

Priscila Costa Rezende Rodrigues

Pré-berçário de camarão branco do Pacífico: avaliação de substratos artificiais e densidades de estocagem

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Edegar Roberto Andreatta
Coorientador: Felipe do Nascimento Vieira

Florianópolis
2015

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

Rezende, Priscila Costa

Pré-berçário de camarão branco do Pacífico: avaliação de substratos artificiais e densidades de estocagem / Priscila Costa Rezende ; orientador, Edemar Roberto Andreatta ; coorientador, Felipe do Nascimento Vieira. - Florianópolis, SC, 2015.

79 p.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Litopenaeus vannamei. 3. Sistema de bioflocos. I. Andreatta, Edemar Roberto . II. Vieira, Felipe do Nascimento . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Pré-berçário de camarão branco do Pacífico: avaliação de substratos artificiais e densidades de estocagem

Por

PRISCILA COSTA REZENDE

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coordenador do Programa

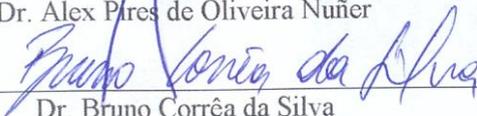
Banca Examinadora:



Dr. Edemar Roberto Andreatta – *Orientador*



Dr. Alex Pires de Oliveira Nuñez



Dr. Bruno Corrêa da Silva



Dr. Sérgio Winckler da Costa

AGRADECIMENTOS

Hoje mais um sonho se realiza, mais uma etapa da vida se completa, só que nada disso eu teria conseguido sem essas pessoas. Por isso sinto-me na obrigação de agradecê-las.

Agradeço a Deus pelo fato de me dar o dom da vida e discernimento para a realização e conclusão de mais essa etapa profissional.

Aos meus filhos Ruan e Maria Clara, representando um pedaço de mim, sendo eles a razão maior da minha vida, afinal minha luta diária consiste em tornar o futuro deles melhor. Mamãe pede desculpa pelas ausências. Sou muito grata a Deus por essas duas dádivas que foram enviadas a mim como um presente, que me dão forças para continuar.

Aos meus pais, Heliane C. Rezende e José M. Rezende pessoas essenciais em minha vida, pelo amor incondicional, dedicação e por todo o esforço dado para que eu me tornasse um ser melhor ao longo de minha vida. Obrigado por sempre me apoiar em todas as minhas decisões e por sempre acreditarem que eu era capaz.

As minhas irmãs, Caroline e Izabela, minhas cúmplices e confidentes, pela amizade e carinho que cultuamos, por me escutarem e me apoiarem em todos os momentos.

Aos meus sobrinhos Rauan, Victória e Cauê, que em nossos encontros me proporciona momentos de carinho e muita descontração.

Ao meu marido Ivanderson Barbosa, por todo amor e paciência, sendo a pessoa na qual sempre pude contar, me ajudando nos momentos mais difíceis de minha vida, me dando força e coragem para continuar, sendo o meu maior incentivador.

Aos amigos que conquistei ao longo do curso, Hortência, Lincoln, Tamiris, Fernanda, Norha, Delano, Cris, Esmeralda, Marcela, entre diversos outros. Nossas conversas informais no LCM me levaram a um aprendizado que nenhuma instituição poderia proporcionar.

Ao meu orientador, Roberto Edermar Andreatta e co-orientador Felipe do Nascimento Vieira, por todo o apoio, conhecimento e pela confiança em mim depositada ao assumir a orientação e co-orientação.

Aos funcionários e amigos do LCM, em especial David, Ilson, Carlos Miranda, Carlos Manoel e Dimas, por toda ajuda e diversão na hora do trabalho duro.

Ao LAPMAR, pelo auxílio nas análises morfométricas. Ao Carlito, pela prestatividade na secretaria da PGAQI.

A CAPES e CNPQ, pelo apoio financeiro para a realização dos

estudos.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo contribuir com o desenvolvimento de um pacote tecnológico de pré-berçário de camarão marinho com uso da bioflocos sem renovação de água. O estudo foi dividido em dois experimentos: primeiramente avaliou-se diferentes substratos artificiais (tela de mosquiteiro, Bidim[®] e Needlona[®]), elegendo aquele com melhores características para o cultivo em pré-berçário. Posteriormente avaliou-se o melhor substrato artificial, em cinco densidades de estocagem (80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹), estabelecendo assim a capacidade de suporte do sistema. Em ambos experimentos os tanques foram povoados com pós-larvas no estágio 5, sendo conduzido até as pós-larvas atingirem o estágio 20. No primeiro experimento, a Needlona[®] apresentou a melhor taxa de sobrevivência (91%±11,6%) e reduziu os sólidos suspensos totais em 42%, em relação ao controle. Quando avaliadas as densidades de estocagem, no segundo experimento, os tratamentos entre 80 a 140 pós-larvas L⁻¹ não apresentaram diferença significativa para a sobrevivência. Também não foram observadas diferenças entre o peso e teste de estresse entre os tratamentos. Os dados encontrados apontam que é possível se produzir até 140 pós-larvas L⁻¹ com o uso do substrato artificial Needlona[®] em sistema de bioflocos com bons índices zootécnicos.

Palavras-chave: Aquicultura, *Litopenaeus vannamei*, sistema de bioflocos.

ABSTRACT

This paper aimed to contribute to the development of a marine shrimp pre-nursery technology package using biofloc system without water renewal. The study was divided into two experiments: the first evaluated different artificial substrates (Mosquito net, Bidim[®] and Needlona[®]), choosing one with the best features for cultivation in pre-nursery. The second evaluated different stocking densities (80, 100, 120, 140 and 160 L⁻¹ post-larvae) using the best artificial substrate to establish the system carrying capacity. In both experiments, ponds were stocked with post larvae in stage 5 (PL5) and carried out until the PL reach the stage 20. In the first experiment, Needlona[®] showed the best survival rate (91% ± 11.6%), and fewer total suspended solids 42% compared to the control. When evaluated stocking densities in the second experiment, the treatments between 80-140 L⁻¹ post-larvae showed no significant difference for survival. There were also no differences between the weight and stress test between treatments. These findings show that it is possible to produce up to 140 PL L⁻¹ using Needlona[®] substrate in biofloc system with good performance zootechnical.

Keywords: Aquaculture, *Litopenaeus vannamei*, biofloc system.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PRÉ-BERÇÁRIO	14
1.2	SISTEMA DE CULTIVO EM BIOFLOCOS.....	16
1.3	USO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL NA AQUICULTURA	17
2	JUSTIFICATIVA.....	19
3	HIPÓTESE.....	21
4	OBJETIVOS	23
4.1	OBJETIVO GERAL.....	23
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
5	FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS	25
	ARTIGO 1: Pré-berçário do camarão branco do pacífico em sistema de bioflocos. Parte I: avaliação da utilização de diferentes substratos artificiais.....	22
6	RESUMO.....	28
7	ABSTRACT.....	29
8	INTRODUÇÃO	30
9	MATERIAL E MÉTODOS	31
9.1	MATERIAL BIOLÓGICO	31
9.2	SUBSTRATO ARTIFICIAL	31
9.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	32
9.4	FERTILIZAÇÃO DA ÁGUA	34
9.5	ANÁLISES DE QUALIDADE DE ÁGUA	34
9.6	SOBREVIVÊNCIA FINAL E TESTE DE ESTRESSE.....	34
9.7	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
10	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
10.1	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA	35
10.2	PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS	40
11	CONCLUSÃO	42
12	AGRADECIMENTOS.....	42
13	REFERÊNCIAS	38
	ARTIGO 2: Pré-berçário do camarão branco do pacífico em sistema de bioflocos. Parte II: avaliação de diferentes densidades de estocagem.....	43
14	RESUMO.....	47
15	ABSTRACT.....	48
16	INTRODUÇÃO	49
17	MATERIAL E MÉTODOS	50
17.1	MATERIAL BIOLÓGICO	50

17.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	50
17.3	FERTILIZAÇÃO DA ÁGUA.....	50
17.4	ANÁLISES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	54
17.5	SOBREVIVÊNCIA FINAL E TESTE DE ESTRESSE	54
17.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	48
18	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
19	CONCLUSÃO.....	60
20	AGRADECIMENTOS	60
21	REFERÊNCIAS	60
22	CONCLUSÕES GERAIS.....	64
23	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO	71

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por peixes, crustáceos e outros organismos aquáticos, tem direcionado interesses e investimentos para o desenvolvimento da aquicultura (MAGALHÃES, 2004). A produção mundial de crustáceos cultivados em 2013 chegou a 6.711.764 toneladas, sendo 66% dessa produção de camarões marinhos (4.454.602 t). O *Litopenaeus vannamei* é a espécie mais cultivada com 60% (2.690.295 t) da produção mundial de camarões marinhos (FAO, 2015). Segundo a FAO (2015), o Brasil representa apenas 1% da produção mundial de crustáceos, com 64.769 toneladas, representando o *Litopenaeus vannamei* 99,8% da produção nacional (64.669 toneladas).

O cultivo de camarão marinho, teve seu início no Sudoeste Asiático no século XV, mas somente após pesquisas relacionadas à produção de pós-larvas, no início do século XX (década de 30), foi possível o avanço da criação de camarões em comercial (LUCCHESI, 2003). No Brasil, de acordo com Mole; Bunge (2003), a carcinicultura comercial teve início na década de 1970, baseada em tecnologias importadas, onde o aprimoramento contribuiu para a criação de um pacote tecnológico próprio e adequado para a realidade do país (NATORI et al.,2011).

O *Litopenaeus vannamei* é originária do Oeste da América no oceano Pacífico. Foi introduzido no Brasil, em 1980, demonstrando alta adaptabilidade às condições climáticas brasileiras, devido à sua rusticidade, rapidez no crescimento, ampla faixa de tolerância a salinidade e a sua capacidade em aproveitar dietas com níveis protéicos variando de 20% a 40% (COSTA, 2004). Além de possuir um pacote tecnológico desenvolvido e boa aceitação no mercado (ANDREATTA; BELTRAME, 2004). Contudo, somente em 1990 a indústria brasileira começou a ter representatividade na produção mundial, apresentando rápido crescimento nos estados do nordeste, devido a condições climáticas favoráveis e privilegiada região costeira (CARVALHO, 2011).

O cultivo de camarão marinho dividi-se basicamente em duas fases: reprodução e engorda. De acordo com Rocha (2015), no Brasil, toda origem dos náuplios (primeiro estágio larval dos camarões marinhos) vem das unidades de maturação.

Nos países da América do Sul e Central, o cultivo de camarões é realizado tradicionalmente em viveiros de terra e próximo a regiões costeiras (CHAMBERLAIN, 2010). A renovação de água nos viveiros tem sido a estratégia mais utilizada nas fazendas, para assegurar a

qualidade ambiental dos cultivos, porém, essa prática pode trazer riscos tanto para os cultivos quanto para o ambiente adjacente. Desse modo, a água que é bombeada para os tanques pode servir como vetor de doenças (LIGHTNER, 2005). A água descartada do cultivo, além de poluir o ambiente costeiro (PÁEZ-OSUNA, 2001), pode ser uma fonte potencial de contaminação biológica para os ambientes naturais (HOROWITZ; HOROWITZ, 2002).

Diante das perdas econômicas que a carcinicultura mundial sofre nos últimos anos, devido às doenças virais e as críticas sofridas pelo setor em relação a questão ambiental, o desenvolvimento de novos modelos de cultivo que possam assegurar a sustentabilidade da atividade em longo prazo tornou-se fundamental e vem sendo objetivo de muitas pesquisas. Em diferentes países, centros de pesquisas trabalham no desenvolvimento de novas técnicas de cultivo que possibilite maior biosegurança e o uso mais racional da água. Nessa constante, a procura por novos modelos de produção, o sistema de cultivo com bioflocos tem sido apontado por pesquisadores como uma alternativa viável aos sistemas tradicionais, ocupando menor área de cultivo, utilizando um menor volume de água e com maior biossegurança (HARGREAVES, 2006).

Aliada ao sistema de bioflocos, a técnica de cultivo em pré-berçário pode ser uma solução para o fortalecimento da carcinicultura no país. A produção de pós-larvas de 20 dias, sendo mais resistentes as variações climáticas, no povoamento nos tanques de cultivo, resultando em melhores índices de produção. Nos sistemas de cultivos tradicionais o grande volume de água utilizado, a excessiva descarga de nutrientes no meio ambiente, o uso de extensas e nobres áreas, são alguns dos principais entraves para o desenvolvimento da carcinicultura no país. O sistema de bioflocos entra como uma alternativa para estes problemas. Porém, apesar de grandes perspectivas de aplicação, o uso desse sistema em escala comercial ainda é limitado. Por ser um sistema de cultivo complexo e relativamente recente na aquicultura, informações importantes sobre o seu funcionamento precisam ser determinadas para sua aplicação na indústria.

1.1 *Pré-berçário*

O sistema de pré-berçário é uma fase intermediária do cultivo, entre o laboratório e a fazenda, o qual visa o fornecer aos produtores pós-larvas maiores (a partir de pós-larva 20) e mais resistentes a variações ambientais no cultivo (ANDREATTA; BELTRAME, 2004).

O pré-berçário é indispensável para laboratórios localizados em regiões subtropicais, como o sul do Brasil, onde as condições climáticas podem sofrer grandes variações diárias (temperatura, pluviosidade, etc), o que pode resultar em mortalidades em fazendas povoadas com pós-larvas menores. Adicionalmente, esta etapa do cultivo facilita as observações iniciais da qualidade do estoque de pós-larvas, a fim de reduzir também o estresse ocasionado durante o procedimento de transporte (NUNES, 2015). Estudos realizados com larvas de *Farfantepenaeus duarum* apontam que a PL entre estágio 25 e 35 atingem a máxima capacidade osmorregulatória (CRIALES et al., 2011), aumentando a sobrevivência na fase subsequente de cultivo, de berçário ou no povoamento direto em tanque de cultivo.

