetração de ondulações e ventos fortes de sul e sudeste, devido à barreira geográfica formada pela ilha de São Sebastião e, localmente, pela presença da ilha da Cocanha e do ilhote de Fora. Em 2000, foi formada uma associação de produtores, a MAPEC – Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha, que passou a organizar os produtores e proporcionar aos mesmos facilidades para desenvolverem os seus cultivos, o que possibilitou a expansão da atividade (FIGURA 1).

Mesmo após o final do projeto IP-SEMA, o Instituto de Pesca continuou a ter importante participação no apoio técnico à mitilicultura e ao ordenamento da atividade na Praia da Cocanha, incluindo a demarcação das áreas em dois parques aquícolas locais (FIGURA 2), que foi iniciada no ano 2000 e concluída em 2006, através do Programa dos Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura (PLDM), coordenado pelos técnicos do Instituto em parceria com a então Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca (SEAP), do Governo Federal. Esse Plano foi o primeiro passo dado para que a regularização das áreas de cultivo pudesse finalmente acontecer, estando atualmente esse processo em fase de conclusão.

A partir de 2007, o Instituto de Pesca passou a ter uma atuação técnica mais presente junto à MAPEC, com o estabelecimento de uma parceria para a realização de pesquisas nos parques aquícolas da Praia da Cocanha. Desde então, alunos e pesquisadores de diversas instituições têm atuado na região, o que ajudou a aperfeiçoar as técnicas de cultivo e melhorar os índices de produtividade dos cultivos, além de divulgar os resultados das pesquisas com as publicações geradas (MARQUES *et al.*, 2008). Em dezembro de 2008 existia nos dois parques uma produção de 16,3 toneladas anuais, com um baixo aproveitamento das áreas de cultivo, (SILVESTRI, 2010). Um relatório elaborado pelo Instituto de Pesca em 2013 estimou uma produção em 2012 de 148.034 kg de mexilhões (GELLI e MARQUES, 2013, não publicado), mas esses dados não são computados nas estatísticas oficiais.

Em abril de 2013, um vazamento de óleo combustível no terminal Almirante Barroso em São Sebastião atingiu as fazendas marinhas da Praia da Cocanha, obrigando os maricultores a suspenderem por completo suas

atividades com a retirada total das estruturas de cultivo e sua substituição por novas. Com isso a produção foi paralisada nos anos de 2013 e 2014, sendo retomada gradualmente a partir de 2015. Segundo dados de GELLI e MARQUES (2013, não publicado), apenas após 6 anos de cultivo os parques poderão atingir novamente a produtividade que apresentavam em 2012.



FIGURA 1 – Foto de satélite dos parques aquícolas da Praia da Cocanha (quadrados amarelos) com o local do experimento e da sede da MAPEC.



FIGURA 2 - Foto dos dois parques aquícolas da Praia da Cocanha, situados na Ilha da Cocanha e no Ilhote de Fora.

1.4. Sistemas e densidades de semeadura

Nos últimos anos ocorreu uma mudança no sistema de cultivo de mexilhões nos estados de São Paulo e Santa Catarina. O sistema tradicional de cultivo em redes tubulares de polietileno vem sendo substituído pelo sistema de cultivo em cordas (FIGURA 3), que tem se mostrado mais econômico e mais produtivo (MARQUES *et al.*, 2012). Além disso, com os avanços registrados no processo de mecanização da mitilicultura, o sistema de cultivo em cordas (FIGURA 4) possibilita a automação das etapas de semeadura e colheita, o que não é possível no sistema tradicional de semeadura em redes.

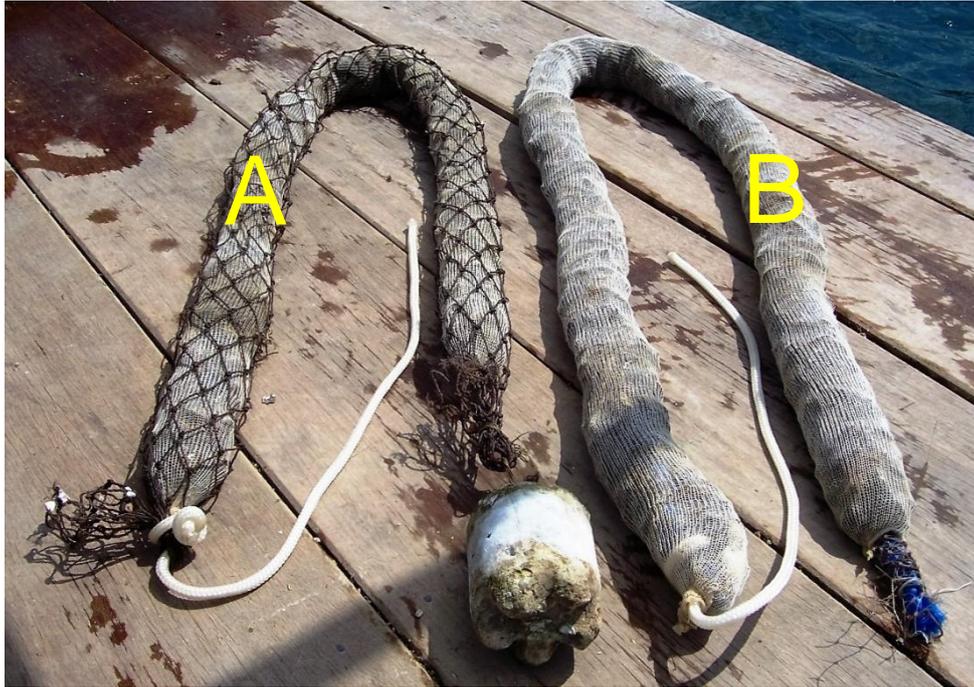


FIGURA 3 - Semeadura feita pelo sistema de rede (A) e pelo sistema de corda (B).



FIGURA 4 - Mexilhões semeados no sistema de corda, em fase de colheita.

No Brasil, como nos demais países tropicais, os mexilhões jovens ou “sementes” utilizadas nos cultivos, não são um recurso abundante. O período reprodutivo da espécie *Perna perna* estende-se por todo o ano, mas com emissões assíncronas de gametas e de baixa intensidade (FERREIRA e MAGALHÃES, 2004) o que faz com que a captação de sementes por meio de coletores lançados no mar, seja restrita a poucos meses do ano e presente

grande variação de ano para ano e de local para local (MARQUES, 1998; BORDON *et al.*, 2011). Por outro lado, a tecnologia de produção de sementes em laboratório encontra-se já dominada (BEDUSCHI *et al.*, 2009), sendo possível a aquisição de larvas para o assentamento remoto nas próprias fazendas de cultivo. Todavia, além da produção estar restrita a um único laboratório, que é o Laboratório de Moluscos da Universidade Federal de Santa Catarina, esse é ainda um processo trabalhoso, requerendo treinamento especializado por parte dos produtores. Por esses motivos essa técnica ainda é pouco adotada.

Seja qual for a fonte das sementes (captação do mar ou produção em laboratório), as mesmas apresentam um custo de produção significativo, existindo no Estado de São Paulo um comércio de sementes em expansão entre os produtores, com preços que variam de R\$ 2,00 a R\$ 2,50 o kg de sementes com 2 a 4 cm de comprimento, o que representa de 20 a 25% do preço dos mexilhões adultos com comprimento acima dos 6 cm (MAPEC, com. pess.). Essa crescente valorização das sementes faz com que práticas anteriormente não seguidas pelos produtores, como o controle da densidade de semeadura (FIGURA 5), passem a ganhar importância cada vez maior.



FIGURA 5 - Sementes e material utilizado no sistema de semeadura em cordas.