Os tanques de pré-berçário podem ser construídos de alvenaria, fibra de vidro ou madeira coberta por geomembrana e possuir forma retangular ou circular. Os tanques circulares são melhores, pois além de possuírem uma circulação mais eficiente, reduz o acúmulo de matéria orgânica, resultando em PL's de melhor qualidade (NUNES, 2015). Estes tanques usualmente possuem volume entre 10-50 m³, com fundo plano de grande área, já que as larvas neste estágio adquirem o hábito bentônico (ANDREATTA, 2012).

No Brasil, o pré-berçário de camarões é realizado em sua maior parte em sistema autotrófico (com inoculação de microalgas – diatomáceas ou clorófitas, podendo ser uma ou a mescla de espécies). Usa-se fertilização e a troca regular da água dos tanques. A transparência da água deve ser mantida entre 15 a 20 cm para o sombreamento e conforto das larvas que são fotossensíveis. Os tanques são mantidos em constante aeração e com temperatura preferencialmente acima de 26° C (SCHVEITZER, 2006). A fase de pré-berçário dura entre 10 a 15 dias, com densidades de estocagem entre 40 a 80 pós-larvas por litro e índices de sobrevivência ao redor de 90%. Após esta fase, as pós-larvas devem ser transferidas para berçários ou para povoamento direto nos tanques de cultivo. A fase de berçário serve para aumentar a eficiência alimentar durante os estágios iniciais de vida e auxiliar nas estimativas de sobrevivência e produção nos viveiros de engorda. Esta fase também permite selecionar os camarões maiores e mais resistentes para a fase de engorda. O período de cultivo dura entre 20 e 30 dias, produzindo juvenis de 0,8 a 1,5 g (NUNES, 2015).

O uso do sistema de bioflocos na fase de pré-berçário pode proporcionar um aumento na densidade de estocagem, resultando em maiores índices produtivos. Podendo também conseguir pós-larvas

maiores, mais uniformes e mais resistentes para as próximas fases de cultivo.

1.2 *Sistema de cultivo em bioflocos*

O controle da qualidade da água em sistemas intensivos com baixa ou zero renovação de água pode ser feito reciclando a água através de filtros biológicos externos ou através do tratamento da água no próprio tanque de cultivo, por meio de comunidades de microorganismos que se desenvolvem naturalmente na água (sistema de bioflocos) (SCHVEITZER, 2012).

A tecnologia de cultivo com bioflocos (*Biofloc Technology* – BFT) foi desenvolvida para controlar principalmente o acúmulo de compostos nitrogenados, que podem ser tóxicos para os organismos cultivados, em sistemas de produção com baixa ou nenhuma renovação de água (AVNIMELECH, 2004; CRAB et al., 2007). Além disso, tem como características a alta densidade de estocagem, intensa aeração e elevada entrada de matéria orgânica (BROWDY et al., 2001). Otoshi (2006), aponta que é possível produzir 1kg de camarão em sistema BFT utilizando 160L de água, enquanto nos sistemas convencionais é necessário de 9.000 a 64.000L de água para atingir essa mesma biomassa (HOPKINS, 1995). Além disso, McAbee et al. (2003) e Otoshi et al. (2007) apontam que é possível utilizar densidades de até 600 camarões m⁻² com rápido crescimento e boa sobrevivência nos cultivos em sistema de bioflocos.

No BFT é imprescindível a utilização de técnicas e o domínio da comunidade bacteriana através do balanceamento da relação Carbono/Nitrogênio (C/N) acima de 10:1 (McINTOSH et al., 2000; BRATVOLD; BROWDY, 2004), as quais são responsáveis pela redução dos compostos orgânicos da água gerados pelas excretas e sobras de ração dos camarões (MONTEIRO, 2008). Neste sistema de cultivo, o acúmulo de matéria orgânica permite a formação de agregados bacterianos, protozoários, metazoários, microalgas, cianobactérias, larvas de invertebrados, fezes, restos de animais mortos e exoesqueletos, os chamados bioflocos (EMERENCIANO et al., 2007; BALLESTER et al., 2007). Estes agregados além de auxiliar na assimilação dos compostos nitrogenados presentes na água de cultivo, gerados principalmente pela excreção e restos de alimento em decomposição (GOMEZ-JIMENEZ et al., 2005), podem contribuir para a nutrição dos camarões marinhos (TACON et al., 2002; CUZON et al., 2004).

Diversos estudos vêm sendo realizados para estabelecer a

capacidade de suporte de BFT na carcinicultura, principalmente na fase de engorda. Contudo, essa capacidade de suporte no pré-berçário ainda não foi determinada. Assim faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que estabeleçam a capacidade de suporte, proporcionando um aumento na produção, em uma menor área de cultivo.

1.3 *Uso de substrato artificial na aquicultura*

O uso dos substratos artificiais é uma das estratégias de manejo empregadas no cultivo de organismos aquáticos com a finalidade de reduzir custos operacionais e aumentar a produtividade (SCHVEITZER, 2012). Esta técnica tem a função de aumentar a superfície do tanque, favorecendo o “aumento da vida nos viveiros” através da colonização microbiana. O uso dos substratos é realizado através da inserção de qualquer material submerso (telas de polietileno e polipropileno, bambus, garrafas plásticas, e produtos comerciais como o "Aquamats"TM) em um sistema de cultivo, resultando na formação de uma complexa camada de organismos aderidos, o perifiton ou biofilme, simulando dessa forma o ambiente natural encontrado por juvenis em sua fase de crescimento (PRIMAVERA; LEBATA, 1995). Carvalho e Uieda (2004) ao compararem a utilização de substrato artificial com substrato natural, verificaram que o substrato artificial também foi apropriado para a colonização por macroinvertebrados, tendo similaridade na estrutura da comunidade natural.

A inserção do substrato artificial em um sistema de cultivo pode resultar no sucesso produtivo, possibilitando acréscimo na densidade de cultivo, auxiliando na melhora dos índices de qualidade de água, podendo também o biofilme formado servir como suplementação alimentar para os organismos cultivados, aumentando dessa forma a biomassa final e conseqüentemente a produtividade do sistema (MOSS; MOSS, 2004).

A utilização de substratos artificiais na carcinicultura tem como objetivo proporcionar: (1) maior área útil no viveiro, diminuindo as perdas por canibalismo e disponibilizando uma maior superfície para o crescimento das algas periféricas (MODESTO; MAIA, 2004); (2) acomodação para os camarões (MODESTO; MAIA, 2004; MOSS; MOSS, 2004); (3) substrato adicional para bactérias nitrificantes (MOSS; MOSS, 2004); e (4) colonização com biota natural, o que pode aumentar a disponibilidade de alimento natural fornecendo uma dieta adequada ao camarão (STUART et al., 2005).

Apesar do uso dos substratos artificiais ser considerado benéfico

para o cultivo de camarões, alguns trabalhos indicam que sua presença nos tanques de cultivo não afetou o desempenho dos animais cultivados (KUMLU; EROLDGAN; SAGLAMTIMUR, 2001; SAMOCHA; LAWRENCE; BIEDENBACH, 1993; SANDIFER; HOPKINS; STOKES, 1987) ou a qualidade da água (AUDELO-NARANJO et al., 2011; SAMOCHA; LAWRENCE; BIEDENBACH, 1993). Porém, Schweitzer (2012), considera que a diversidade de condições experimentais em que os substratos têm sido testados, como espécie cultivada, sistema de cultivo, densidade/biomassa de estocagem, quantidade de substrato, idade e origem das larvas possam interferir nos mecanismos de atuação dos substratos e nos seus efeitos sobre o cultivo.

Sendo assim, estudos com o uso de substrato artificial no pré-berçário em sistema de bioflocos se fazem necessários, podendo ser utilizado para mitigar os potenciais efeitos negativos da alta densidade de estocagem sobre o crescimento de *L. vannamei*.

2 JUSTIFICATIVA

Embora os camarões tolerem certo nível de intensificação no cultivo, o aumento da biomassa de camarões nos sistemas intensivos compromete a qualidade de água, devido ao acúmulo de compostos tóxicos. Diante disso, existe a necessidade de uso de tecnologias, onde se otimize a produção, sem risco de contaminação do sistema de cultivo.

O sistema de bioflocos visa amenizar esses impactos causados pela intensificação da carcinicultura, reduzindo a descarga de efluentes e atingindo altos níveis de produtividade com biossegurança. Este sistema prevê menor renovação de água e aproveitamento dos micro-organismos como alimento, necessitando de menores áreas de cultivo, e menos água do que os sistemas convencionais.

A utilização de substratos artificiais pode incrementar a produção de camarão, através do aumento na densidade de cultivo, o conforto dos animais e a redução das perdas por canibalismo. Além disso, o uso de substratos artificiais em viveiros simula o ambiente natural encontrado por juvenis em sua fase de crescimento – as enseadas estuarinas rasas com pradarias de fanerógamas submersas e raízes do mangue, através da formação de uma complexa camada de organismos aderidos (biofilme ou perifiton).

Durante o levantamento bibliográfico, não foram encontrados estudos com uso de sistema de bioflocos associado ao uso de substrato artificial na fase de pré-berçário de *Litopenaeus vannamei*, havendo a necessidade da criação de um pacote tecnológico dessa fase de cultivo do camarão marinho, contribuindo para o crescimento da carcinicultura no país. Assim, ressalta-se o caráter de ineditismo desse projeto e a importância da realização deste trabalho.

3 HIPÓTESE

A utilização de substratos artificiais no pré-berçário de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos pode resultar no aumento da capacidade suporte do pré-berçário e consequentemente possibilitar o incremento da densidade de estocagem.

4 OBJETIVOS

4.1 *Objetivo geral*

Contribuir com o desenvolvimento de um pacote tecnológico de pré-berçário do camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) em sistema de bioflocos com uso de substratos artificiais.

4.2 *Objetivos específicos*

1. Avaliar o uso de diferentes substratos artificiais (tela de mosquito, Bidim[®] e Needlona[®]) sobre a qualidade de água e desempenho das pós-larvas do camarão branco do Pacífico na fase de pré-berçário em sistema de bioflocos.

2. Avaliar o efeito de diferentes densidades de estocagem (80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹) com o melhor substrato artificial sobre a qualidade de água e desempenho das pós-larvas do camarão branco do Pacífico na fase de pré-berçário em sistema de bioflocos.

5 FORMATAÇÃO DOS ARTIGOS

A dissertação está dividida em três capítulos, onde o primeiro se refere à introdução e revisão de literatura e os demais referentes a dois artigos, formatados de acordo com a revista “*Aquacultural Engineering*”, conceito no Qualis da CAPES A2 na área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros e fator de impacto 1,23.

CAPITULO II

Pré-berçário do camarão branco do pacífico em sistema de bioflocos. Parte I: avaliação da utilização de diferentes substratos artificiais.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Aquicultura, Laboratório de Camarões Marinhos, Servidão dos Coroas número 503, Barra da Lagoa, 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.*priscila.pesca.ufal@hotmail.com

*Artigo formatado de acordo com as normas da revista “*Aquacultural Engineering*”

6 RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes substratos artificiais no pré-berçário do camarão branco do Pacífico, em sistema de bioflocos. As pós-larvas (PL 5 – 80 L⁻¹) foram cultivadas em tanques de 60L, preenchidos com água do mar clorada (35‰), em quatro tratamentos: controle (sem substrato artificial), Bidim[®] (geotêxtil), mosquiteiro (malha de 2 mm) e Needlona[®] (fibra de poliéster). Os substratos foram adicionados aos tanques de forma a acrescentar 100% da área do tanque (0,89m²). Todos os tanques foram inoculados com 6 L de microalgas *Chaetoceros muelleri*, posteriormente, as PLs foram alimentados com ração comercial (nove vezes por dia). O melão foi adicionado em todos os tratamentos, quatro vezes por dia, na relação carbono:nitrogênio de 14,7 a 24:1. O experimento foi realizado até que os PLs atingirem o estágio PL20, durante a qual foi avaliada a qualidade da água, sobrevivência, ganho de peso e teste de estresse. Os parâmetros de qualidade da água se mantiveram dentro dos níveis aceitáveis para o cultivo de camarão, exceto os sólidos suspensos totais nos tanques com tela de mosquiteiro e controle, que apresentou os maiores valores (507 ± 5,50 e 565 ± 23,46), respectivamente. O uso da Needlona[®] como substrato artificial resultou em um maior índice sobrevivência (91% ± 11,6%) e reduziu os sólidos suspensos totais (42%) quando comparado ao tratamento controle. Não foram observadas diferenças significativas para peso final e para o teste de estresse. Entre os substratos avaliados, a Needlona[®] é o mais adequado para o cultivo em pré-berçário de camarão branco do Pacífico em sistema de bioflocos, sendo capaz de manter níveis de sólidos suspensos na água sem o uso de decantadores ou renovação de água e resultando numa maior sobrevivência.

Palavras-chave: *Litopenaeus vannamei*, sistema heterotrófico, pós-larva, teste de estresse, parâmetros zootécnicos.

7 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different artificial substrates in Pacific white shrimp pre-nursery using biofloc system. Post-larvae (PL 5 – 80 L⁻¹) was cultivated in 60 L tanks, filled with chlorinated seawater (35‰), under four treatments: control (no artificial substrate), Bidim[®] (geotextile), mosquito net (2 mm mesh) and Needlona[®] (polyester fiber). The artificial substrate total surface comprised 100% of tank area (0.89 m²). All tanks were inoculated with 6L of microalgae *Chaetoceros muelleri*, and then PLs were fed with commercial feed (nine times a day). Molasses was added in all treatments four times a day, following the carbon:nitrogen ratio of 14.7:1 initially. The experiment was carried out until the PLs reach stage PL20, during which was evaluated the water quality, survival, weight gain and stress susceptibility. The water quality parameters remained within the accepted levels for shrimp cultivation, excepting the total suspended solids in mosquito net treatment and control, which showed the highest values (507±5.50 and 565±23.46 respectively). The use of Needlona[®] as artificial substrate increased the survival rate (91% ± 11.6%) and reduced the total suspended solids (42%) when compared to the control treatment. There were no significant differences in final weight and the stress test. Among the tested substrates, Needlona[®] is the most suitable for Pacific white shrimp pre-nursery in biofloc system, being able to maintain levels of solids suspended in water without the use of decanter or water renovation and resulting in greater survival.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, heterotrophic system, post-larvae, stress test, performance zootechnical.