Mesmo em outros países, o interesse no uso moderado de sementes é relativamente recente. Apenas na década passada começaram a surgir pesquisas sobre a influência da densidade da sementeira sobre o crescimento dos mexilhões. Uma das hipóteses que motivou essas pesquisas é a de que, com o aumento da densidade populacional, a competição intraespecífica pode vir a causar mortalidade, por meio de um mecanismo auto-regulatório da densidade populacional, que a ajusta aos recursos disponíveis, mecanismo esse conhecido em inglês como “self-thinning” (WESTOBY, 1984).

Assim, para a espécie *Mytilus edulis* cultivada no Canadá, ALUNNO-BRUSCIA *et al.*, (2001) estudaram a influência da densidade sobre a morfometria e a relação peso / comprimento. LAUZON-GUAY *et al.*, (2005a e 2005b) observaram efeitos da densidade sobre a morfologia e sobre crescimento e sobrevivência respectivamente. RAMSAY *et al.*, (2008) pesquisaram o efeito da densidade de sementes sobre o crescimento e a fixação de tunicados nas cordas de cultivo. SÉNÉCHAL *et al.*, (2008) relacionaram três densidades de sementeira com o comportamento dos juvenis e a sua emergência das cordas no início do cultivo. FILGUEIRA *et al.*, (2008) estudaram o mecanismo de “self-thinning” em um estudo de caso com a espécie *Mytilus galloprovincialis* na Espanha. Mais recentemente, CUBILLO *et al.*, (2012a e 2012b) pesquisaram a influência de sete diferentes densidades de sementeira respectivamente sobre a morfologia e sobre o crescimento dessa mesma espécie, também na Espanha.

Para a espécie *Perna perna* cultivada no Brasil, esses estudos estão apenas no início. Alguns autores recomendam, para o sistema de cultivo em redes, densidades que variam de 500 a 750 sementes por metro linear de rede (MARQUES, 1998; MARENZI e BRANCO, 2005). Estudando a densidade de sementeira no sistema de cultivo em redes, BORDON *et al.*, (2016) não encontraram diferença significativa nas biomassas produzidas sob densidades de 300, 400 ou 500 sementes / m (FIGURA 6), concluindo que a densidade de 300 é mais vantajosa em termos econômicos do que 500 sementes por metro.



FIGURA 6 - Densidades 300, 400 e 500 sementes / m testadas no sistema de semeadura em rede.

Para o sistema de cultivo em cordas ainda não existem pesquisas sobre a densidade ideal de semeadura, mas supõe-se que densidades menores que 300 sementes por metro podem vir a ser utilizadas, pelo fato de que, nesse sistema, os mexilhões se fixam principalmente na corda que fica no núcleo do conjunto. No sistema de semeadura em redes, os mexilhões se fixam em sua maior parte uns aos outros e assim grande parte dos mexilhões permanece no núcleo do conjunto, servindo principalmente como substrato de fixação aos demais mexilhões e pouco se desenvolvendo, por ter acesso restrito ao fluxo das correntes e, conseqüentemente, ao alimento (MARQUES, 1998)

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo geral do presente estudo foi determinar a influência de três densidades de semeadura (200, 300 e 400 sementes / m) em diferentes indicadores de desempenho produtivo de mexilhões *Perna perna* cultivados pelo sistema de cordas na Praia de Cocanha, Caraguatatuba (SP) (FIGURA 7).



FIGURA 7 – Cordas de mexilhões semeadas nas três densidades testadas (200, 300 e 400 semente / m, à esquerda) e as mesmas cordas após a colheita (direita).

2.2. Específicos

Como objetivos específicos do trabalho, têm-se:

- a) Avaliar a influência da densidade de semeadura sobre a incidência de organismos incrustantes sobre as cordas de cultivo, incluindo a presença de organismos com potencial valor ornamental.
- b) Avaliar a influência da densidade de semeadura sobre a fixação de novas classes etárias de mexilhões nas cordas de cultivo, o que constitui fonte adicional de sementes para o produtor.
- c) Avaliar a influência da densidade de semeadura sobre os parâmetros zootécnicos de produção de mexilhões (peso e comprimentos médios, peso total, sobrevivência e índice de condição)

3. APRESENTAÇÃO DO ARTIGO

Com a finalidade de publicar os resultados do presente trabalho, foi elaborado o artigo científico intitulado “**Desempenho produtivo do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) cultivado pelo sistema de cordas em diferentes densidades, em Caraguatatuba, SP, Brasil**”, o qual é a seguir apresentado, seguindo as normas para publicação no periódico científico “Journal of the World Aquaculture Society”, classificado com o nível B-1 no Qualis da CAPES para a área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUNNO-BRUSCIA, M.; BOURGET, E.; FRÉCHETTE, M. 2001 Shell allometry and length–mass–density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Marine Ecology Progress Series*, 219: 177-188.

ANDREU, B. 1976 El cultivo del mejillón en Europa. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47 (suplemento): 11-48.

BARDACH, J.E. 1997 Sustainable aquaculture. John Wiley & Sons, New York. 215 p.

BEDUSCHI, P.; MELO, C.M.R.; FERREIRA, J.F. 2009 The influence of techniques of larvae rearing and seed collectors on the survival rate and recovery efficiency of the brown mussel *Perna perna* (L.) in laboratory. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(1): 145-152

BORDON, I.C.A.C.; MARQUES, H.L.A.; ALVES, J.L.; MEDEIROS, A.M.Z. 2011 Settlement of mussel *Perna perna* seed on artificial collectors deployed on sea surface. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 558-563.

BORDON, I.C.A.C.; MARQUES, H.L.A.; ALVES, J.L.; ROSSI, A.; PECORA, I.L. 2016 Influence of densities on the growth of brown mussel *Perna perna* L. cultivated in suspended socks at Caraguatatuba, southeastern Brazil. *Aquaculture International*, 22(2): 541-549.

CASTRO, L.A.B.; YAMANAKA, N.; ARFELLI, C.A.; SECKENDORFF, L.W. 2005 Situação atual da cadeia produtiva de pescado do litoral norte de São Paulo. *Relatórios Técnicos do Instituto de Pesca*, 21: 1-55.

CUBILLO, A.M.; PETEIRO, L.G.; FERNANDÉZ-REIRIZ, M.J.; LABARTA, U. 2012a Density-dependent effects on morphological plasticity of *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Aquaculture*, 338-341: 246-252.

CUBILLO, A.M.; PETEIRO, L.G.; FERNANDÉZ-REIRIZ, M.J.; LABARTA, U. 2012b. Influence of stocking density on growth of mussels *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Aquaculture*, 342-343: 103-111.

FAO - Food and Agriculture Organization 2012. Fishstat Plus (v. 2.32). Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

FAGUNDES, L.; GELLI, V.C.; OTANI, M.N.; MELONI-VICENTE, M.C.; FREDO, C.E. 2004 Perfil sócio-econômico dos mitilicultores do litoral paulista. *Informações Econômicas*, 34(5): 47-59.

FERREIRA, J.F. e MAGALHÃES, A.R.M. 2004 Cultivo de mexilhões. In: POLI, C.R.; POLI, A.T.B.; ANDREATA, E.; BELTRAME, E. Aquicultura - Experiências Brasileiras. Multitarefa, Florianópolis, p. 221-249.

FILGUEIRA, R.; PETEIRO, L.G.; LABARTA, U.; FERNANDÉZ-REIRIZ, M.J., 2008 The self-thinning rule applied to cultured populations in aggregate growth matrices. *Journal of Molluscan Studies* 74: 415-418

GELLI, V.C. e MARQUES, H.L.A. 2013 Análise de produção de mexilhões dos parques aquícolas do mexilhão *Perna perna* do município de Caraguatatuba. Documento não publicado, 6p.

LAUZON-GUAY, J.S.; HAMILTON, D.J.; BARBEAU, M.A. 2005a Effect of mussel density and size on the morphology of blue mussels (*Mytilus edulis*) grown in suspended culture in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture*, 249: 265-274.

LAUZON-GUAY, J.S.; BARBEAU, M.A.; HAMILTON, D.J. 2005b Effects of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture*, 250: 652-665.

MAGALHÃES, A.R.M. 1985. Teor de proteínas do mexilhão *Perna perna* em função do ciclo sexual. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 177p.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura 2012. Boletim Estatístico da Pesca e da Aquicultura 2010, 128 p. Disponível em <<http://www.mpa.gov.br>>. Acesso em 01 jul. 2012.

MARENZI, A.W.C. e BRANCO, J.O. 2005 O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus) (Bivalvia, Mytilidae) em cultivo na Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(2): 394-399.

MARENZI, A.W.C.; FERREIRA, J.F.; MARQUES, H.L.A.; OLIVEIRA NETO F.; MANZONI, G.C. 2008 Cultivo de mexilhão *Perna perna*. In: CHARRID, C. O mexilhão *Perna perna* biologia, ecologia e aplicações. Editora Interciência, Rio de Janeiro. p. 169-182.

MARQUES, H.L.A. 1998 Criação comercial de mexilhões. Nobel, São Paulo, 111p.

MARQUES, H.L.A.; BORDON, I.C.A.C.; ALVES, J.L.; MEDEIROS, A.M.Z. 2008 Produção de mexilhões jovens (sementes) por maricultores da praia da Cocanha, Caraguatatuba, (SP). *Tecnologia & Inovação Agropecuária*, 2: 87-93.

MARQUES, H.L.A.; ALVES, J.L.; BERNADOCHI, L.C.; CARVALHO, L.M.C.; COSTA, M.R. 2012. Comparison between two systems of *Perna perna* mussel seed socking in Caraguatatuba, Sao Paulo State, Brazil. In: AQUA 2012 – World Aquaculture and Aquaculture Europe Meeting, Praga, 1-5 set, Abstracts of AQUA 2012, World Aquaculture Society, Baton Rouge, p. 676.

PILLAY, T.V.R. 1992. Aquaculture and the Environment. Blackwell, Londres. 189 p.

RAMSAY, A.; DAVIDSON, J.; LANDRY, T.; STRYHIN, H. 2008 The effect of mussel seed density on tunicate settlement and growth for the cultured mussel, *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 275 (1-4): 194-200.

SÉNÉCHAL, J.; GRANT, J.; ARCHAMBAULT, M.C. 2008 Experimental manipulation of suspended culture socks: Growth and behavior of juvenile mussels (*Mytilus* spp.). *Journal of Shellfish Research*, 27(4): 811-826

SILVESTRI, F. 2010 Determinação da produção de resíduos sólidos provenientes do cultivo de mexilhões na ilha da Cocanha – Caraguatatuba-SP. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 67 p.

WESTOBY, M. 1984 The self-thinning rule. *Advances in Ecological Research*, 14: 167-225

CAPÍTULO 1

Artigo Científico

**Desempenho produtivo do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758)
cultivado pelo sistema de cordas em diferentes densidades, em
Caraguatatuba, SP, Brasil**

**Productive performance of *Perna perna* mussels (Linnaeus, 1758),
cultured by the rope system, in different densities in Caraguatatuba, SP,
Brazil**

JOSÉ LUIZ ALVES and HELCIO LUIS DE ALMEIDA MARQUES

*Fisheries Institute – Sao Paulo State Agricultural Department, Av. Francisco
Matarazzo 455, 05001-900 Sao Paulo, SP, Brazil*

Abstract

In Brazil, as in other tropical countries, mussel seed are not a plentiful resource, and its scarcity sometimes constitutes an important bottleneck to the mussel farming improvement. Thus, studies on the ideal amount of seed to be used in mussel culture have gained importance in the recent years. This work aims to determine the influence of three seeding densities (200, 300 and 400 seed / m) on different indicators of productive performance of *Perna perna* mussels cultured by the suspended rope system in Cocanha Beach, Caraguatatuba, SP, Brazil. The one-way ANOVA showed no significant differences ($p < 0.05$) among the densities tested with respect to the abundance of ornamental organisms, additional mussel seed associated to the culture ropes, mean mussel weight and length, condition index and survival. As expected, total mussel weight was higher in the greater densities. It is concluded that any of densities can be used in the production system, thus lower densities can be indicated in situations of seed scarcity.

Key words: *Perna perna*, seeding, densities, seed, production

Resumo

No Brasil, como em outros países tropicais, as sementes de mexilhões não são um recurso abundante, e sua escassez por vezes constitui um gargalo para o crescimento da atividade. Assim, estudos sobre a quantidade ideal de sementes a ser empregada nos cultivos têm aumentado nos últimos anos. Este trabalho objetiva determinar a influência de três densidades de semeadura (200, 300 e 400 sementes / m) sobre diferentes indicadores de desempenho produtivo de mexilhões *Perna perna* cultivados pelo sistema de cordas suspensas na Praia da Cocanha, Caraguatatuba, SP, Brasil. A ANOVA não apontou diferenças significativas ($p < 0.05$) entre as densidades testadas, a abundância de organismos ornamentais, sementes adicionais associadas às cordas de cultivo, pesos e comprimentos médios dos mexilhões, índice de condição e sobrevivência. Como esperado, o peso total dos mexilhões foi maior nas maiores densidades. Conclui-se que qualquer das densidades testadas pode ser utilizada no sistema de produção, assim as menores densidades podem ser indicadas em situações de escassez de sementes.

Palavras-chave: *Perna perna*, semeadura, densidades, sementes, produção

Introdução

A produção mundial de mexilhões está em contínua expansão, sendo que em 2010 chegou a 1,7 milhões de toneladas, movimentando 1,5 bilhões de dólares (FAO, 2012). O Brasil produziu 13.723 toneladas da espécie *Perna perna* em 2010, gerando uma receita bruta de 8,9 milhões de dólares (FAO, 2012). Essa produção corresponde a 88% de toda a produção de moluscos bivalves no Brasil (MPA, 2012) e o Estado de Santa Catarina é responsável por 90% da produção nacional; mas outros estados como Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo também possuem cultivos comerciais importantes.

A única espécie cultivada no Brasil é *Perna perna* (Linnaeus, 1758), que apresenta alta rusticidade, tolera bem as variações de temperatura e salinidade, não apresenta enfermidades importantes e se adapta muito bem ao cultivo comercial em estruturas suspensas, (MARQUES, 1998). Nos últimos anos o sistema tradicional de cultivo em redes tubulares vem sendo substituído pelo sistema de cultivo em cordas, que tem se mostrado mais econômico e mais produtivo (MARQUES *et al.*, 2012).

No Brasil, como nos demais países tropicais, os mexilhões jovens ou “sementes” captados no ambiente natural e utilizados nos cultivos, são obtidos em pequenas quantidades em apenas poucos meses do ano e sua captura apresenta grande variação de ano para ano e de local para local (MARQUES, 1998; BORDON *et al.*, 2011). Por outro lado, a tecnologia de produção de sementes em laboratório encontra-se já dominada (BEDUSCHI *et al.*, 2009), sendo possível a aquisição de larvas para o assentamento remoto nas próprias fazendas de cultivo. Seja qual for a fonte das sementes (captura do mar ou produção em laboratório), estas têm um custo significativo, existindo no litoral de São Paulo um crescente comércio de sementes entre os produtores, com preços que variam de R\$ 2,00 a R\$ 2,50 o kg de sementes com 20 a 40 mm de comprimento, o que representa de 20 a 25% do preço dos mexilhões com tamanho comercial (MAPEC, com. pess.). Essa valoração das sementes faz com que práticas anteriormente não seguidas pelos produtores, como a racionalização do uso das sementes, passem a ganhar importância.