8 INTRODUÇÃO

O crescimento da carcinicultura marinha está associado ao desenvolvimento tecnológico de laboratórios comerciais de reprodução, que levam ao constante e eficaz fornecimento de pós-larvas em elevada quantidade para as fazendas de engorda de camarões (Browdy, 1998). Neste processo, o sistema de pré-berçário é uma fase do cultivo intermediária entre o laboratório e a fazenda, visando o fornecimento de pós-larvas maiores para os produtores (a partir de pós-larva 20) e mais resistentes a variações ambientais no cultivo (Andreatta e Beltrame, 2004). Estudos realizados com larvas de *Farfantepenaeus duarum* apontam que a PL entre estágio 25 e 35 atinge a máxima capacidade osmorregulatória (Criales et al., 2011), aumentando a sobrevivência na fase subsequente de cultivo, de berçário ou povoamento direto em tanque de cultivo. Assim, a fase de pré-berçário é recomendada em qualquer região, reduzindo a mortalidade em fazendas povoadas com pós-larvas abaixo dessa fase.

No Brasil, o pré-berçário de camarões é realizado em sua maior parte em sistema autotrófico (com inoculação de microalgas), com fertilização e troca regular da água dos tanques. Dessa forma, a água do cultivo sofre renovações periódicas para que ocorra a diluição dos compostos nitrogenados e matéria orgânica, que em excesso podem desestabilizar o sistema de cultivo e predispor as pós-larvas a doenças (Prabhu et al., 1999). Com o intuito de produzir camarões com uma maior biossegurança e diminuição na emissão de efluentes, o sistema de bioflocos vem sendo objeto de estudo. Neste sistema, é imprescindível o domínio da comunidade bacteriana através do balanceamento da relação Carbono/Nitrogênio (C/N) acima de 10:1 (McIntosh et al., 2000; Bratvold e Browdy, 2004). Assim, ocorre a formação de agregados constituídos de bactérias, protozoários, metazoários, microalgas, cianobactérias, larvas de invertebrados, fezes, restos de animais mortos e exoesqueletos, os chamados bioflocos (Ballester et al., 2007). Estes agregados têm grande importância na nutrição dos camarões marinhos (Tacon et al., 2002; Cuzon et al., 2004) e na assimilação dos compostos nitrogenados presentes na água de cultivo, gerados principalmente pela excreção e restos de alimento em decomposição (Gomez-Jimenez et al., 2005). O cultivo de bioflocos já é bem estudado na fase de engorda do camarão marinho, contudo, na fase de pré-berçário poucos estudos vêm sendo realizados.

No cultivo heterotrófico é comum o uso de substratos artificiais. O uso dos substratos é realizado através da inserção de qualquer

material submerso em um sistema de cultivo resultando na formação de uma complexa camada de organismos aderidos, o perifiton ou biofilme, simulando dessa forma o ambiente natural encontrado por juvenis em sua fase de crescimento (Primavera e Leбата, 1995).

Estes têm a função de aumentar a superfície do tanque, além de favorecer o conforto do animal e servir como área adicional para as bactérias nitrificantes. A proposta do presente estudo foi avaliar o uso de diferentes substratos artificiais (tela de mosquiteiro, Bidim[®] e Needlon[®]) sobre a qualidade de água e desempenho das pós-larvas do camarão branco do Pacífico na fase de pré-berçário em sistema de bioflocos.

9 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, no período de 01 a 16 de Dezembro de 2014.

9.1 *Material biológico*

Foram utilizados náuplios de *Litopenaeus vannamei* provenientes de linhagem livre de patógenos específicos (SPF, do inglês *Specific Pathogen Free*) de notificação obrigatória pela Organização Internacional de Epizootias (WSSV, IHNV, TSV, IMNV e YHV) oriundos da Aquatec Ltda, localizada no Rio Grande do Norte, Brasil. Os náuplios foram cultivados em larvicultura convencional, contendo tanques de fibra de vidro de 20 m³ (densidade de 100 larvas L⁻¹), em salinidade de 35‰, até atingirem o estágio de pós-larva 5 (PL 5), para a realização do experimento. Onde o povoamento foi realizado por amostragem, por litro (contabilizando quantas pós-larvas existiam por litro) em triplicata.

9.2 *Substrato artificial*

Para a escolha do material dos substratos artificiais, foi levado em consideração os seguintes critérios: resistência a água, resistência a tração mecânica, lavável e reutilizável, além de baixo custo.

Durante o cultivo foram avaliados três tipos de substratos artificiais (Anexo III):

- Tela de mosquiteiro (tela de polietileno): 100% plástica monofilada (nylon), malha de 2 mm.
- Bidim[®] OP60: geotêxtil, não tecido, 100% poliéster estabilizado.

- Needlona[®] Renner PE 251 preto: Fibra 100% poliéster, gramatura 250g/m², espessura de 1,4mm, densidade 0,18g/cm³.

Os substratos foram confeccionados manualmente, tendo estrutura feita com cano de PVC de 25 mm, na forma de meia lua, obedecendo ao formato do tanque, possuindo 0,16 m² cada um (considerando os dois lados). Dispostos 6 substratos por tanque, fixados na posição vertical, distanciadas 5 cm do fundo e 10 cm entre si, calculados de forma atingirem 100% da área do tanque (0,89 m²) (Anexo II).

9.3 *Delineamento experimental*

Para o cultivo foram utilizadas 12 unidades experimentais com fundo em U e capacidade de 60L, providas de aeração (oxigênio dissolvido $5,8 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$) e aquecedores acoplados a termostatos ($28,9 \pm 0,3^\circ\text{C}$). Cada unidade foi povoada com 80 PL's 5 de *L. vannamei* por litro, totalizando 4.800 PL's 5 por tanque, e conduzida até as PL's atingirem o estágio 20. Totalizando 15 dias de cultivo.

As PL's foram alimentadas nove vezes ao dia, com ração contendo 45% de proteína bruta, seguindo a tabela seguinte (Tabela 1).

Tabela 1. Entradas de alimentação, melação e relação C/N, no pré-berçário (PL 5 a 20) de camarão branco do Pacífico, utilizando diferentes substratos artificiais (Bidim[®], Mosquitiro e Needlona[®]) e sem substrato (Controle), em sistema de bioflocos, durante 15 dias de cultivo e densidade de 80 pós-larvas L⁻¹.

	Dias														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Controle															
Dieta (g)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Melaço (g)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5
+ Melaço (g)	0,0	0,0	0,0	1,1	4,0	0,0	1,3	3,6	3,3	9,8	2,1	4,2	0,3	4,5	4,5
C/N	14,7	14,7	14,7	16,1	19,7	14,7	16,1	18,5	18,1	23,8	16,4	18,2	14,9	18,4	18,0
Bidim															
Dieta (g)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Melaço (g)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5
+ Melaço (g)	0,0	0,0	0,0	1,4	3,5	0,0	2,8	4,4	1,8	7,7	4,1	5,9	1,3	5,4	5,1
C/N	14,7	14,7	14,7	16,6	19,0	14,7	17,6	19,2	16,6	22,2	18,0	19,0	15,8	19,1	18,5
Mosquit.															
Dieta (g)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Melaço (g)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5
+ Melaço (g)	0,0	0,0	0,0	0,4	3,4	0,0	3,4	2,8	5,5	2,8	9,6	2,7	2,6	5,1	4,9
C/N	14,7	14,7	14,7	15,2	18,9	14,7	18,3	17,7	20,4	17,6	22,0	17,0	16,9	18,9	18,3
Needlona															
Dieta (g)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Melaço (g)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5
+ Melaço (g)	0,0	0,0	0,0	0,7	4,7	0,0	2,2	5,5	0,9	9,2	3,6	5,4	1,7	5,7	4,8
C/N	14,7	14,7	14,7	15,6	20,4	14,7	17,1	20,4	15,6	23,3	17,1	19,1	16,1	19,4	18,2

A amônia foi mantida em torno de 1 mg L⁻¹ pela adição do melação de cana, quando esse limite foi excedido (+ Melaço). De PL 5 a 13 (dial a 9) foi utilizada a ração EPAC PL, de PL 14 a 16 (dia 10 a 12) a ração contendo 25%/75% (dia 10), 50%/50% (dia 11) e 75%/25% (dia 12) das rações EPAC PL e EPAC XL respectivamente de PL 17 a 20 (dia 13 a 15) a ração EPAC XL.

Composição das rações utilizadas: Ração EPAC PL (100 a 300µm /PL 1 a 10) e EPAC XL (300 a 600µm /PL 10 a 20) – proteína bruta mínima (45%), umidade máxima (10%), fibra bruta máxima (3%), matéria mineral máxima (15%), extrato etéreo mínimo (7%), cálcio máximo (2,2%), cálcio mínimo (1%), fósforo mínimo (1%).

9.4 *Fertilização da água*

Os tanques foram preenchidos com 54 litros de água a 35%, inoculados com 6 litros de microalgas *Chaetoceros muelleri* (5×10^4 células mL⁻¹). Posteriormente foi introduzido o melaço de cana, na relação carbono:nitrogênio 14,7:1 (Avnimelech, 1999).

O controle da fertilização com o carbono orgânico para regular a amônia foi feito de duas maneiras: 1. A quantidade de carboidrato necessário para neutralizar a amônia excretada pelo camarão foi estimada assumindo que camarão assimila cerca de 25% do nitrogênio adicionado na alimentação e 75% deste nitrogênio é transformado em amônia dissolvida na água. As fontes de carbono foram adicionadas a cada um dos tanques a uma proporção de 20 g de carboidrato por cada grama de amônia total formada. 2. Quando a amônia total ultrapassou 1 mg L⁻¹, foi adicionado ao sistema carboidrato (melaço em pó) a uma razão de 20 g carboidrato: 1 g de amônia total (Avnimelech, 1999).

9.5 *Análises de qualidade de água*

O oxigênio dissolvido e temperatura foram medidos duas vezes ao dia (manhã e tarde) com oxímetro YSI 55. O pH (pHmetro YSI modelo 100), amônia total (Strickland e Parsons, 1972) foram analisados diariamente. A salinidade (refratômetro), Sólidos suspensos totais, sólidos voláteis, nitrito e nitrato (Strickland e Parsons, 1972), fosfato, clorofila e alcalinidade (Apha, 2005) monitoradas a cada três dias.

9.6 *Sobrevivência final e Teste de estresse*

Ao final do experimento volume total de pós-larvas foi pesado em balança de precisão, onde uma alíquota de 100 pós-larvas era retirada para biometria úmida e então extrapolada a quantidade total de pós-larvas de cada unidade experimental, para o cálculo de sobrevivência (população inicial - população final) e expresso em porcentagem. Para o peso final foi utilizada o valor do peso volume total de pós-larvas, dividido pela população final, por tratamento e expresso em miligramas.

Para o teste de estresse foram recrutadas 50 pós-larvas estágio 20, por unidade experimental, para recipientes contendo 1 litro de água, com salinidade em 0‰ por 45 minutos e posteriormente devolvidas à salinidade de 35‰ por mais 45 minutos. Ao final, a sobrevivência foi contabilizada e os dados expressos em porcentagem.

9.7 *Análises estatísticas*

Para os dados de sobrevivência, teste de estresse e peso final, foi aplicada análise de variância (ANOVA) unifatorial, onde foram analisados após as premissas de normalidade e homocedasticidade (Levene). A ANOVA unifatorial com medidas repetidas no tempo, foi aplicada aos dados de qualidade de água. Ambas suplementadas pelo teste de Newman-Keuls de separação de médias, quando necessário. Todos os teste utilizaram um nível de significância de 5% (Zar, 1984). Os valores percentuais foram analisados usando dados transformados para arco-seno.

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 *Parâmetros de qualidade de água*

Os dados de temperatura, oxigênio dissolvido, alcalinidade, pH e salinidade estiveram dentro dos valores considerados apropriados para o cultivo de *L. vannamei*. (Boyd; Gautier, 2000). Para os parâmetros temperatura, oxigênio, alcalinidade e salinidade não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p \geq 0,05$) e houve somente diferença em função dos dias ($p < 0,05$). A salinidade chegou a 39‰ em alguns momentos do cultivo, devido a perdas por evaporação. A alcalinidade apresentou crescimento em todos os tratamentos durante todo o cultivo, devido a entrada constante do melaço de cana no sistema, obtendo valores de $130,6 \pm 2,3 \text{ mg L}^{-1}$ no início do cultivo e $286 \pm 7,7 \text{ mg L}^{-1}$ no final. Porém, de acordo com Boyd (2000), a alcalinidade da água é diretamente relacionada com o pH e de maneira geral, o pH tende a aumentar quando a alcalinidade aumenta. Fato este, não observado no presente trabalho, que mesmo com o aumento progressivo da alcalinidade, o pH se manteve quase que constante do início ao fim do cultivo. Os valores de pH e clorofila A, não apresentaram diferença significativa nem para os tratamentos, nem para os dias, nem na interação dos dias e tratamento (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis físicas e químicas da água em tanques de pré-berçário de *L. vannamei* em sistema bioflocos, com diferentes substratos artificiais (Bidim®, Mosquiteiro e Needlona®) e sem substrato (Controle), durante 15 dias de cultivo em densidade de 80 pós-larvas L⁻¹.

Tratamentos	OD manhã (mg L ⁻¹)	OD tarde (mg L ⁻¹)	Temperatura manhã (°C)	Temperatura tarde (°C)	Alcalinidade (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	pH	Salinidade (g L ⁻¹)
Controle	5,84±0,02 (5,09 – 6,26)	5,70±0,12 (4,28 – 6,48)	29,14±0,14 (27,10 – 29,90)	28,56±0,08 (28,00 – 29,80)	224,07±11,38 (160,00 – 308,00)	7,95±0,08 (7,72 – 8,12)	36,38±0,13 (35,00 – 39,00)
Bidim®	5,83±0,02 (4,91 – 6,29)	5,72±0,05 (4,89 – 6,52)	29,14±0,29 (27,50 – 30,50)	28,58±0,16 (28,00 – 29,50)	226,00±5,64 (172,00 – 312,00)	7,94±0,07 (7,80 – 8,08)	36,40±0,08 (35,00 – 39,00)
Mosquiteiro	5,87±0,05 (4,88 – 6,26)	5,77±0,01 (4,97 – 6,52)	29,09±0,24 (27,80 – 29,90)	28,56±0,09 (27,90 – 29,40)	222,27±7,34 (164,00 – 300,00)	7,94±0,03 (7,79 – 8,09)	36,45±0,08 (35,00 – 39,00)
Needlona®	5,82±0,14 (5,04 – 6,28)	5,72±0,13 (4,89 – 6,49)	29,21±0,22 (28,10 – 29,90)	28,62±0,17 (28,00 – 29,50)	220,53±2,44 (156,00 – 292,00)	7,98±0,05 (7,90 – 8,09)	36,50±0,38 (35,00 – 39,00)
<i>p</i> – T	0,7043	0,8372	0,9402	0,9944	0,8248	0,7171	0,5686
<i>p</i> – D	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3498	<0,0001
<i>p</i> – D x T	0,9925	0,0006	0,9988	0,9857	0,6322	0,8326	0,3264

Tabela 2. Continuação.

Tratamentos	Ortofosfato (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	Clorofila A (µg L ⁻¹)	SST (mg L ⁻¹)	SSV (mg L ⁻¹)	Amônia N-NH _{3,4} (mg L ⁻¹)	Relação C/N
Controle	1,13±0,24 ^a (0,28 – 2,49)	0,09±0,15 (0,00 – 1,28)	564,80±23,46 ^b (331,00 – 849,00)	259±24,12 ^b (111 – 472)	1,75±0,07 (0,05 – 5,32)	17,16±0,12 (14,70 – 23,60)
Bidim®	1,52±0,25 ^b (0,53 – 2,32)	0,17±0,30 (0,00 – 2,56)	321,87±15,37 ^a (274,00 – 480,00)	98±9,49 ^a (66 – 208)	1,83±0,12 (0,06 – 5,20)	17,39±0,23 (14,70 – 25,80)
Mosquiteiro	1,22±0,09 ^{ab} (0,43 – 2,36)	0,11±0,20 (0,00 – 1,28)	506,67±5,50 ^b (298,00 – 712,00)	223±5,84 ^b (81 – 365)	1,83±0,16 (0,07 – 5,44)	17,42±0,30 (14,70 – 22,90)
Needlona®	1,32±0,13 ^{ab} (0,44 – 2,01)	0,40±0,52 (0,00 – 4,27)	327,60±21,67 ^a (264,00 – 430,00)	99±17,32 ^a (54 – 164)	1,84±0,06 (0,06 – 4,92)	17,42±0,13 (14,70 – 23,00)
p – T	0,0347	0,7633	<0,0001	<0,0001	0,7409	0,3967
p – D	0,1437	0,8301	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
p – D x T	0,1572	0,2995	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Dados médios ± desvio padrão (máximo e mínimo), n = 3. ANOVA com medidas repetidas, T (tratamentos), D (dias), T x D (interação tratamento x dias). Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Não foi observado a presença de nitrito e nitrato durante todo o cultivo. Ebeling et al. (2006) concluiu que, em sistemas totalmente heterotróficos não há produção de nitrito ou nitrato de amônia, o que sugere que a nitrificação não foi estabelecida durante todo o cultivo. O controle da amônia pela atividade comunidade heterotrófica pode ter inibido ou retardado o aparecimento de bactérias nitrificantes, devido ao fato das comunidades de bactérias nitrificantes crescerem a um ritmo muito mais lento do que as comunidades de bactérias heterotróficas (Ebeling et al., 2006). A amônia apresentou grande variação durante todo o experimento, atingindo picos com valor mais alto no tratamento controle ($4,41 \pm 0,9 \text{ mg L}^{-1}$) no nono dia de cultivo (Figura 1), estando a concentração de amônia tóxica (N-NH_3) em $0,28 \text{ mg L}^{-1}$, acima do valor sugerido por Lin e Chen (2001), de $0,16 \text{ mg L}^{-1}$ como seguro para *L. vannamei*. Tanto para amônia, como para a relação C/N, não houve diferença significativa entre os tratamentos, havendo diferença no tempo, assim como na interação tempo tratamento (Tabela 2).

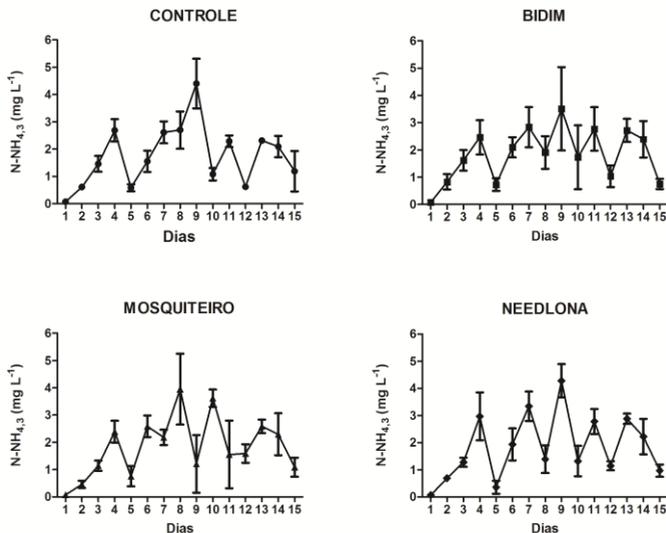


Figura 1. Amônia total no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de diferentes substratos artificiais (Bidim[®], Mosqueteiro e Needlona[®]) e sem substrato (Controle) em sistema de bioflocos durante 15 dias, em densidade de 80 pós-larvas L⁻¹, cada tratamento com 3 réplicas. N = 12.

O ortofosfato diferiu significativamente entre os tratamentos,

apresentando menor índice no tratamento controle. Contudo essa variação não foi grande suficiente para afetar o cultivo. O aumento progressivo das concentrações de fosfato provavelmente se deve pela entrada constante de ração, e ocorre de forma normal nos sistemas de cultivo, devido a adição de melaço de cana e às fezes dos animais dentro dos tanques (Barak et al., 2003).

Os sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) foram significativamente diferentes entre os tratamentos, os dias de cultivo e na interação entre eles (Figura 2). Os valores de sólidos foram mais altos nos tratamentos controle e tela de mosquito, onde a concentração de sólidos cresceu de forma acelerada durante os dias de cultivo. Schweitzer et al. (2013) ao avaliar diferenças densidades de estocagem, com e sem presença de substrato, utilizando a tela de mosquito no berçário de *L. vannamei*, verificou que nos tratamentos com substrato a quantidade de SST era maior que o do tratamento sem substrato, necessitando fazer maior uso de decantadores durante o cultivo para manutenção do SST em níveis adequados. Embora ainda não existam valores ideais de SST estabelecidos para a fase de pré-berçário de *L. vannamei*, nos primeiros estágios de desenvolvimento dos camarões, como de pós-larvas, altos níveis de sólidos podem ser prejudiciais (Schweitzer et al., 2013). Os tratamentos utilizando Bidim[®] e Needlona[®] apresentaram valores mais baixos de SST e SSV, apresentando um crescimento gradativo ao longo do cultivo. A estes substratos está associada uma capacidade de filtrar a água, reduzindo assim a quantidade de sólidos no cultivo.

Estudos realizados em diferentes sistemas de cultivo na presença de substratos artificiais demonstraram efeitos positivos, no controle da qualidade da água e na ciclagem de nutrientes em cultivos de organismos aquáticos (Arnold et al., 2009; Lezama-Cervantes e Paniagua-Michel, 2010; Viau et al., 2012). Nesses trabalhos, a absorção dos nutrientes está associada as microalgas e bactérias que compõem o perifiton. No presente estudo, porém, não houve formação de perifiton, devido ao curto tempo de cultivo (15 dias) e a não utilização de um substrato previamente maturado. A presença do substrato interferiu apenas na regulação dos SST e SSV presentes na água.

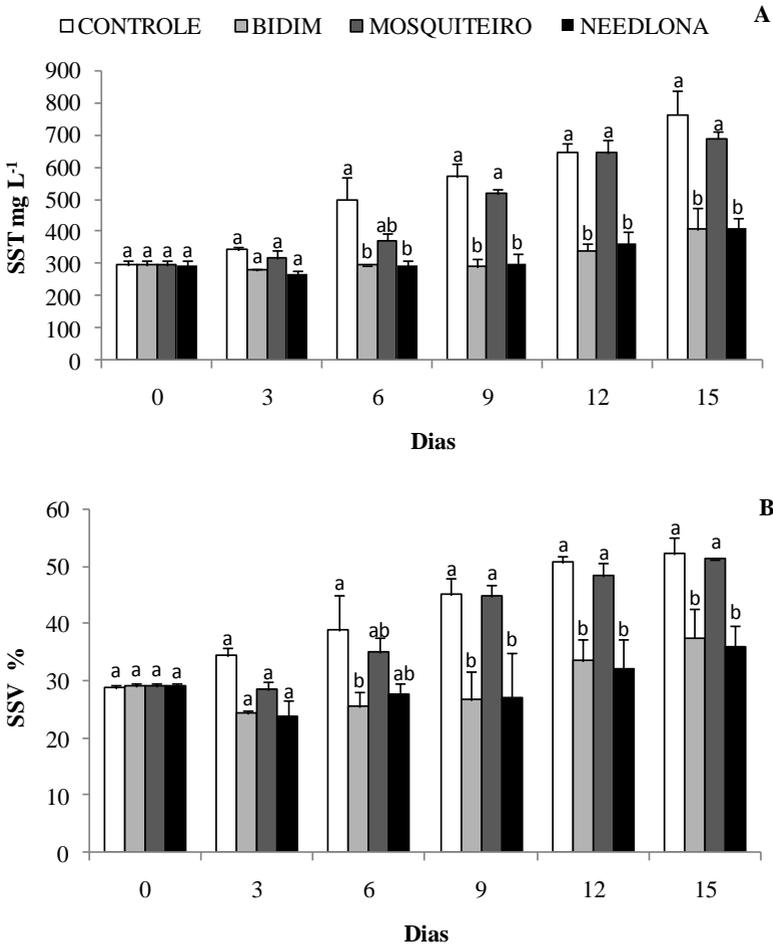


Figura 2. (A) Sólidos suspensos totais – SST, (B) Sólidos suspensos voláteis – SSV, no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de diferentes substratos artificiais (Bidim®, Mosqueteiro e Needlona®) e sem substrato (Controle) em sistema de bioflocos, durante 15 dias em densidade de 80 pós-larvas L⁻¹, cada tratamento com 3 réplicas. N = 12.

10.2 Parâmetros zootécnicos

Os tanques que utilizaram a Needlona® como substrato artificial apresentaram maior sobrevivência dos camarões em relação aos demais tratamentos (Tabela 3), corroborando com outras pesquisas que mostram

o efeito positivo do uso dos substratos sobre os índices zootécnicos no cultivo de pós-larvas e juvenis de camarões (Arnold et al., 2009; Ballester et al., 2007; Lezama-Cervantes e Paniagua-Michel, 2010; Moss e Moss, 2004; Viau et al., 2013). Contudo, os tanques utilizando o Bidim[®] e tela de mosquiteiro como substratos apresentaram sobrevivência numericamente inferior à do tratamento sem uso de substrato. No uso do Bidim[®] o substrato desfiou durante o cultivo, esses fios soltos no substrato prendiam as pós-larvas, as quais acabavam morrendo por inanição. Na tela de mosquiteiro, as pós-larvas ficavam presas pelo cefalotórax, devido a malha da tela, causando a segunda maior mortalidade entre os tratamentos. No tratamento controle, a alta concentração de SST foi o que provavelmente ocasionou a menor sobrevivência. De acordo com Samocha et al., (2007) é recomendado para o cultivo de camarão valores de SST abaixo de 500 mg L⁻¹. Em estudo realizado no cultivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes níveis de sólidos totais, indicaram que a manutenção destes entre 400 a 600 mg L⁻¹ não causam influencia no cultivo de juvenis da espécie, enquanto valores muito altos (800 a 1000 mg L⁻¹) aumentavam a presença de partículas nas brânquias, diminuindo a sobrevivência e produtividade do cultivo (Schveitzer et al., 2013). Porém, em ambos os trabalhos citados, os valores de sólidos suspensos totais determinados são para a fase de berçário, não existindo ainda valores para a fase de pré-berçário.

Durante o experimento, não foram observadas diferenças entre os tratamentos nos parâmetros de qualidade das larvas. Todas as pós-larvas estavam ativas (alta atividade natatória), tinham cor do hepatopâncreas normais e intestinos cheios, não sendo encontrada nenhuma deformidade muscular, melanização e nem sinais de canibalismo. Os dados referentes a peso final e teste de estresse não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O teste de estresse salino tem como finalidade avaliar a qualidade da larva, assegurando que a larva está resistente ao transporte e para próxima fase de cultivo. Segundo a FAO (2003), as pós-larvas precisam obter valores de sobrevivência acima de 75% no teste de estresse salino para serem liberadas do laboratório para a próxima fase de cultivo. Estando dessa forma, todos os tratamentos aprovados no teste de estresse salino.

Tabela 3. Parâmetros zootécnicos do pré-berçário de *L. vannamei* em sistema de bioflocos com diferentes substratos artificiais (Bidim®, Mosquiteiro e Needlona®) e sem substrato (Controle) durante 15 dias de cultivo em densidade de 80 pós-larvas L⁻¹.

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Peso Final (mg)	Teste de estresse (%)
Controle	68,00±8,00 ^b	15,67±2,52	78,67±18,04
Bidim	45,00±17,06 ^b	21,67±6,11	89,33±4,16
Mosquiteiro	57,67±6,51 ^b	20,00±1,73	82,67±11,55
Needlona	91,33±11,59 ^a	13,00±2,65	92,67±5,03
Valor – p	<0,0060	0,0688	0,5409

Dados médios ± desvio padrão, n = 3. ANOVA unifatorial. Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Newman-Keuls ($P=0,05$).