Para a espécie *Perna perna*, esses estudos estão apenas no início. Alguns autores recomendam, para o sistema de cultivo em redes, densidades

que variam de 500 a 750 sementes por metro linear de rede (MARQUES, 1998; MARENZI e BRANCO, 2005). Estudando a densidade de semeadura no sistema de cultivo em redes, BORDON *et al.*, (2016) não encontraram diferenças entre as biomassas produzidas nas densidades de 300, 400 ou 500 sementes / m, concluindo que, para aquele sistema, a densidade de 300 é mais vantajosa em termos econômicos do que 500 sementes por metro. Para o sistema de cultivo em cordas ainda não existem pesquisas a respeito, mas supõe-se que densidades menores que 300 sementes por metro podem vir a ser utilizadas, pelo fato de que, nesse sistema, os mexilhões se fixam principalmente na corda que fica no núcleo do conjunto.

Assim, o objetivo geral do presente estudo é determinar a influência de três densidades de semeadura (200, 300 e 400 sementes / m) em diferentes indicadores de desempenho produtivo (abundância de organismos ornamentais e sementes adicionais associadas às cordas de cultivo, pesos e comprimentos médios dos mexilhões, índice de condição e sobrevivência de mexilhões *Perna perna*) cultivados pelo sistema de cordas suspensas na Praia de Cocanha, Caraguatatuba (SP).

Material e métodos

Área de Estudo

Os experimentos foram conduzidos em um long-line de cultivo de mexilhão situado em uma das áreas aquícolas da MAPEC – Associação dos Pescadores e Maricultores da Praia da Cocanha, situadas no município de Caraguatatuba (litoral norte de SP), sob as coordenadas 23°33'45"S e 45°26'15"W. Essas áreas constituem o maior polo produtor de mexilhões *Perna perna* no Estado de São Paulo. A comunidade local de maricultores é formada principalmente por pequenos empresários e familiares de pescadores que encontraram no cultivo do mexilhão uma fonte de renda alternativa à da pesca, hoje em declínio na região.

As áreas aquícolas situam-se em local abrigado contra a penetração de ondulações e ventos fortes de sul e sudeste, devido à barreira geográfica formada pela Ilha de São Sebastião e localmente pela presença da Ilha de

Cocanha e do Ilhote de Fora. A profundidade do local, medida durante a maré baixa de sizígia é de cerca de 5 metros.

Variáveis oceanográficas

Semanalmente foram monitorados, junto ao local dos experimentos, os principais parâmetros ambientais como: a) temperatura da água (por meio de termômetro de coluna de mercúrio), b) salinidade (refratômetro-salinômetro de campo Bernauer), c) transparência (disco de Secchi). A temperatura e a salinidade foram medidas em água coletada a 50 cm de profundidade, com o auxílio de uma garrafa térmica de 5 L.

Mensalmente foi determinado o teor de clorofila-*a*, para estimar a produtividade primária da água da região de cultivo, bem como o teor de sólidos totais em suspensão (STS) (frações matéria orgânica e inorgânica) na água. A água para a determinação da clorofila-*a* e STS foi também coletada a 50 cm de profundidade e filtrada em filtros Millipore AP-20 (clorofila-*a*) e AP-40 (STS, pré-pesados), com o auxílio de uma bomba a vácuo Primatec. Os filtros foram identificados, envoltos em papel alumínio, congelados imediatamente e posteriormente enviados para análise em laboratório, na Unidade Laboratorial de Referência em Limnologia, do Instituto de Pesca em São Paulo, através dos métodos descritos em APHA (2005).

Delineamento experimental

Em outubro de 2014, 12 cordas de 1 m de comprimento cada, semeadas nas densidades de 200, 300 e 400 sementes / m (4 cordas em cada densidade) foram suspensas ao longo de um long line. A semeadura foi feita com mexilhões jovens (sementes) provenientes de coletores artificiais lançados previamente ao mar, medindo $35,9 \pm 6,4$ mm de comprimento médio (maior distância do eixo anterior-posterior do animal), variando entre 25 e 50 mm de comprimento, de acordo com recomendações de MARQUES (1998).

O sistema de semeadura em cordas deste experimento seguiu o protocolo adotado pelos maricultores da Praia da Cocanha, utilizando descartes de redes

de pesca que foram trançados formando cordas de aproximadamente 3 cm de diâmetro e 1 m de comprimento, que foram, juntamente com as sementes, inseridas no interior de uma malha tubular de algodão (MARQUES *et al.*, 2012). As cordas levaram na sua extremidade superior um cabo de polipropileno com 1,5 cm de diâmetro, que tem a função de amarrar o conjunto no cabo principal do long-line.

O experimento teve a duração de 226 dias, com a retirada das cordas em maio de 2015. Em cada corda primeiramente foram retirados os principais organismos incrustantes com interesse para o mercado ornamental e que possuem valor econômico, os quais foram separados por espécie e contados. Em seguida todos os demais organismos incrustantes foram retirados e, juntamente com os ornamentais, foram pesados (peso seco em estufa a 90°C até peso constante), para verificar o efeito da densidade de semeadura sobre a quantidade de incrustações, hipótese levantada por RAMSAY *et al.*, (2008).

Posteriormente todos os mexilhões de cada corda foram manualmente retirados e lavados em água doce corrente. Por análise visual, os mexilhões que se fixaram na corda após o início do cultivo e não atingiram o comprimento mínimo de comercialização de 60 mm (MARQUES, 1998), foram divididos em duas classes: sementes (de 25 a 59 mm) e pré-sementes (menores que 25 mm de comprimento), as quais foram contadas e pesadas em separado. Esses mexilhões são facilmente identificados por não apresentarem marcas nas conchas, que mostram com clareza o crescimento antes e depois do processo de semeadura (MARQUES, 1998).

Os demais mexilhões foram contados e pesados para a determinação do peso médio e do peso total produzido em cada corda. O comprimento médio foi determinado em uma amostra de 20 a 30% do total dos animais, com o auxílio de um paquímetro com 0,1 mm de legibilidade. Em seguida contou-se e pesou-se os mexilhões iguais ou maiores que o comprimento de 60 mm (incluindo os mexilhões que fixaram após o início do cultivo e atingiram o tamanho acima de 60 mm), para determinação do número e peso de mexilhões comerciais. Os mexilhões que não atingiram esse comprimento foram contados e pesados para a determinação do peso não comercial. Para o cálculo da sobrevivência, utilizou-se a seguinte expressão:

$$S = (Nc + Nnc) / Ni$$

onde S é a sobrevivência; Nc é o número de mexilhões comerciais; Nnc é o número de mexilhões não comerciais e Ni é o número inicial de mexilhões da corda.

O índice de condição (relação entre o peso seco dos tecidos e o peso seco total do animal), foi determinado em sub-amostras de 10 mexilhões por corda, com comprimento médio igual ao comprimento médio total com uma variação máxima de ± 2 mm. Os tecidos e as conchas foram secos separadamente em estufa de secagem a 90°C até peso constante (CUBILLO *et al.*, 2012a). Como peso seco total foi considerada a soma dos pesos dos tecidos e das conchas. A fórmula de cálculo do índice de condição segue abaixo:

$$Ic = Pt / (Pt + Pc)$$

onde Ic é o índice de condição; Pt é o peso seco dos tecidos dos mexilhões; Pc é o peso seco das conchas dos mexilhões.