Os resultados do presente estudo trazem implicações práticas importantes. É possível fazer o uso do sistema de cultivo em bioflocos na fase de pré-berçário, conseguindo sobrevivência acima de 90%, com densidade de estocagem de 80 pós-larvas L⁻¹ com uso do substrato artificial Needlona®. Além disso, o uso em conjunto desses sistemas podem reduzir os custos de energia e do uso de água no cultivo em pré-berçário, não necessitando de decantadores ou renovação dos tanques para a retirada de sólidos da água de cultivo. Onde a Needlona® apresenta baixo valor comercial, podendo representar uma economia no sistema de produção.

11 CONCLUSÃO

Dentre os substratos avaliados a Needlona® é o mais indicado para o cultivo em pré-berçário de *L. vannamei* em sistema de bioflocos, sendo capaz de manter níveis de sólidos suspensos na água sem o uso de decantadores ou de renovação de água, resultando em maior sobrevivência.

12 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (processo PVE/2712/2014) pelo apoio financeiro e pela bolsa de mestrado a aluna Priscila Costa Rezende, ao Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) e toda sua equipe técnica, ao Laboratório de Peixes Marinhos (LAPMAR) e ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) pelo suporte técnico e infraestrutura cedida.

13 REFERÊNCIAS

Andreatta, E.R.; Beltrame, E., 2004. Cultivo de camarões marinhos. In: Poli, CR.; Poli, A.T.B.; Andreatta, E.R.; Beltrame E. Aqüicultura: Experiências brasileiras. Multitarefa Editora Ltda.: Florianópolis, SC.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Byrd Prepress, Washington.

Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S.A., 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. AJSS, 293, 42-48.

Avnimelech, Y., 1999. Carbono:nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. AJSS, 176, 227-235.

Ballester, E.L.C., Wasielesky, W.J., Cavalli, R.O., Abreu, P.C., 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. AJSS, 269, 355-362.

Boyd, C.E., 2000. Water quality – An introduction. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Boyd, C.E. Gautier, D., 2000. Effluent composition and water quality standards. Glob. Aquac. Advocate, 3, 61-66.

Bratvold, D., Browdy, C.L., 2004. Effects of and sediment and vertical surfaces (AquaMats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system, AJSS, 195, 81-94.

Browdy, C. L., 1998. Recent developments in penaeid broodstock and seed production technologies: improving the outlook for superior captive stocks. AJSS, 164, 3-21.

Criales, M. M. et al., 2011. The effect of acclimation salinity and age on the salinity tolerance of pink shrimp post-larvae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 409, 283-289.

Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., Guillaume, J., 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *AJSS*, 235, 513-551.

Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *AJSS* 257, 346–358.

FAO, 2003. Health Management and Biosecurity Maintenance in White Shrimp (*Penaeus vannamei*) Hatcheries in Latin America, Fisheries Technical Paper.FAO, Rome, 64 p.

Gomez-Jimenez, S., Gonzalez-Felix, M. L., Perez-Velazquez, M., Trujillo-Villalba, D. A., Esquerr-Brauer, I. R., Barraza-Guardado, R., 2005. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. *Aquac. Res.*, 36, 834-840.

Lezama-Cervantes, C., Paniagua-Michel, J., 2010. Effects of constructed microbial mats on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* post-larvae. *Aquac. Eng*, 42, 75-81.

Lin, Y.C., Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 259,109–119.

McIntosh, R. I., Culley, S. J.; Mileham, A. R., 2000. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. *International Journal of Production Research*, 38 (11), 2377-2395.

Moss, K. R. K., Moss S. M., 2004. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 35 (4).

Prabhu, N. M. et al., 1999. Use of probiotics in water quality management during shrimp culture. *Journal of Aquaculture in the*

Tropics, 14, 227-236.

Primavera, J. H., Leбата, J., 1995. Diel activity patterns in *Metapenaeus* and *Penaeus* juveniles. *Hidrobiologia*, 295-302.

Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquac. Eng.*, 36, 184-191.

Schveitzer, R., Arantes, R., Costodio, P.F.S., Santo, C.M.D., Arana, L.V., Seiffert, W.Q., Andreatta, E.R., 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. *Aquac. Eng.* 56, 59-70.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fisheries Research board of Canada*, Ottawa, 167, 1-205.

Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P.; Decamp, O.E., 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquac. Nutr.*, 8, 121-137.

Viau, V.E., Souza, D.M., Rodríguez, E.M., Wasielesky, W., Abreu, P.C., Ballester, E.L.C., 2013. Biofilm feeding by postlarvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda, Penaeidae). *Aquac. Res.*, 44, 783-794.

Zar, J. H., 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall. Universidade de Michigan, 2, 718 p.

CAPITULO III

Pré-berçário do camarão branco do pacífico em sistema de bioflocos. Parte II: avaliação de diferentes densidades de estocagem.

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Aquicultura, Laboratório de Camarões Marinhos, Servidão dos Coroas número 503, Barra da Lagoa, 88061-600, Florianópolis, SC, Brasil.*priscila.pesca.ufal@hotmail.com

*Artigo formatado de acordo com as normas da revista “*Aquacultural Engineering*”

14 RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar diferentes densidades de estocagem no pré-berçário do camarão branco do Pacífico em sistema de bioflocos com a presença de substrato artificial, a fim de determinar a capacidade de suporte do sistema. Todos os tratamentos foram realizados em triplicata, resultando em 15 unidades experimentais. Os tanques de cultivo (60L) foram abastecido com pós-larvas estágio 5 (PL 5) sob cinco densidades de estocagem (80, 100, 120, 140 e 160 PL L⁻¹) usando Needlona[®] (fibra de poliéster) como substrato artificial (0,89 m² - 100% da área do tanque). Todos os tanques foram inoculados com 6L de microalgas *Chaetoceros muelleri*, posteriormente, as PLs foram alimentados com ração comercial (nove vezes por dia). O melaço foi adicionado em todos os tratamentos, quatro vezes por dia, na relação carbono:nitrogênio de 14,7 a 25:1. O experimento foi realizado até o estágio de PL20, durante a qual foi avaliada a qualidade da água, sobrevivência, ganho de peso e teste de estresse. Os parâmetros de qualidade de água sofreram alterações de acordo com o aumento das densidades de estocagem e se mantiveram dentro dos limites determinados para a espécie, exceto nos tratamentos de 140 e 160 pós-larvas L⁻¹ para SST e de 160 pós-larvas L⁻¹ para amônia. O peso final e teste de estresse não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, no entanto, o tratamento com 160 PL L⁻¹ apresentou sobrevivência significativamente inferior aos demais tratamentos. O pré-berçário de *Litopenaeus vannamei* pode ser realizado utilizando densidades de até 140 pós-larvas L⁻¹ em sistema de bioflocos com uso do substrato artificial Needlona[®], sem prejudicar o desempenho zootécnico das pós-larvas.

Palavras-chave: *Litopenaeus vannamei*, sistema heterotrófico, pós-larva, capacidade de suporte, substrato artificial.

15 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different stocking densities in the Pacific white shrimp pre-nursery in biofloc system, in order to determine the capacity system support. All treatments were performed in triplicate, resulting in 15 experimental units. Cultivation tanks (60L) were stocked with post-larvae in stage 5 (PL 5) under five stocking densities (80, 100, 120, 140 and 160 PL L⁻¹) using Needlona[®] (polyester fiber) as artificial substrate (0.89 m² - 100% of tank area). All tanks were inoculated with 6L of microalgae *Chaetoceros muelleri*, and then PLs were fed with commercial feed (nine times a day). Molasses was added in all treatments four times a day, following the carbon:nitrogen ratio of 14.7 a 25:1. The experiment was carried out until the PLs reach stage PL20, during which was evaluated the water quality, survival, weight gain and stress susceptibility. Water quality parameters changed according to the stocking densities augment, however only SST values in 140 and 160 PL L⁻¹ and ammonia values in 160 PL L⁻¹ exceeded limits required for the species. Final weight and stress test showed no significant difference between the treatments, yet the 160 PL L⁻¹ treatment had significant low survival rate. The *Litopenaeus vannamei* pre-nursery could be performed using post-larvae density up to 140 L⁻¹ in biofloc system with Needlona[®] substrate without hampering the post-larvae performance zootechnical.

Keywords: *Litopenaeus vannamei*, heterotrophic system, post- larva, carrying capacity, artificial substrate.

16 INTRODUÇÃO

Em todo mundo, o cultivo de *L. vannamei* tem sido realizado geralmente em regiões tropicais, tendo em vista que o camarão cresce melhor em temperaturas entre 28° e 32° C (Van Wyk e Scarpa 1999). O cultivo de *L. vannamei* é fortemente afetado por baixas temperaturas, podendo limitar crescimento e a sobrevivência durante os meses mais frios (Peixoto et al., 2003). No Nordeste do Brasil, ciclos de cultivo podem ser repetidos permitindo a produção durante todo o ano, no entanto, no sul do Brasil as baixas temperaturas podem restringir o cultivo de *L. vannamei* para períodos de entre 6 a 8 meses (Peixoto et al., 2003; FAO, 2009; Krummenauer et al., 2010).

O uso de um sistema de cultivo fechado, em estufas, como o cultivo em bioflocos, é uma alternativa na qual é possível aumentar o período de cultivo em regiões mais frias, reduzindo a troca de água e minimizando a perda de calor (McAbee et al., 2003; Arnold et al., 2009; Crabet et al., 2009; Li et al., 2009). Outra alternativa que pode ser associada ao sistema de bioflocos, é o cultivo em pré-berçário. A produção intensiva de pós-larvas de camarão vem ganhando maior atenção no cenário mundial, com o potencial de melhorar a produção na aquicultura através da aplicação de um sistema de berçário de transição (ou seja, entre a larvicultura e a fazenda de cultivo), melhorando a produção, principalmente pelo aumento das taxas de sobrevivência, produzindo pós-larvas mais resistentes as variações dentro de um sistema de cultivo (Samocha et al., 2002).

A tecnologia para a produção intensiva de camarão juvenil de *L. vannamei* já é bem sucedida, obtendo crescimento rápido (PL8-15 a 1,12 g em 50 dias) e alta sobrevivência obtidas com densidades de estocagem de 3300 m⁻³ (Cohen et al., 2005). Porém, existe uma correlação negativa bem conhecida entre o crescimento do camarão e densidade de estocagem (Wyban e Sweeney 1991; Sandifer e Hopkins, 1996; Moss e Moss, 2004; Naranjo-Paramo et al., 2004; Li et al., 2007; Arnold et al., 2009). Densidades de estocagem muito baixas não favorecem as condições heterotróficas, e as densidades mais altas podem acelerar o processo de estabilização bacteriana (McIntosh, 2001).

Além disso, o substrato artificial em sistemas de pré-berçário, pode ser utilizado para mitigar os potenciais efeitos negativos da alta densidade sobre o crescimento de *L. vannamei*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes densidades de estocagem de pós-larvas L⁻¹ (80, 100, 120, 140 e 160) no pré-berçário do camarão branco do pacífico, em sistema de bioflocos com uso de substrato artificial, com a

finalidade de determinar a capacidade de suporte do sistema.

17 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, no período de 12 a 27 de Março de 2015.

17.1 *Material biológico*

Foram utilizadas pós-larvas 5 (PL 5) de *Litopenaeus vannamei* provenientes de linhagem Speedline HB12 de alta performance para crescimento, uniformidade nos tamanhos, monitorado para detecção dos vírus: IHNV, IMNV, TSV e WSSV, oriundos da Aquatec Ltda, localizada no Rio Grande do Norte, Brasil.

17.2 *Delineamento experimental*

Para o cultivo foram utilizadas 15 unidades experimentais com fundo em U e capacidade de 60L, providas de aeração e aquecedores acoplados a termostatos (Anexo I). A temperatura foi mantida em $29,2 \pm 0,2$, e o oxigênio dissolvido em $5,7 \pm 0,2$ mg L⁻¹. Os tratamentos foram compostos de cinco diferentes densidades de estocagem: 80, 100, 120, 140 e 160 PL 5 por litro, todos com a presença de substrato artificial (100% da área de fundo), e conduzido até atingirem o estágio de PL 20. Foram utilizadas triplicatas, totalizando 15 unidades experimentais. Para o substrato artificial foi utilizado a Needlona® (Renner PE 251 preto: Fibra 100% poliéster, gramatura 250g/m², espessura de 1,4mm, densidade 0,18g/cm³), de acordo com experimentos anteriores (Rezende, dados não publicados).

Os substratos foram confeccionados manualmente. A estrutura foi feita com cano de PVC de 25mm, na forma de meia lua, obedecendo ao formato do tanque, possuindo 0,16m² cada um (somando a área dos dois lados). Dispostos 6 substratos por tanque, fixados na posição vertical, distanciadas 5 cm do fundo e 10cm entre si, calculados de forma atingirem 100% da área do tanque (0,89 m²).

As PL's foram alimentadas nove vezes ao dia, com ração contendo 40% de proteína bruta, seguindo a tabela de alimentação abaixo (Tabela 4).

17.3 *Fertilização da água*

Os tanques foram preenchidos com 54 litros de água a salinidade

de 35%, inoculada com 6 litros de microalgas *Chaetoceros muelleri* (10% da capacidade do tanque). Posteriormente foi introduzido o melão de cana, na relação inicial de carbono:nitrogênio 14,7:1 (Avnimelech, 1999).

O controle da fertilização com o carbono orgânico para regular a amônia foi feito de duas maneiras: 1. A quantidade de carboidrato necessário para neutralizar a amônia excretada pelo camarão foi estimado assumindo que camarão assimila cerca de 25% do nitrogênio adicionado na alimentação e 75% deste nitrogênio é transformado em amônia dissolvida na água. As fontes de carbono foram adicionados a cada um dos tanques a uma proporção de 20 g de carboidrato por cada grama de amônia total formada. 2. Quando a amônia total ultrapassou $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, foi adicionado ao sistema carboidrato (melão em pó) a uma razão de 20 g carboidrato: 1 g de amônia total (Avnimelech, 1999).