Os dados obtidos para os indicadores descritos acima foram analisados por ANOVA, seguida pelo teste de Tukey-HSD (Honest Significant Difference) para verificar a existência de diferenças estatísticas entre os indicadores nas diferentes densidades testadas. Dados de porcentagem foram submetidos à transformação arco seno $x^{1/2}$. A normalidade e a homocedasticidade das variâncias foram previamente comprovadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett respectivamente (ZAR, 2010). As análises estatísticas foram realizadas no pacote estatístico Toxstat 3.3.

Resultados

Variáveis oceanográficas

As médias mensais da temperatura e salinidade da água do mar no local do experimento estão representadas na Figura 1. Os valores da temperatura durante o período experimental variaram de 21 a 30°C , com média de $25,3 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$. Os valores da salinidade sofreram pouca variação de 35 a 37 g/L com

média de $35,7 \pm 0,6$ g/L. Os valores máximos de temperatura foram registrados nos meses de janeiro a março e os menores nos meses de abril e maio de 2015.

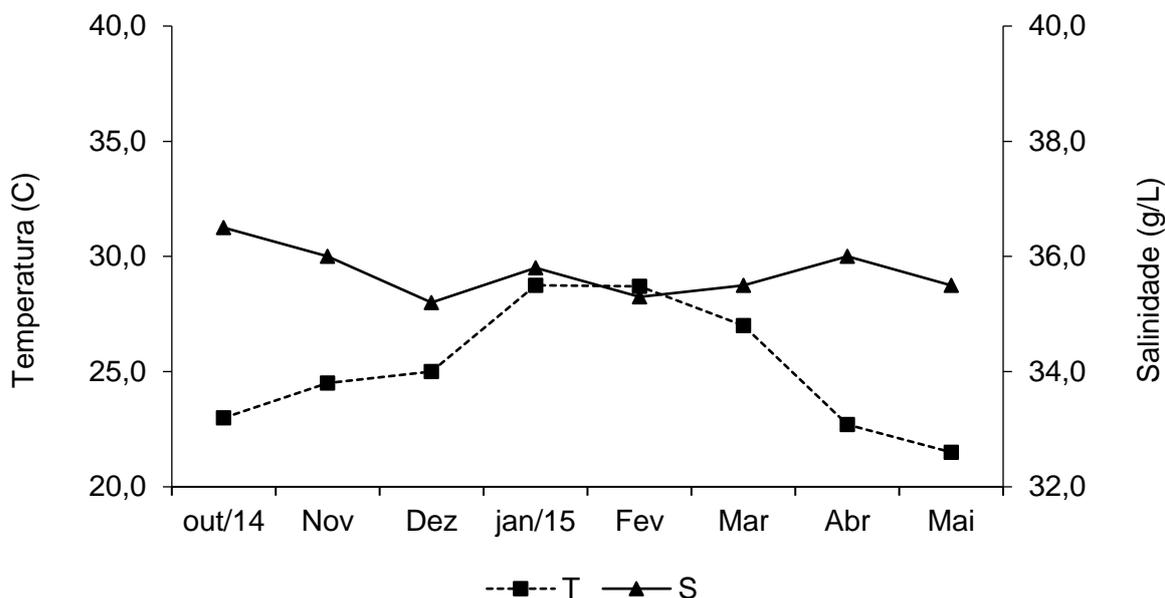


FIGURA 1 – Temperaturas e salinidades médias registradas na região de estudo durante o período experimental.

As médias mensais da transparência da água do mar e dos teores de clorofila-*a* no local do experimento estão representadas na Figura 2. Os valores da transparência variaram de 0,7 a 5,2 m com média de $3,6 \pm 1,2$ m, sendo que os valores mínimos foram registrados nos meses de outubro 2014 e maio de 2015. Os teores de clorofila-*a* variaram pouco durante o período experimental, variando de 0,76 a 1,17 $\mu\text{g/L}$, com média de $0,96 \pm 0,1$ $\mu\text{g/L}$.

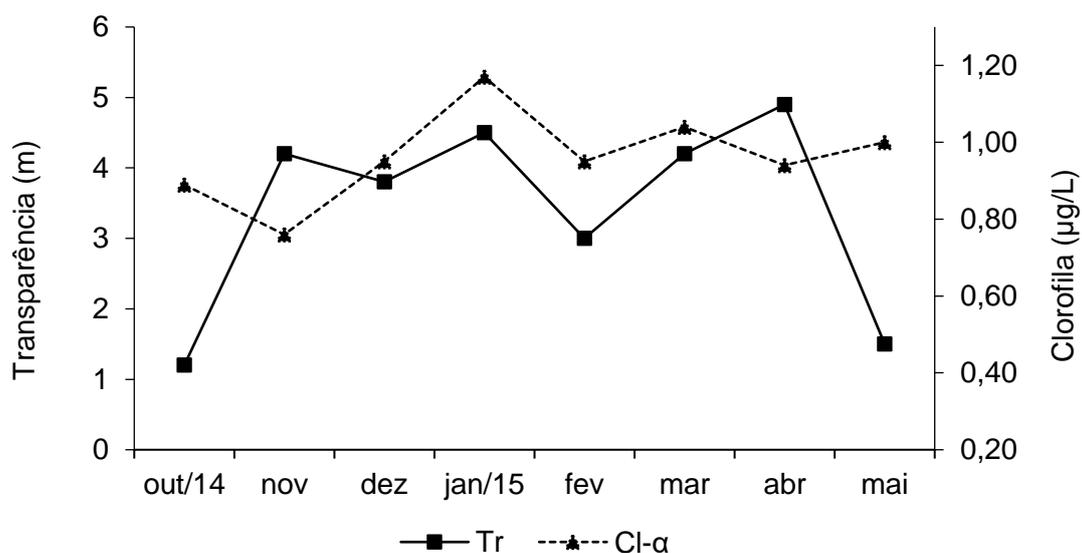


FIGURA 2 – Médias mensais da transparência e clorofila-*a* registradas na região de estudo durante o período experimental.

As médias mensais dos teores de matéria orgânica e inorgânica da água do mar no local do experimento estão representadas na Figura 3. Os teores da matéria orgânica durante o período experimental variaram de 16,3 a 19,5 mg/L com média de $17,7 \pm 1,1$ mg/L. Os teores da matéria inorgânica variaram de 3,25 a 5,60 mg/L com média de $4,1 \pm 0,7$ mg/L. Ambos os teores apresentaram valores mínimos nos meses de verão (janeiro a março).

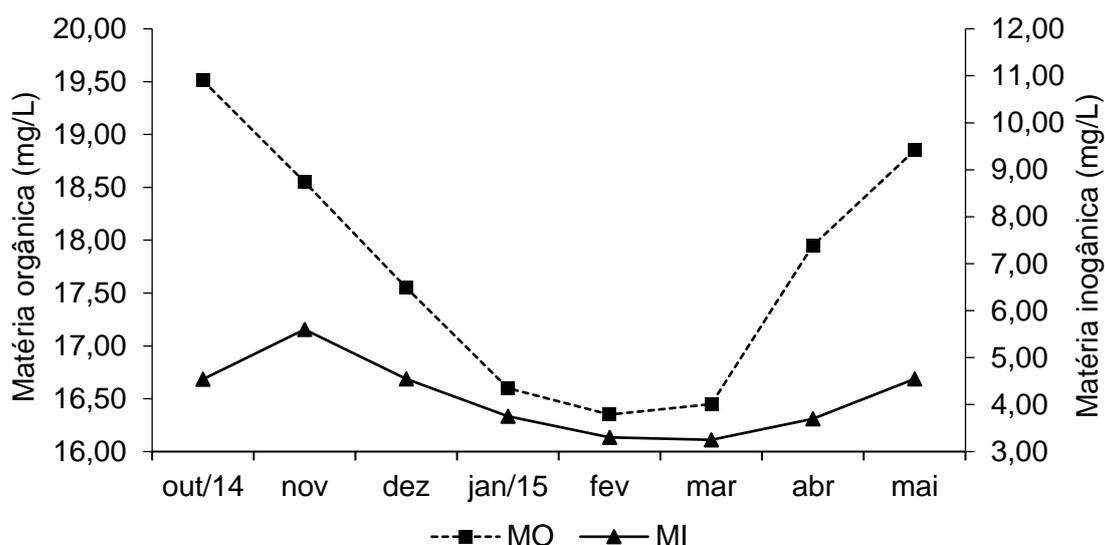


FIGURA 3 – Teores de matéria orgânica e inorgânica da água do mar registrados na região de estudo durante o período experimental.

Indicadores zootécnicos

Os organismos de interesse ornamental incrustados nas cordas de cultivo em sua quase totalidade pertenceram a quatro espécies, duas ascídias da família Pyuridae (*Herdmania pallida* Heller, 1878 e *Microcosmus exasperatus* Heller 1878), uma ascídia da família Stelyidae (*Phallusia nigra* Savigny, 1816) e um poliqueta da família Sabellidae (*Branchioma luctuosum* Grube, 1969). Além dessas foram registradas, ao longo de todo o experimento, 4 anêmonas da família Actinidae (espécie *Bunodosoma caissarum* Correa, 1964).

A Tabela 1 mostra as espécies de organismos ornamentais mais frequentes encontrados nas cordas semeadas nas três densidades de semeadura testadas, com as respectivas abundâncias. Não houve diferença significativa entre as abundâncias de todas as espécies agrupadas e registradas

nas três densidades (N = 12, F = 0,063, p>0.05). As ascídias *H. pallida* predominaram sobre as demais espécies, com uma abundância superior à das demais espécies juntas.

TABELA 1 – Abundância dos organismos ornamentais (média ± DP) presentes nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas.

| Organismos / Densidade | 200 / m | 300 / m | 400 / m |
|--------------------------------|------------|------------|-------------|
| <i>Herdmania pallida</i> | 4,8 ± 4,6 | 11,2 ± 9,0 | 8,5 ± 6,4 |
| <i>Microcosmus exasperatus</i> | 2,5 ± 2,5 | 2,0 ± 1,8 | 3,2 ± 0,5 |
| <i>Phallusia nigra</i> | 1,3 ± 1,2 | 1,3 ± 0,9 | 1 ± 0,8 |
| <i>Branchioma luctuosum</i> | 1 ± 0,8 | 1,5 ± 1,3 | 2 ± 0,8 |
| Total | 13,2 ± 2,9 | 17,3 ± 9,0 | 18,3 ± 6,10 |

A Tabela 2 mostra os pesos secos das incrustações e o número de pré-sementes e sementes registrados nas cordas nas três densidades testadas. Não houve diferença significativa entre esses valores para as densidades testadas (N = 12; valores de F respectivamente de 0,445, 1,456 e 1,654; p>0,05). O peso seco médio das incrustações registrado nas cordas de mexilhões foi de 773,4 g e as quantidades médias de pré-sementes e sementes foram respectivamente 36,4 e 32,6 indivíduos. Isso significa que, em média, cada metro de corda de cultivo forneceu de 11 a 12% das sementes necessárias (300) para semear uma nova corda com 1 m de comprimento. Apesar das cordas semeadas na densidade de 400 / m terem registrado o dobro das sementes registradas na densidade de 300 / m, essa diferença não foi significativa, provavelmente devido à alta variabilidade das médias.

TABELA 2 – Pesos secos das incrustações e abundância de pré-sementes e sementes (médias \pm DP) registrados nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas.

| Indicador / Densidade | 200 / m | 300 / m | 400 / m |
|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Peso seco das incrustações (g) | 637,1 \pm 91,6 | 849,3 \pm 128,2 | 833,9 \pm 594,2 |
| Abundância de pré-sementes | 30,5 \pm 9,6 | 33,5 \pm 7,9 | 45,2 \pm 19,9 |
| Abundância de sementes | 36,0 \pm 24,5 | 20,8 \pm 9,3 | 41,2 \pm 28,3 |

A Tabela 3 mostra os comprimentos médios, pesos vivos totais, pesos de mexilhões comerciais, pesos de mexilhões não comerciais, pesos vivos médios, pesos desidratados médios, sobrevivência e índice de condição registrados nas três densidades. Houve diferença significativa apenas entre os pesos totais e comerciais registrados nas densidades testadas (N = 12; F = 53,0 e 38,1 respectivamente e $p < 0.05$), sendo que os demais indicadores não apresentaram variação significativa entre as densidades (N = 12; F = 0,91; 1,23; 0,95; 0,98; 1,11 e 0,47; $p > 0.05$)

TABELA 3 – Comprimentos médios, pesos vivos totais, pesos de mexilhões com comprimento comercial e não comercial, peso vivo médio e peso desidratado médio, sobrevivências e índices de condição (médias \pm DP) registrados nas cordas de mexilhões cultivados nas três densidades testadas. Letras diferentes sobrescritas às médias indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

| Indicador | 200 / m | 300 / m | 400 / m |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Comprimento médio (mm) | 72,2 \pm 1,94 | 71,0 \pm 2,41 | 72,1 \pm 2,66 |
| Peso vivo total (g) | 3.656 \pm 317 ^a | 5.716 \pm 612 ^b | 7.054 \pm 433 ^c |
| Peso comercial (g) | 3.579 \pm 320 ^a | 5.560 \pm 692 ^b | 6.826 \pm 512 ^c |
| Peso não comercial (g) | 76,0 \pm 47,6 | 156,2 \pm 81,4 | 227,5 \pm 140,5 |
| Peso vivo médio (g) | 30,2 \pm 2,0 | 28,6 \pm 2,1 | 30,10 \pm 2,8 |
| Peso desidratado médio (g) | 19,4 \pm 7,7 | 18,8 \pm 7,8 | 17,3 \pm 3,2 |
| Sobrevivência (%) | 60,0 \pm 9,7 | 66,3 \pm 1,9 | 61,2 \pm 4,3 |
| Índice de condição (%) | 14,4 \pm 4,8 | 15,4 \pm 3,4 | 13,9 \pm 10,7 |

Discussão

Os valores médios de temperatura e salinidade observados durante o experimento situaram-se dentro das condições adequadas ao bom desenvolvimento dos mexilhões (SALOMÃO *et al.*, 1980; HENRIQUES, 2004). Valores semelhantes e com padrão de variação parecido foram encontrados em outros experimentos com o cultivo dessa espécie na mesma região (MARQUES *et al.*, 1998, BORDON *et al.*, 2011).

Os valores de transparência e clorofila-*a* também se assemelham aos encontrados em trabalhos anteriores realizados na região (BORDON *et al.*, 2011; BERNADOCHI *et al.*, 2016). Os baixos teores de clorofila-*a* confirmam a característica oligotrófica da região do litoral norte de São Paulo, como já foi observado por CASTRO FILHO e MIRANDA (1998). Contudo, segundo TEIXEIRA (1979), a característica oligotrófica da água de uma determinada região não significa necessariamente indisponibilidade de alimento para os organismos marinhos que nela vivem, devido à grande atividade reprodutora do plâncton, principalmente nos meses mais quentes do ano. Além disso, a presença de altos teores de matéria orgânica em suspensão como os observados no presente trabalho (entre 70 e 80% do teor de STS), pode em parte compensar a baixa produtividade primária, disponibilizando alimento para a produção de fitoplâncton e para os próprios mexilhões.