Tabela 4. Entradas de alimentação, melação e relação C/N, no pré-berçário (PL 5 a 20) de camarão branco do Pacífico, utilizando diferentes densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹, em sistema de bioflocos.

	Dias														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
80															
Entrada	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Dieta (g)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,7
Melaço (g)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	5,3	5,3	5,3	5,3	6,5	6,5	6,5	6,5	7,5
+ Melaço (g)	0,0	0,6	2,1	1,6	7,6	0,7	4,5	9,2	2,6	6,9	9,6	1,7	4,3	3,3	1,6
C/N	14,7	15,4	17,2	16,6	23,1	15,6	19,4	23,4	17,5	21,5	22,2	16,2	18,3	17,5	17,0
100															
Entrada	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2	3,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,6
Dieta (g)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2	3,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,6
Melaço (g)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8,1	8,1	8,1	8,1	9,3
+ Melaço (g)	0,0	0,8	1,3	3,8	4,8	4,9	5,5	4,6	5,8	3,4	2,9	1,5	4,7	3,4	1,6
C/N	14,7	15,6	16,1	18,6	19,5	19,6	19,3	18,6	19,5	17,6	22,7	15,8	17,9	17,1	15,7
120															
Entrada	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9	3,9	3,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,5
Dieta (g)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9	3,9	3,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,5
Melaço (g)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7,9	7,9	7,9	7,9	9,9	9,9	9,9	9,9	11,1
+ Melaço (g)	0,0	0,5	1,8	4,0	6,0	5,3	6,0	9,8	4,0	7,2	14,4	1,4	5,8	5,8	1,3
C/N	14,7	15,2	16,3	18,1	19,7	19,1	18,9	21,2	17,6	19,6	22,1	15,5	17,9	17,9	15,3
140															
Entrada	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,5	4,5	4,5	4,5	5,7	5,7	5,7	5,7	6,4
Dieta (g)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,5	4,5	4,5	4,5	5,7	5,7	5,7	5,7	6,4
Melaço (g)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	9,1	9,1	9,1	9,1	11,5	11,5	11,5	11,5	12,9
+ Melaço (g)	0,0	0,5	4,7	3,9	6,3	9,8	3,4	11,4	3,8	8,1	22,0	0,5	5,3	5,8	3,3
C/N	14,7	15,0	18,0	17,5	19,0	21,2	16,8	21,2	17,0	19,5	24,0	14,9	17,3	17,5	16,1

Tabela 4. Continuação.

	Dias															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Entradas	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,1	5,1	5,1	5,1	6,5	6,5	6,5	6,5	7,3
Dieta (g)	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	5,1	5,1	5,1	5,1	6,5	6,5	6,5	6,5	7,3
Melaço (g)	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	10,3	10,3	10,3	10,3	13,1	13,1	13,1	13,1	14,8
+ Melaço (g)	0,0	0,0	1,8	6,2	6,1	16,9	1,0	13,1	6,3	7,8	28,1	0,9	5,1	6,9	7,5	
C/N	14,7	14,7	15,8	18,6	18,5	21,4	15,2	21,3	18,1	18,8	24,9	15,1	16,9	17,6	17,6	

A amônia foi mantida em torno de 0,5 mg L⁻¹ pela adição do melaço de cana, quando esse limite foi excedido (+ Melaço). De PL 5 a 13 (dia 1 a 9) foi utilizada a ração EPAC PL, de PL 14 a 16 (dia 10 a 12) a ração contendo 25%/75% (dia 10), 50%/50% (dia 11) e 75%/25% (dia 12) das rações EPAC PL e EPAC XL respectivamente de PL 17 a 20 (dia 13 a 15) a ração EPAC XL. Composição das rações utilizadas: Ração EPAC PL (100 a 300µm - PL 1 a 10) e EPAC XL (300 a 600µm - PL 10 a 20) - proteína bruta mínima (45%), umidade máxima (10%), fibra bruta máxima (3%), matéria mineral máxima (15%), extrato etéreo mínimo (7%), cálcio máximo (2,2%), cálcio mínimo (1%), fósforo mínimo (1%).

17.4 *Análises de qualidade de água*

O oxigênio dissolvido e temperatura foram medidos duas vezes ao dia (manhã e tarde) com oxímetro YSI 55. O pH (pHmetro YSI modelo100), amônia total (Strickland e Parsons, 1972) e salinidade (refratômetro) foram analisados diariamente. Sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), nitrito e nitrato (Strickland e Parsons, 1972), fosfato e alcalinidade (Apha, 2005) monitoradas a cada três dias.

17.5 *Sobrevivência final e Teste de estresse*

Ao final do experimento volume total de pós-larvas foi pesado em balança de precisão, onde uma alíquota de 100 pós-larvas era retirada para biometria úmida e então extrapolada a quantidade total de pós-larvas de cada unidade experimental, para o cálculo de sobrevivência (população inicial - população final) e expresso em porcentagem. Para o peso final foi utilizada o valor do peso volume total de pós-larvas, dividido pela população final, por tratamento e expresso em miligramas.

Para o teste de estresse foram recrutadas 50 pós-larvas estágio 20, por unidade experimental, para recipientes contendo 1 litro de água, com salinidade em 0‰ por 45 minutos e posteriormente devolvidas à salinidade de 35‰ por mais 45 minutos. Ao final, a sobrevivência foi contabilizada e os dados expressos em porcentagem.

17.6 *Análises estatísticas*

Para os dados de sobrevivência, teste de estresse e peso final, foi aplicada análise de variância (ANOVA) unifatorial, onde foram analisados após as premissas de normalidade e homocedasticidade (Levene). A ANOVA unifatorial com medidas repetidas no tempo, foi aplicada aos dados de qualidade de água. Ambas suplementadas pelo teste de Newman-Keuls de separação de médias, todos ao nível de significância de 5% (Zar, 1984). Os valores percentuais foram analisados usando dados transformados para arco-seno.

18 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo a temperatura, oxigênio, salinidade, alcalinidade e pH (Tabela 5) estiveram dentro dos valores recomendados por Van Wyk e Scarpa, (1999). A variação do oxigênio se deu pelo volume de pós-larvas nos tanques, quanto maior foi a densidade de estocagem, maior o ingresso de ração, a taxa de respiração pelos organismos e consequentemente menor foi o oxigênio dissolvido no sistema. Em sistema de bioflocos o oxigênio dissolvido na água também pode influenciar a comunidade microbiana, tendo em vista os processos de assimilação bacteriana e nitrificação consomem oxigênio (De Schryver et al., 2008; Ray et al., 2010).

O pH se manteve entre 8,2 a 8,3 em todos os tratamentos, ficando dentro da faixa recomendada (Van Wyk e Scarpa,1999) que é de pH entre 7,0 e 8,3. Além disso, o pH mantido nessa faixa, favorece o crescimento de bactérias nitrificantes(Van Wyk e Scarpa,1999). O ortofosfato apresentou somente diferença significativa entre os dias de cultivo. O aumento progressivo das concentrações de fosfato provavelmente se deve pela entrada constante de ração, e ocorre de forma normal nos sistemas de cultivo, devido a adição de melaço de cana e às fezes dos animais dentro dos tanques (Barak et al., 2003).

A alcalinidade apresentou crescimento em todos os tratamentos durante todo o cultivo (Figura 3), devido a entrada constante do melaço de cana no sistema, sendo sua variação observada de acordo com a densidade de estocagem, quanto maior a densidade, a alcalinidade. Contudo, no último dia de cultivo foi observado que nos tratamentos de 140 e 160 pós-larvas L^{-1} houve uma redução na alcalinidade (Figura 3). De acordo com Cohen et al. (2005), o consumo da alcalinidade pelo sistema, pode ser um dos indícios de que o processo de nitrificação teria iniciado.

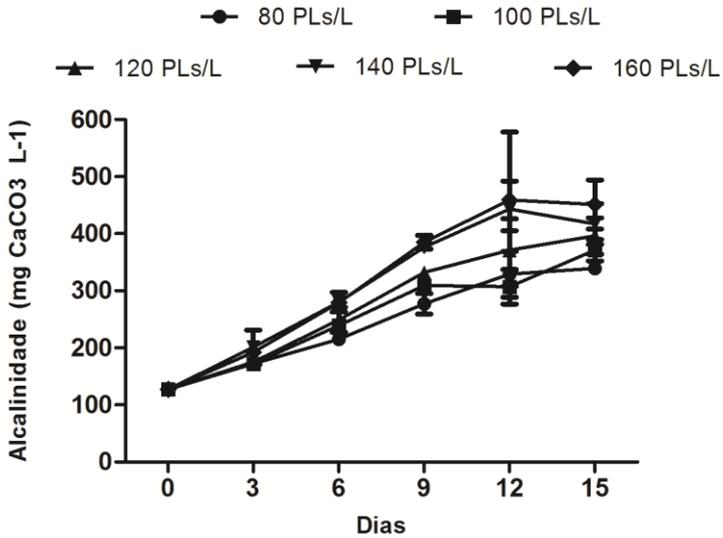


Figura 3. Alcalinidade no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹, em sistema de bioflocos, durante 15 dias, cada tratamento com 3 réplicas. N = 15.

Tabela 5. Variáveis físicas e químicas da água em tanques de pré-berçário de *L. vannamei* em sistema bioflocos, durante 15 dias de cultivo em densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹.

Tratamentos	OD manhã (mg L ⁻¹)	OD tarde (mg L ⁻¹)	Temperatura manhã (°C)	Temperatura tarde (°C)	Alcalinidade (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	pH	Salinidade (g L ⁻¹)
80 pós-larvas/L	5,98±0,02 ^a (5,75 – 6,25)	5,86±0,07 ^a (5,11 – 6,27)	29,14±0,33 (28,50 – 29,70)	29,58±0,23 (27,70 – 29,80)	266,40±4,87 ^a (164,00 – 368,00)	8,33±0,01 ^a (8,20 – 8,47)	35,40±0,33 (35,00 – 37,00)
100 pós-larvas/L	5,84±0,07 ^a (5,50 – 6,23)	5,74±0,10 ^a (5,20 – 6,23)	29,45±0,24 (29,00 – 30,10)	29,22±0,17 (27,60 – 29,80)	279,47±10,86 ^b (160,00 – 392,00)	8,30±0,03 ^a (8,08 – 8,45)	35,60±0,11 (35,00 – 37,00)
120 pós-larvas/L	5,87±0,09 ^a (5,42 – 6,28)	5,74±0,09 ^a (5,33 – 6,25)	29,30±0,32 (28,70 – 29,90)	29,02±0,21 (27,70 – 29,70)	304,53±10,00 ^b (172,00 – 420,00)	8,33±0,02 ^a (8,19 – 8,51)	35,38±0,16 (35,00 – 37,00)
140 pós-larvas/L	5,52±0,07 ^b (4,88 – 6,10)	5,37±0,11 ^b (4,61 – 6,14)	29,56±0,32 (28,80 – 30,10)	29,27±0,29 (27,30 – 30,00)	343,47±18,46 ^c (180,00 – 592,00)	8,22±0,04 ^b (7,85 – 8,48)	35,76±0,04 (35,00 – 37,00)
160 pós-larvas/L	5,59±0,04 ^b (4,41 – 6,23)	5,52±0,11 ^b (4,75 – 6,16)	29,38±0,25 (28,60 – 30,00)	29,09±0,16 (28,00 – 29,90)	353,07±17,98 ^c (184,00 – 496,00)	8,28±0,02 ^a (8,16 – 8,51)	35,40±0,15 (35,00 – 37,00)
<i>p</i> – T	<0,0001	<0,0001	0,5235	0,3436	<0,0001	0,0062	0,8045
<i>p</i> – D	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0030
<i>p</i> – D x T	<0,0001	0,0002	0,9226	0,0062	0,4399	0,2077	0,1167

Tabela 5. Continuação.

Tratamentos	Ortofosfato (mg P-PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)	Amônia N-NH _{3,4} (mg L ⁻¹)	Nitrito N-NO ₂ (mg L ⁻¹)	Nitrato N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	SST (mg L ⁻¹)	SSV (mg L ⁻¹)	Relação C/N
80 pós-larvas/L	0,41±0,15 (0,00 - 0,96)	1,86±0,02 ^a (0,10 - 5,20)	0,28±0,07 (0,00 - 1,10)	0,44±0,38 (0,00 - 3,40)	372,13±6,66 ^a (295,00 - 478,00)	135,53±3,01 ^a (68,00 - 197,00)	18,37±0,04 (14,70 - 27,90)
100 pós-larvas/L	0,45±0,06 (0,00 - 1,17)	1,94±0,13 ^a (0,14 - 7,54)	0,23±0,04 (0,00 - 0,80)	0,63±0,55 (0,00 - 4,40)	391,70±31,87 ^a (286,00 - 557,00)	159,40±11,96 ^b (96,00 - 231,00)	17,88±0,24 (14,70 - 27,10)
120 pós-larvas/L	0,45±0,11 (0,00 - 0,94)	2,31±0,24 ^{ab} (0,39 - 6,48)	0,28±0,07 (0,00 - 1,00)	0,53±0,70 (0,00 - 5,20)	467,67±36,11 ^b (307,00 - 665,00)	185,80±17,82 ^c (114,00 - 298,00)	17,95±0,31 (14,70 - 24,00)
140 pós-larvas/L	0,64±0,05 (0,00 - 1,33)	2,57±0,20 ^{bc} (0,05 - 8,08)	0,19±0,08 (0,00 - 0,90)	1,07±1,86 (0,00 - 16,10)	509,07±28,21 ^b (341,00 - 677,00)	200,67±19,58 ^c (118,00 - 323,00)	17,97±0,36 (14,70 - 25,20)
160 pós-larvas/L	0,63±0,21 (0,00 - 1,19)	2,95±0,50 ^c (0,23 - 13,49)	0,23±0,07 (0,00 - 1,10)	1,57±1,78 (0,00 - 17,50)	581,27±22,46 ^c (301,00 - 850,00)	243,40±5,29 ^d (116,00 - 359,00)	17,94±0,50 (14,70 - 28,50)
p - T	0,8338	0,0028	0,3154	0,7740	<0,0001	<0,0001	0,4136
p - D	0,0196	<0,0001	<0,0001	0,0173	<0,0001	<0,0001	<0,0001
p - D x T	0,1298	0,0131	0,7837	0,7155	<0,0001	<0,0001	0,2649

Dados médios ± desvio padrão (máximo e mínimo), n = 3. ANOVA com medidas repetidas, T (tratamentos), D (dias), T x D (interação tratamento x dias). Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Newman-Keuls ($P=0,05$).