Os organismos ornamentais associados às cordas de cultivo do presente experimento foram também observados em um experimento realizado anteriormente na mesma região por CARVALHO (2013). Essa autora, no entanto, observou uma maior variedade de espécies ornamentais, talvez pelo fato de seu experimento ter sido realizado ao longo de 18 meses, e não apenas em um determinado período do ano como o presente. A importância da ocorrência de organismos ornamentais em cordas de cultivo de mexilhões é explicada pela mesma autora, que informa que a venda dos organismos ornamentais retirados das cordas de cultivo poderia agregar um valor ao cultivo da ordem de 22,2% da receita bruta obtida com a venda dos mexilhões.

A maior densidade de cultivo não resultou em maior quantidade de incrustações nas cordas, o que poderia ser esperado pela maior disponibilidade

de espaço para a incrustação. Trabalhando no Canadá, RAMSAY *et al.*, (2008) encontraram maior quantidade de tunicados das espécies *Styela clava* e *Ciona intestinalis* em cordas com maior densidade de mexilhões. A quantidade de incrustações verificada no presente trabalho foi menor do que a verificada por MARENZI (1992) em Santa Catarina, que registrou biomassa de incrustações correspondente a aproximadamente 30% do peso total das redes após 8 meses de cultivo. No presente estudo essa porcentagem chegou a no máximo 17,4% (densidade de 200 / m), sendo que nas demais densidades foi de 14,9% (densidade 300) e 11,8% (densidade 400). Essa discrepância pode ter sido ocasionada pelas diferenças ambientais entre as duas regiões e mesmo pelas diferentes épocas de realização dos experimentos, mas de qualquer forma verificou-se uma tendência à redução das porcentagens com o aumento da densidade de sementeira.

A intensidade de fixação de novas sementes de mexilhões sobre as cordas de cultivo é desejável, por constituir fonte adicional de sementes para o produtor. No presente experimento as densidades maiores não resultaram em maior assentamento de sementes nas cordas de cultivo. Não foram encontrados, na literatura revisada, artigos que mencionem a quantidade de sementes e pré-sementes registradas em cordas de cultivo de mexilhões, mas em observações em cultivos na região da Praia da Cocanha em anos anteriores foram registradas quantidades de sementes e pré-sementes de até 200 indivíduos por metro de corda. Esse fato causa surpresa, uma vez que o presente experimento foi realizado no período de outubro a maio, abrangendo, portanto, uma época de grande presença de larvas no plâncton devido à atividade reprodutora dos animais verificada na primavera. A esse respeito porém, MARQUES (1998) assinala que a fixação de sementes em diferentes substratos varia consideravelmente de ano para ano, o que pode explicar essa diferença. Além disso, no ano de realização do trabalho, a fazenda encontrava-se totalmente desativada em virtude de um derramamento de petróleo ocorrido um ano antes, diminuindo em muito a quantidade de larvas de mexilhões no plâncton.

A maior produção total de mexilhões verificada nas cordas com maior densidade de sementeira já era esperada devido ao maior número de animais semeados. Esse fato também foi registrado por outros autores como CUBILLO *et al.*, (2012a), que verificaram maior produção total para mexilhões com maior

densidade em cultivos realizados com 220 a 500 mexilhões / m na Espanha, bem como SÉNÉCHAL *et al.*, (2008) que trabalharam com 400 e 800 animais / m no Canadá. No presente experimento, apesar de apresentar maior produção, a densidade de 400 / m não registrou o dobro da produção da de 200 / m. Com relação à produção de mexilhões comerciais, que é a que efetivamente interessa ao produtor pela possibilidade de lucro imediato, a relação produção / 100 sementes foi maior para a densidade de 300 / m (1853 g), contra (1790 g) para a densidade 200 e (1707 g) para a densidade 400.

Os resultados de crescimento em comprimento e peso médios obtidos neste experimento concordam com os obtidos por outros autores (LAUZON-GUAY *et al.*, 2005; SÉNÉCHAL *et al.*, 2008), que observaram influência da densidade sobre o crescimento de *Mytilus edulis* apenas nos casos de densidades muito altas (maiores que 800 / m). FUENTES *et al.*, (2000) explica que os mexilhões são animais naturalmente gregários e assim estão adaptados ao crescimento em condições de superpopulação. Em concordância com essa hipótese, CUBILLO *et al.*, (2012a) encontraram diferenças entre indicadores de crescimento de mexilhões *Mytilus galloprovincialis* apenas entre densidades extremas de cultivo (220 e 1150 / m), não diferindo quando compararam densidades entre 200 e 800 / m. Aparentemente esse comportamento também ocorre para *Perna perna*, como demonstraram os resultados aqui apresentados e os obtidos por BORDON *et al.*, (2016) em Caraguatatuba (SP), que também não encontraram diferenças entre crescimento em peso entre as densidades de 300, 400 e 500 / m para a mesma espécie. Também LEITE (2007) não encontrou diferenças significativas entre comprimento e produtividade de mexilhões *Perna perna* cultivados a 300 e 500 / m em Santa Catarina.

Com relação à sobrevivência, apesar dos resultados não terem sido significativamente diferentes, houve uma tendência de maior sobrevivência para a densidade de 300 / m, que pode indicar um melhor desempenho dos mexilhões nessa densidade. Os valores de sobrevivências registrados neste experimento foram semelhantes aos registrados em outros experimentos realizados na mesma região (MARQUES *et al.*, 1998 e BORDON *et al.*, 2016). Trabalhando com densidades bem mais elevadas do que as deste trabalho, CUBILLO *et al.*, (2012b) observaram uma relação inversa entre densidade e sobrevivência apenas para densidades maiores que 500 / m.

A influência da densidade de cultivo sobre a quantidade de tecidos dos mexilhões, expressa pelo índice de condição também não foi notada por CUBILLO *et al.*, (2012b), mesmo entre densidades extremas como 220 e 1150 / m. Por sua vez, WAITE *et al.*, (2005) consideram o índice de condição um fraco indicador de estresse em mexilhões, já que o mesmo está grandemente associado ao ciclo reprodutivo da espécie e às flutuações da disponibilidade de alimento, podendo mascarar efeitos de alta densidade.

De uma maneira geral o presente trabalho esclareceu dúvidas existentes sobre a viabilidade de cultivar mexilhões *Perna perna* em baixas densidades, o que pode ser vantajoso em situações de escassez de sementes. Todavia estudos econômicos devem ser realizados para verificar se há vantagem em reduzir a densidade de cultivo para 200 / m, já que nesse caso o espaço disponível em long-lines pode ser reduzido pela necessidade do aumento de número de cordas de cultivo.

Conclusão

As densidades de semeadura testadas no presente trabalho (200, 300 e 400 mexilhões / m) não apresentaram diferenças significativas quanto aos principais indicadores zootécnicos estudados. Porém o uso de densidades menores evita o desperdício de sementes, podendo ser recomendada em situações de escassez de sementes.

Por ser um trabalho pioneiro utilizando o sistema de cordas, mais estudos deverão ser realizados para testar outras densidades e em épocas diferentes do ano. Também seriam necessários estudos para verificar a viabilidade econômicas das densidades testadas.

Agradecimentos

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de mestrado concedida.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio concedido à realização deste projeto (processo 2012/51762-5).

Literatura citada

APHA – American Public Health Association 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20^a ed. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, DC.

BEDUSCHI, P.; MELO, C.M.R.; FERREIRA, J.F. 2009 The influence of techniques of larvae rearing and seed collectors on the survival rate and recovery efficiency of the brown mussel *Perna perna* (L.) in laboratory. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(1): 145-152.

BERNADOCHI, L.C.; ALVES, J.L.; MARQUES, H.L.A. 2016 Settlement of juveniles of pearl oyster (*Pinctada imbricata*) on artificial collectors in Caraguatatuba, Sao Paulo, Brasil. *Aquaculture Research*, 47(2): 424-432.

BORDON, I.C.A.C.; MARQUES, H.L.A.; ALVES, J.L.; MEDEIROS, A.M.Z. 2011 Settlement of mussel *Perna perna* seed on artificial collectors deployed on sea surface. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 558-563.

BORDON, I.C.A.C.; MARQUES, H.L.A.; ALVES, J.L.; ROSSI, A.; PECORA, I.L. 2016 Influence of densities on the growth of brown mussel *Perna perna* L. cultivated in suspended socks at Caraguatatuba, southeastern Brazil. *Aquaculture International*, 22(2): 541-549.

CARVALHO, L.M.C. 2013 *Ocorrência de invertebrados marinhos ornamentais em coletores artificiais e cordas de mexilhão Perna perna (Linnaeus, 1758) em Caraguatatuba, Sudeste do Brasil*. Dissertação de mestrado, Instituto de Pesca, Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SP), 60 p.

CASTRO FILHO B.M. and MIRANDA L.B. 1998 Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S costal segment (40W). In: *The Sea* (ed. by A.R. Robinson & K.H. Brink), Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, pp. 209–251.

CUBILLO, A.M.; PETEIRO, L.G.; FERNÁNDEZ-REIRIZ, M.J.; LABARTA, U. 2012a Density-dependent effects on morphological plasticity of *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Aquaculture*, 338-341: 246-252.

CUBILLO, A.M.; PETEIRO, L.G.; FERNANDEZ-REIRIZ, M.J.; LABARTA, U. 2012b Influence of stocking density on growth of mussels *Mytilus galloprovincialis* in suspended culture. *Aquaculture*, 342-343: 103-111.

FAO - Food and Agriculture Organization 2012 Fishstat Plus (v. 2.32). Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

FUENTES, J.; GREGORIO, V.; GIRÁLDEZ, R.; MOLARES, J. 2000 Within-raft variability of the growth rate of mussels, *Mytilus galloprovincialis*, cultivated in the Ria de Arousa (NW Spain). *Aquaculture* 189: 39-52.

HENRIQUES, M.B. 2004. *Resistência do mexilhão Perna Perna (Linnaeus, 1758) proveniente de bancos naturais da Baixada Santista, a variações de temperatura, salinidade, tempo de exposição ao ar e determinação da incidência de parasitismo*. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 103 p.

LAUZON-GUAY, J.S.; BARBEAU, M.A.; HAMILTON, D.J. 2005 Effects of seed size and density on growth, tissue-to-shell ratio and survival of cultivated mussels (*Mytilus edulis*) in Prince Edward Island, Canada. *Aquaculture* 250: 652-665.

LEITE, L.A. 2007 *Influência da predação, parasitismo e densidades de sementes nas perdas de mexilhões Perna perna (L., 1758), cultivados na Baía do Norte da Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 39 p.

MPA – MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA 2012 Boletim Estatístico da Pesca e da Aquicultura 2010, 128 p. Disponível em www.mpa.gov.br. Acesso em 01.07.2012.

MARENZI, A.W.C. 1992 *Aspectos biológicos e econômicos do cultivo de mexilhões Perna perna (L., 1758) (Mollusca: Bivalvia), no litoral centro-norte catarinense*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, 74 p.

MARENZI, A.W.C. e BRANCO, J.O. 2005 O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus) (Bivalvia, Mytilidae) em cultivo na Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(2): 394-399.

MARQUES, H.L.A. 1998 *Criação comercial de mexilhões*. Ed. Nobel, São Paulo, 111p.

MARQUES, H.L.A.; PEREIRA, R.T.L., CORREA, B.C. 1998 Seasonal variation in growth and yield of the brown mussel *Perna perna* (L.) cultured in Ubatuba, Brazil. *Aquaculture*, 169: 263-273.

MARQUES, H.L.A., ALVES, J.L., BERNADOCHI, L.C., CARVALHO, L.M.C., COSTA, M.R. 2012 Comparison between two systems of *Perna perna* mussel seed socking in Caraguatatuba, Sao Paulo State, Brazil. In: AQUA 2012 – World

Aquaculture and Aquaculture Europe Meeting, Praga, 1-5 set, Abstracts of AQUA 2012, Baton Rouge, p. 676.

RAMSAY, A.; DAVIDSON, J.; LANDRY, T.; STRYHIN, H., 2008 The effect of mussel seed density on tunicate settlement and growth for the cultured mussel, *Mytilus edulis*. *Aquaculture* 275(1-4): 194-200.

SALOMÃO, L.C., MAGALHÃES, A.R.M., LUNETTA, J.E. 1980 Influência da salinidade na sobrevivência de *Perna perna* (Mollusca: Bivalvia). *Boletim de Fisiologia Animal*, 4: 143-152.

SÉNÉCHAL, J., GRANT, J., ARCHAMBAULT, M.C. 2008 Experimental manipulation of suspended culture socks: Growth and behavior of juvenile mussels (*Mytilus* spp.). *Journal of Shellfish Research* 27(4): 811-826.

TEIXEIRA, C. 1979 Produção primária e algumas considerações ecológicas da região de Ubatuba (Lat.23°30'S – Long. 45°06'W), Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico São Paulo* 28 (2): 23-28.

WAITE, L.; GRANT, J.; DAVIDSON, J., 2005 Bay-scale spatial growth variation of mussels *Mytilus edulis* in suspended culture, Prince Edward Island, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 297: 157-67.

ZAR, J.H., 2010. *Biostatistical Analysis*, 4^a ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de mexilhões é uma modalidade de aquicultura que se caracteriza pela grande sustentabilidade, devido ao baixo impacto ambiental que provoca. No entanto, para que essa sustentabilidade seja plena, é necessário que a obtenção dos jovens ou sementes se dê através da produção ou captação na natureza, e nunca pela extração a partir dos bancos naturais.

A redução do número de sementes utilizadas nos cultivos é um fator importante de aumento da sustentabilidade. A densidade de semeadura não pode ser excessiva, pois causa a perda de um grande número de animais ao longo do cultivo, refletindo em desperdício de sementes. Por outro lado as densidades muito baixas causam um sub aproveitamento das estruturas de cultivo pela necessidade de semear mais cordas do que seria preciso se forem utilizadas densidades adequadas.

O presente trabalho apresentou resultados pioneiros no Brasil com relação à pesquisa com densidades adequadas de semeadura para o sistema de cultivo em cordas. No entanto, alguns aspectos estudados foram prejudicados por um derramamento de petróleo ocorrido meses antes do início dos trabalhos, o que acarretou a retirada de todas as estruturas de cultivo existentes no parque, já que as mesmas foram afetadas pelo óleo. Com isso as condições ambientais nas quais o trabalho foi realizado, diferiram bastante daquelas existentes na época em que o parque aquícola estava em pleno funcionamento.

Com isso, sugere-se que novas pesquisas similares sejam realizadas em fazendas de mexilhões em plena atividade, para verificar principalmente a fixação de incrustantes e de novas classes etárias de sementes nas cordas, em função da densidade de semeadura, já que essa fixação é bastante estimulada pela existência de cultivos nas cercanias do local experimental, devido à intensa produção de larvas de organismos incrustantes e de mexilhões.

Também sugere-se que estudos econômicos sejam realizados com a finalidade de estabelecer com maior segurança a densidade de semeadura adequada ao sistema de cultivo aqui utilizado.