A amônia total apresentou diferença significativa entre os tratamentos, entre os dias e na interação dias tratamentos, apresentando um pico, com valores mais altos no décimo dia de cultivo. O tratamento de 160 pós-larvas L⁻¹ apresentou concentração de amônia total mais alta (9,53±4,27 mg L⁻¹) (Figura 4), estando a concentração de amônia tóxica (N-NH₃) em 1,03 mg L⁻¹. De acordo com Lin e Chen (2001) o níveis seguros de amônia total e amônia tóxica com salinidade na faixa de 25 a 35 é de 3,55 a 3,95 mg L⁻¹ e de 0,16 mg L⁻¹ respectivamente, e que a toxicidade da amônia aumenta com o tempo de exposição, sendo que a tolerância pode diminuir até 64,7% após 96 horas de exposição à amônia. A partir do dia 11 de cultivo a amônia começou a apresentar picos cada vez menores, o que pode estar diretamente relacionado a transformação da mesma em nitrito no sistema a partir do nono dia de cultivo em todos os tratamentos e para nitrato no mesmo período em alguns tratamentos (Figura 5). Avnimelech (2009) afirma que é necessário em média quatro semanas para o estabelecimento da comunidade quimioautotrófica e conseqüentemente o início da nitrificação no sistema de bioflocos. De acordo com estudos realizados por McIntosh, (2000), as altas densidades de estocagem de *L. vannamei* na fase de engorda (125 e 140 camarões/m²) facilitam a estabilização anterior da comunidade quimioautotrófica. No presente estudo, foi possível observar a presença de nitrito no tratamento com 140 pós-larvas L⁻¹ já no sexto dia de cultivo, antes dos demais tratamentos. Porém no tratamento de mais alta densidade (160 pós-larvas L⁻¹) a presença de nitrato foi somente observada no nono dia de cultivo com os demais tratamentos (Figura 5).

O processo de nitrificação é caracterizado por duas etapas, onde as bactérias nitrificantes, que em sua maioria são autotróficas, são as responsáveis pelos processos de conversão que partem da amônia até chegar a nitrato. A primeira etapa é a oxidação da amônia em nitrito, realizada pelas bactérias amônia oxidantes (AOB), sendo o nitrito (NO₂) um composto intermediário, e sua metabolização feita por bactérias nitrito oxidantes (NOB). Esse processo depende de meio ligeiramente alcalino, dependendo assim do pH e também da concentração de amônia presente na água (Fenchel e Blackburn, 1979).

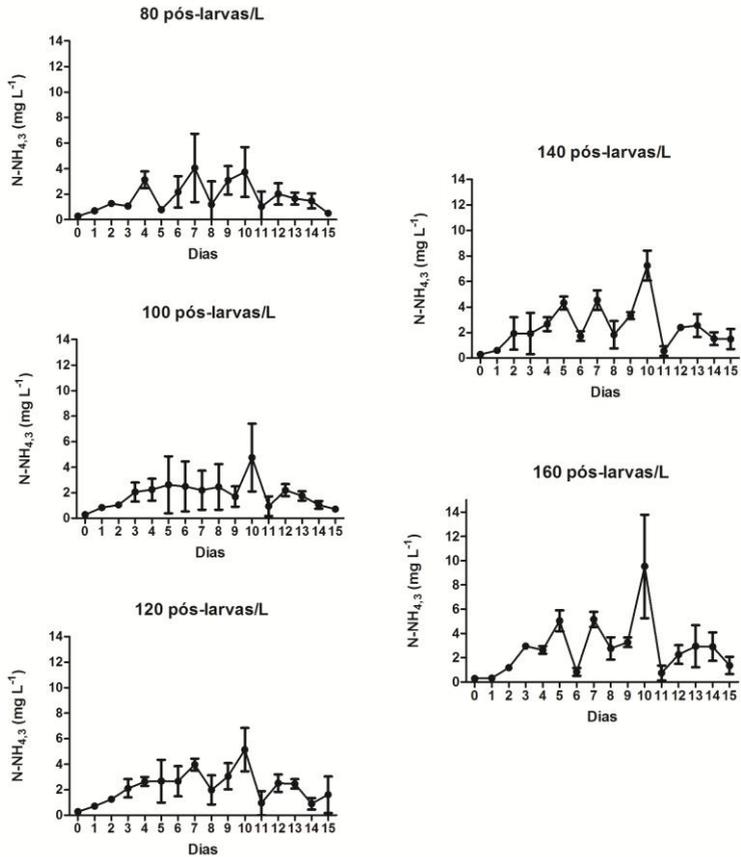


Figura 4. Distribuição da Amônia total no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹ em sistema de bioflocos, durante 15 dias, cada tratamento com 3 réplicas. N = 15.

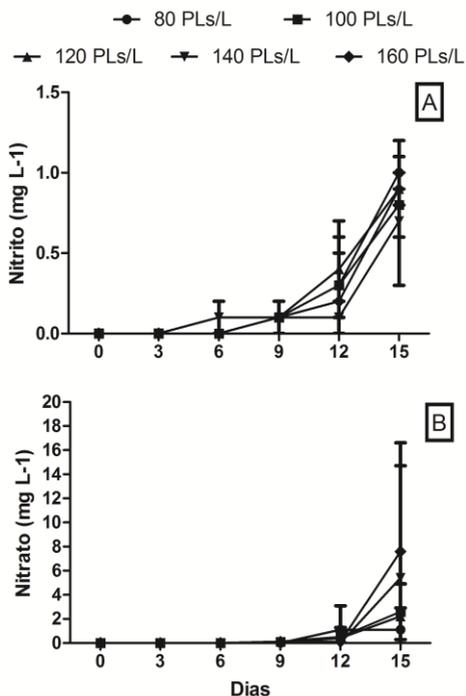


Figura 5. Distribuição do nitrito (A) e nitrato (B) no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L^{-1} em sistema de bioflocos, durante 15 dias, cada tratamento com 3 réplicas. $N = 15$.

Os sólidos apresentaram crescimento gradativo durante todo o cultivo. A quantidade de SST e SSV acompanharam a densidade de estocagem, quanto maior foi a densidade, maior também foi o volume de sólidos nas unidades de cultivo (Figura 6). Tanto para SST e SSV foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, entre os dias e na interação tempo x tratamento (Tabela 5). Os SST se mantiveram semelhantes até o sexto dia de cultivo em todos os tratamentos, começando a se diferenciar a partir do nono dia. Apenas o tratamento com 80 pós-larvas L^{-1} conseguiu manter os sólidos com taxas próximas aos padrões recomendados ($<500 \text{ mg } L^{-1}$) para a espécie (Samocha et al., 2007). Porém, foi observado no presente estudo que a concentração de SST em torno de $650 \text{ mg } L^{-1}$, não influencia a

sobrevivência nos tratamentos. De acordo com Schweitzer et al. (2013) a manutenção dos SST entre 400 a 600 mg L⁻¹ não causam influência no cultivo de juvenis de *L. vannamei*, enquanto valores muito altos (800 a 1000 mg L⁻¹) aumentavam a presença de partículas nas brânquias, diminuindo a sobrevivência e produtividade do cultivo. Os SSV acompanharam o crescimento dos SST, onde quando os mesmo foram transformados em porcentagem, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Em termos gerais, os parâmetros de qualidade de água sofreram variação de acordo com a densidade de estocagem, corroborando Stuart et al. (2009), que avaliando o uso de substrato artificial em diferentes densidades de estocagem com troca de água zero no berçário de *P. monodon*, observaram variação nos parâmetros de acordo com a presença e ausência de substrato e com o aumento na densidade de estocagem.

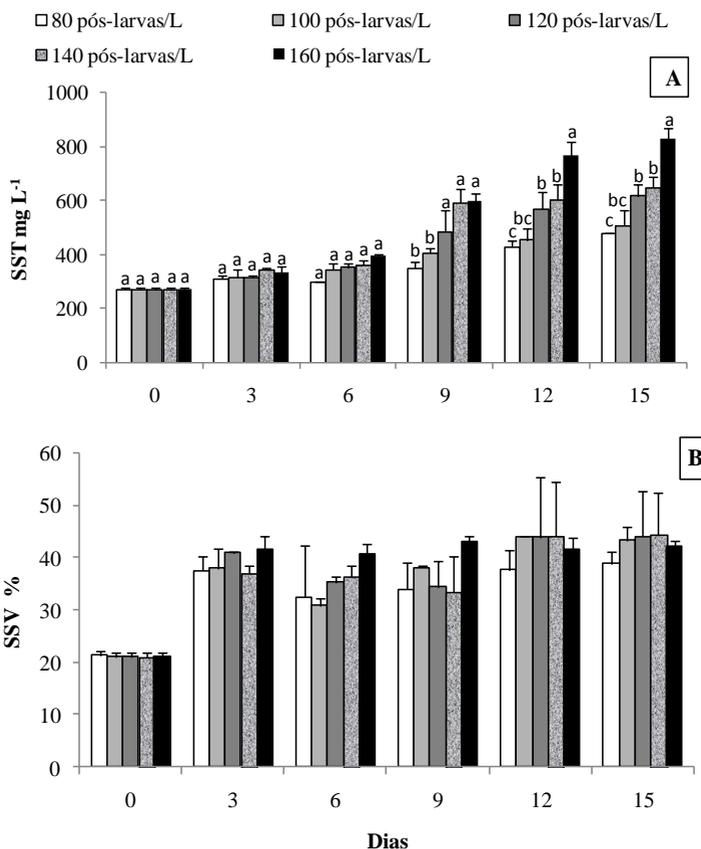


Figura 6. (A) Sólidos suspensos totais – SST, (B) Sólidos suspensos voláteis – SSV, no pré-berçário do camarão branco do Pacífico com uso de densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹, em sistema de bioflocos, durante 15 dias, cada tratamento com 3 réplicas. N = 15.

O tratamento com 80 pós-larvas L⁻¹ apresentou maior sobrevivência em relação aos demais tratamentos, não diferindo significativamente dos tratamentos com 100 e 140 pós-larvas L⁻¹. O tratamento com 160 pós-larvas L⁻¹ apresentou o menor índice de sobrevivência (Tabela 6). Os dados referentes a peso final e teste de estresse não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos

(Tabela 6). Em estudos realizados com substrato artificial e diferentes densidades de estocagem no berçário em sistema convencional de *L. vannamei* também não foi observado diferença significativa para peso final, sobrevivência e produtividade nos tanques que continham substrato artificial com densidades entre 778 a 1556 pós-larvas m^{-2} (Moss e Moss, 2004). Semelhante a Stuart et al. (2009), com troca de água zero, onde não foi observado diferença significativa para o crescimento e sobrevivência em tanques com uso de substrato artificial no cultivo em berçário de *M. monodon* com densidades de 2.500 e 5.000 pós-larvas m^{-3} . Estando essas densidades de estocagem muito abaixo do que as utilizadas em nosso trabalho.

Uma possível explicação para os valores de amônia total e SST tão altos não terem influenciado na sobrevivência das pós-larvas, foi que o cultivo teve seu início com valores baixos de ambos os parâmetros e seu crescimento aconteceu de forma gradativa dentro do sistema, onde garantiu a possibilidade das PLs se adaptarem. Porém, quando os valores chegaram a picos muito altos como os SST (acima de 700 mg L^{-1}) e a amônia total (acima de 8 mg L^{-1}) no tratamento de 160 pós-larvas L^{-1} , essas duas elevadas concentrações aliadas afetaram a sobrevivência dos animais cultivados, determinando uma mortalidade em torno de 45%. No presente estudo, foi possível observar que a amônia total de até $7,24 \pm 1,18 \text{ mg L}^{-1}$ não representou prejuízo para o cultivo, não comprometendo a sobrevivência nos tratamentos com densidades igual ou inferiores a 140 pós-larvas L^{-1} .

O uso da Needlona[®] pode incrementar a produção em até 133%. Já que nos sistemas de cultivo tradicional em pré-berçário é utilizada geralmente a densidade de 60 pós-larvas L^{-1} . Isso possibilita um cultivo com alta densidade, sem renovação de água, não necessitando de decantadores ou renovação para a retirada de sólidos da água de cultivo, resultando em uma maior produção, com um baixo investimento de implantação, sendo a Needlona[®] um substrato de baixo custo.

Tabela 6. Parâmetros zootécnicos do pré-berçário de *L. vannamei* em sistema de bioflocos durante 15 dias de cultivo em densidades de 80, 100, 120, 140 e 160 pós-larvas L⁻¹.

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Peso Final (mg)	Teste de estresse (%)
80 pós-larvas/L	95,67±2,89 ^a	8,67±0,29	95,33±1,15
100 pós-larvas/L	89,67±3,51 ^{ab}	9,33±0,58	97,33±1,15
120 pós-larvas/L	86,33±2,31 ^b	8,67±1,53	92,67±4,16
140 pós-larvas/L	90,00±2,00 ^{ab}	9,67±0,58	94,00±4,00
160 pós-larvas/L	55,00±7,94 ^c	9,33±1,53	96,67±1,15
Valor - p	<0,0001	0,7011	0,2399

Dados médios ± desvio padrão, n = 3. ANOVA unifatorial. Médias na mesma coluna seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Newman-Keuls ($P = 0,05$).

19 CONCLUSÃO

O pré-berçário do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* pode ser realizado com densidade de até 140 pós-larvas L⁻¹ em sistema de bioflocos com o uso do substrato artificial Needlona[®], sem prejudicar os índices zootécnicos das pós-larvas.

20 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (processo PVE/2712/2014) pelo apoio financeiro e pela bolsa de mestrado a aluna Priscila Costa Rezende, ao Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) e toda sua equipe técnica, ao Laboratório de Peixes Marinhos (LAPMAR) e ao Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) pelo suporte técnico e infraestrutura cedida.

21 REFERENCIAS

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Byrd Prepress, Washington.

Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S. A., 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. AJSS, 293, 42-48.

Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology: a practical guide book. Baton Rouge: J. World Aquac. Soc., 182 p.

Avnimelech, Y., 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *AJSS* 176, 227-235.

Barak, Y., Cytryn, E., Gelfand, I., Krom, M., Van Rijn, J., 2003. Phosphorus removal in a prototype, recirculating aquaculture system. *AJSS*, 220, 313-326.

Cohen, J.C., Samocha, T.M., Fox, J.M., Lawrence, A.L., 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquac. Eng.*, 32, 425-442.

Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y., 2009. Bioflocs technology application in overwintering of tilapia. *Aquac. Eng.*, 40, 105-112.

De Schryver, P., Crab, T., Defroidt, N., Boon, W.V., 2008. The basics of bioflocs technology: The added value for aquaculture. *AJSS*, 277, 125-137.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries Department, Rome, Italy.

Fenchel, T., Blackburn, T.H., 1979. Bacteria and mineral cycling. Academic Press, London.

Krummenauer, D., Cavalli, R.O., Ballester, E.L.C., Wasielesky, W.J., 2010. Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or adouble crop management strategy in earthen ponds. *Aquac. Res.*, 41, 240-248.

Li, S., Willits, D.H., Browdy, C.L., Timmons, M.B., Losordo, T.M., 2009. Thermal modeling of greenhouse aquaculture raceway systems. *Aquac. Eng.*, 41, 1-13.

Li, X., Dong, S., Lei, Y., Li, Y., 2007. The effect of stocking density of Chinese mitten crab *Eriocheirsinensis* on rice and crab seed yields in rice-crab culture systems. *AJSS*, 273, 487-493.

Lin, Y.C., Chen, J.C., 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar.*

Biol. Ecol. 259, 109-119.

McAbee, B.J., Browdy, C. L., Rhodes, R.J., Stokes, A.D., 2003. The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. *Global Aquaculture Advocate*, 6, 40-43.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., Horowitz, S., Horowitz, A., 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *L. vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquac. Eng.* 25, 69–82.

McIntosh, R.P., 2000. Changing paradigms in shrimp farming: III. Pond design and operation considerations. *Global Aquaculture Advocate*, 3, 42-45.

Moss, K.R.K., Moss, S.M., 2004. Effects of artificial substrate and stocking density on the nursery production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. World Aquac. Soc.*, 35, 537-542.

Naranjo-Paramo, J., Hernandez-Llamas, A., Villarreal, H., 2004. Effect of stocking density on growth, survival and yield of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) in gravel-line commercial nursery ponds. *AJSS*, 242, 197-206.

Peixoto, S., Wasielesky, W.J., Louzada, L., 2003. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme Southern Brazil. *J. of Applied Aquac.*, 14, 101-112.

Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *AJSS*, 310, 130-138.

Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz A., Brock D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquac. Eng.*, 36, 184-191.
Samocha, T.M., Gandy, R.L., McMahon, D.Z., Blacher, T., Benner,

R.A., Lawrence, A.L., 2002. Use of intensive nursery raceway system with limited water discharge to improve production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. J. World Aquac. Soc., 676 p.

Sandifer, P.A., Hopkins, J.T., 1996. Conceptual design of a sustainable pond-based shrimp culture system. Aquac. Eng., 15, 41-52.

Schweitzer, R., Arantes, R., Costodio, P.F.S., Santo, C.M.D., Arana, L.V., Seiffert, W.Q., Andreatta, E.R., 2013. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. Aquac. Eng. 56, 59-70.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin Fisheries Research board of Canada, Ottawa, 167, 1-205.

Stuart, J.A., Frank, E. C., Chris, J.J., Sarah, A.G., 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. AJSS, 293, 42-48.

Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. Water quality requirements and management. Pages 128–138 in: P. Van Wyk, M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K. Main, J. Mountain, and J. Scarpa, editors, Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, Florida, USA.

Wyban, J.A., Sweeney, J.N., 1991. Intensive shrimp production technology. Oceanic Institute Shrimp Manual. The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaii, USA.

Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall. Universidade de Michigan, 2, 718 p.

22 CONCLUSÕES GERAIS

- a) É possível fazer uso do sistema de cultivo em bioflocos na fase de pré-berçário.
- b) Dentre os substratos avaliados o Bidim[®] e a Needlona[®] apresentaram potencial para redução de sólidos suspensos na água de cultivo.
- c) A Needlona[®] apresenta melhores características para o cultivo em pré-berçário associado ao sistema de bioflocos, com melhores índices zootécnicos.
- d) O cultivo com altas densidades de estocagem pode acelerar o processo de nitrificação do sistema de bioflocos.
- e) A Needlona[®] com um aumento de área do tanque em 100% foi capaz de produzir 140 pós-larvas L⁻¹, mais que dobrando a produção de pré-berçário em sistema de bioflocos.

23 REFERÊNCIAS INTRODUÇÃO

ANDREATTA, E.R. **Comunicação pessoal**, 2012.

ANDREATTA, R.; BELTRAME, E. Aquicultura: Experiências Brasileiras: **Cultivo de Camarões Marinhos**. Multitarefa Editora Ltda, 456 p., 2004.

AUDELO-NARANJO, J.M.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.; VOLTOLINA, D.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S. Water quality, production parameters and nutritional condition of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) grown intensively in zero water exchange mesocosms with artificial substrates. **Aquaculture Research**, p. 1-7, 2011.

AVNIMELECH, Y. Intensive shrimp and fish ponds: Where we are and where we are heading. In: The 5th international conference on recirculating aquaculture, 2004, Virginia. **Proceedings the 5th international conference on recirculating aquaculture**. Virginia: Virginia Tech University, p. 192-199, 2004.

BALLESTER, E.L.C.; WASIELESKY, W.J.; CAVALLI, R.O.; ABREU, P.C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v. 269, p. 355-362, 2007.

BRATVOLD, D.; BROWDY, C.L. Effects of and sediment and vertical surfaces (AquaMatsTM) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system, **Aquaculture**. v. 195, p. 81-94, 2004.

BROWDY, C.L.; BRATFORD, D.; STOKES, A.D.; McIntosh, R.P. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In The new wave, In: C.L. Browdy; D.E. Jory (ed.). The new wave. Proceedings of the Special Session on sustainable shrimp farming, **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, p. 20-34.2001.

CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Bras. Zoologia**, v. 21, n.2, 2004.

CARVALHO, R.A.P.L.F. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação para estudos de digestibilidade em condições de alto desempenho para camarões marinhos: avaliação de ingredientes protéicos alternativos à farinha de peixe em diferentes níveis de inclusão à dietas para juvenis de *Litopenaeus vannamei***. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CHAMBERLAIN, G. History of shrimp farming. In: ALDAY-SANZ, V. (Ed.). **The Shrimp Book**. Nottingham: Nottingham University Press, p. 1-34, 2010.

COSTA, E. F., SAMPAIO. Y. Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão marinho cultivado. **Revista Economia Aplicada**, v. 8 n.2, p. 1-19, 2004.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, p. 1-14, 2007.

CRIALES, M. M. et al. The effect of acclimation salinity and age on the salinity tolerance of pink shrimp post-larvae. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 409, p. 283-289, 2011.

CUZON, G.; LAWRENCE, A.; GAXIOLA, G.; ROSAS, C.; GUILLAUME, J. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, v. 235, p. 513-551, 2004.

EMERENCIANO, M.G.C.; WASIELESKY, Jr.W.; SOARES, R.B.; BALLESTER, E.C.; IZEPPi, E.M.; CAVALLI, R.O. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n 1, p. 1-7, 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma: Sofia, 2015.

GOMEZ-JIMENEZ, S.; GONZALEZ- FELIX, M.L.; PEREZ-VELAZQUEZ, M.; TRUJILLO- VILLALBA, D.A.; ESQUERR-BRAUER, I.R.; BARRAZA-GUARDADO, R. Effect of dietary protein

level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero water exchange culture system. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 834-840, 2005.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquaculture Engineering**, v. 34, p. 344-363, 2006.

HOPKINS, J.S., DEVOE, M.R., HOLLAND, A.F. Environmental impacts of shrimp farming with special reference to the situation in the continental United-States. **Estuaries** v. 18, p. 25-42, 1995.

HOROWITZ, S.; HOROWITZ, A. Microbial intervention in aquaculture. In: Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems, 2002, Baton Rouge. **Proceedings of Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, p. 119-131, 2002.

KUMLU, M.; EROLDÖGAN, O.T.; SAGLAMTIMUR, B. The effects of salinity and added substrates on growth and survival of *Metapenaeus monóceros* (Decapoda: Penaeidae) post-larvae. **Aquaculture**, v. 196, p. 177-188, 2001.

LIGHTNER, D.V. Biosecurity in shrimp farming: Pathogen exclusion through use of SPF stock and routine surveillance. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 3, p. 229-248, 2005.

LUCHESE, T. **Avaliação da viabilidade da carcinicultura marinha no estado de São Paulo: uma análise a partir de indicadores de competitividade de cadeia produtiva**. 2003, 158 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

MAGALHÃES, M.E.S. **Cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema multifásico**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca. Recife, PE. 58p., 2004.

McAbee, B.J.; BROWDY, C.L.; RODHES, R.J.; STOKES, A.D. The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United

States. **Global Aquaculture Advocate**, v. 6, p. 40-43, 2003.

McINTOSH, R.I.; CULLEY, S.J.; MILEHAM, A.R. A critical evaluation of Shingo's SMED methodology. **International Journal of Production Research**. v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.

MODESTO, G.A.; MAIA, E.P. Cultivo de *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931) em Viveiros Berçário Intensivo, **XIII Simpósio Brasileiro de Aquicultura SIMBRAq**, Anais, p. 88-94, 2004.

MOLE, P.; BUNGE, J. Shrimp farming in Brazil: an industry overview. Roma: **FAO/WWF/NACA**, 26 p, 2003.

MONTEIRO, S.R.R. **Utilização de substrato artificial em cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei*, em água oligohalina e meio heterotófrico**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Recife, PE. 65p, 2008.

MOSS, K.R.K.; MOSS S. M. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 35, n. 4, 2004

NATORI, M.M.; SUSSEL, F.R.; SANTOS, E.C.B.; PREVIERO, T.C.; VIEGAS, E.M.M.; GAMEIRO, A.H. Desenvolvimento da carcinicultura marinha no Brasil e no mundo: avanços tecnológicos e desafios. **Informações econômicas**. São Paulo, v. 41, n. 2, p. 1-13, fev. 2011.

NUNES, A.J. Camarões Marinhos: Estratégias Especiais de Manejo para o Incremento da Produtividade. Panorama da Aquicultura. Disponível em: <http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Revistas/38/MARINHOS.asp>. Acesso em: 15.05.2015 às: 16:59, 2015.

NUNES, A.J.P.; MADRID, R.M.; ANDRADE, I.P. Carcinicultura Marinha Brasileira: Passado, Presente e Futuro. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, n. 124, p. 26-33, 2011.

OTOSHI, C.A.; SCOTT, M.S.; NAGUWA, F.C.; MOSS, S.M. Shrimp

behavior may effect culture performance at super-intensive stocking densities. **Global Aquaculture Advocate**, v. 2, p. 67-69, 2007.

OTOSHI, C.A.; TANG, L.R.; DAGDAGAN, D.V.; HOLL, C.M.; TALLAMY, C.J.; MOSS, S.M. Super-Intensive growout of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the Oceanic Institute. In: The 6th International Conference on Recirculation Aquaculture, 2006, Virginia. **Proceedings o the 6th International Conference on Recirculating Aquaculture**. Virginia: Virginia Tech University, p. 1-5, 2006.

PÁES-OSUNA, F. The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective. **Environmental Pollution**, v. 112, p. 229-231, 2001.

PRIMAVERA, J.H.; LEBATA, J. Diel activity patterns in *Metapenaeus* and *Penaeus* juveniles. **Hidrobiologia**. p. 295-302, 1995.

ROCHA, I.P. Carcinicultura Brasileira: Processos Tecnológicos, Impactos Sócio-Econômicos, Sustentabilidade Ambiental, Entraves e Oportunidades. **Instituto Chico Mendes**. Disponível em: <http://institutochicomendes.org.br/anuario/?page_id=1331>. Acesso em: 31.06.2015 às 18:59, 2015.

SAMOCHA, T.M.; LAWRENCE, A.L.; BIEDENBACH, J.M. The effect of vertical netting and water circulation pattern on growth and survival of *Penaeus vannamei* port-larvae in an intensive raceway system. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 2, p. 55-64, 1993.

SANDIFER, P.A.; HOPKINS, J.S.; STOKES, A.D. Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 18, p. 94-100, 1987.

SCHVEITZER, R. **Efeito dos sólidos suspensos totais na água e dos substratos artificiais sobre o cultivo superintensivo de *Litopenaeus vannamei* com bioflocos**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. Florianópolis, SC. 134p, 2012.

SCHVEITZER, R. Procedimento Operacional de Berçário de *Litopenaeus vannamei* do Laboratório de Camarões Marinhos da

Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: **LCM-UFSC**, 2006.

STUART, J.A.; MELONY J.S.; PETER, J.C.; GREG, J.C. Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate. **Aquaculture**, v. 246, p. 231– 238, 2005.

TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I.P.; DECAMP, O.E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p.121-137, 2002.

ANEXO I

Sala experimental com tanque de 60 L.



ANEXO II

Disposição dos substratos por tanque.



ANEXO III

Tipos de substratos artificial, (A) tela de mosquiteiro, (B) Bidim[®], (C) Needlona[®].

