



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

USO DO FARELO DE ARROZ NA FERTILIZAÇÃO DA ÁGUA EM  
SISTEMA DE CULTIVO COM BIOFLOCOS E SEU EFEITO SOBRE  
O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE *Litopenaeus vannamei*

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

Orientador: Walter Quadros Seiffert

Felipe Gomes Vilani

Florianópolis/SC  
2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

V696u Vilani, Felipe Gomes

Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* [dissertação] / Felipe Gomes Vilani ; orientador, Walter Quadros Seiffert. - Florianópolis, SC, 2011.  
52 p.: grafs., tabs.

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

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. Fertilização - (Biologia). 3. Farelo de arroz. 4. *Litopenaeus vannamei*. 5. Bioflocos. I. Seiffert, Walter Quadros. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. III. Título.

CDU 639.3

**Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo  
com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de  
*Litopenaeus vannamei***

Por

FELIPE GOMES VILANI

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 Aqüicultura.

---

Prof. Evoy Zaniboni Filho, Dr.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Dr. Walter Quadros Seiffert – *Orientador*

---

Dr. Edeimar Roberto Andreatta

---

Dr. Wilson Francisco Britto Wasielesky Junior



**Dedico aos meus pais:**

**Danilo Vilani  
e  
Carmen Anita Gomes Vilani**

Por todo Amor e Luz



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre presente em minha jornada e principalmente por guiar meu caminho sempre com muita luz...

Agradeço ao LCM pela oportunidade de mais uma vez trabalhar junto ao grupo dos camarões marinhos.

Ao Professor Walter, pelo apoio total, dedicação, orientação e por sempre acreditar em mim e meu trabalho.

A José Luís, Felipe Vieira, João, Anselmo e Carlitos pelo apoio na logística estrutural e burocrática, além de Professora Katt e professor Vinatea pelos sábios conselhos.

Davi pela ajuda incondicional a qualquer momento e reclamações do dia-a-dia, Dimas, Ilson, Andrea, Paulinho pelo apoio e cafezinhos e aos vigias noturnos pelos constantes cuidados de nossos projetos e pesquisas.

Ao Jarbas e Carla Bonetti pelo apoio estrutural do LOC quanto às análises de qualidade de água e ao parceiro Carlos Manoel por toda sua dedicação junto aos trabalhos de pesquisa.

A Rafael Arantes e Rodrigo (Digão), por terem sido essenciais co-orientadores neste trabalho, pelos incansáveis debates, ajustes, horas de discussão e por **cooperarem** com todo o conhecimento adquirido ao longo desses dois anos trabalhando junto a vocês. Rafa, esquece esse negócio de posto de gasolina, seu conhecimento não tem valor que pague, “Bóra pra fazenda, acaba esse doutorado duma vez, sai do ninho!!! Digão, volta para Bahia Negao, aqui é que tá o ouro, quais ficar rico em Floripa??!!!

A Jaiane, Caio, Robson, Manecas, Marcela, Patô, Chico, Scopel, gringo, Ewdmar, Helena, Marquinho e Dadi, pela ajuda essencial durante os experimentos realizados e pelas novas idéias e grande amizade a qual acredito e espero que seja eterna, boa sorte a todos e sucesso sempre!!!

Grandes lembranças aos encontros gastronômicos (ou não) na casa à beira da Lagoa da Conceição no Beco dos Coroas. Emílio, Gabriel, Guilherme e toda raça que já passou por lá obrigado pela hospitalidade de sempre!!!

Valeu pela parceria forte, Fabíola, Geonava, Cassio, Katina, Norah, Jhon, Rafaela, Romi, Wanessa, Cristina, Eduardo Sanches, Professora Mônica, Saião, Professora Anita e todos os que deveriam também estar aqui presente !!! Cláudio Gardenau, valeu pela imensa força no trabalho!!!!

Aos irmãos baianos Betão e Renato, além de Wesley (de Juízo de Fora - MG) parceria forte em qualquer situação, desde jogando xadrez, até vendendo côco!!! Sem palavras pela amizade!!! Miserêêê!!!!

Ao Prof. Vinícius, Israel e Vaíco, forte abraço, sucesso e que um dia a piscicultura marinha venha ter seu merecido lugar ao sol!!!!

A todos os novos e antigos amigos e professores que ao longo desses dois anos contribuíram de certa forma para minha formação. O mérito não foi só meu, e sim de todos nós...

Ao CNPQ pelo fomento da bolsa de estudo, FAPESC por financiar o projeto e Aquatec – RN pelo material biológico.

E por último o mais importante, gostaria de agradecer a toda minha família, pelo imenso apoio, grande carinho e total compreensão em todos os momentos. O amor por vocês não cabe aqui nesse papel....

Muito Obrigado.

## RESUMO

Nos últimos anos, a produção aquícola de camarões marinhos vem trabalhando no desenvolvimento de estratégias de cultivos super-intensivos sem troca de água. Um estudo de 39 dias foi realizado com intuito de avaliar o efeito de dois tipos de fertilizantes sobre o crescimento, sobrevivência e conversão alimentar de pós-larvas (PL 20) de *Litopenaeus vannamei* mantidas em sistema super-intensivo (150 cam.m<sup>-2</sup>) de bioflocos com zero troca de água. Foi elaborado um delineamento experimental bi-fatorial composto por quatro tratamentos (0,7 m<sup>3</sup>) com 3 réplicas cada (4x3), os quais foram condicionadas de forma aleatória em uma sala com ambiente controlado. Os fatores analisados foram o uso de Farelo de arroz (F) ou Melaço de cana (M) como fonte de carbono durante a fertilização inicial, utilizando duas taxas de aplicação, 25 mg.L<sup>-1</sup> e 100 mg.L<sup>-1</sup> (F25; F100; M25 e M100). Inicialmente à fertilização foi utilizado um monocultivo específico de *Chaetoceros mulleri* (5x10<sup>4</sup> cels.mL<sup>-1</sup>) e após o povoamento, foi utilizado melaço (na relação 6:1 C:N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) para controlar o acúmulo nas concentrações de amônia. Parâmetros de qualidade de água (O<sub>2</sub>, temperatura, pH, alcalinidade, N-AT, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, ortofosfato, turbidez, SST, SSV e clorofila-a), além da produção líquida do sistema (NEP), produtividade líquida (PPL) e a respiração da coluna d'água (R) foram monitorados durante as cinco semanas de estudo. Ao final da fertilização, as diferentes fontes de carbono demonstraram semelhante comportamento metabólico de degradação. As taxas de respiração (R) foram maiores nos tratamentos fertilizados com 100 mg.L<sup>-1</sup> enquanto a produção líquida do sistema (NEP) foi menor nos mesmos tratamentos. Não houve diferença estatística nos parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos ao final do experimento, exceto para turbidez. Em relação aos parâmetros zootécnicos, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si, apenas para conversão alimentar aparente. Os resultados demonstram que o farelo de arroz pode ser utilizado como fertilizante inicial da água e que diferentes dosagens de aplicação não causaram efeito no crescimento inicial de pós-larvas de *L. vannamei* cultivadas em sistema super-intensivo com bioflocos.

**Palavras-chave:** fertilização; farelo de arroz; *Litopenaeus vannamei*; bioflocos



## ABSTRACT

In the last few years, the aquacultural marine shrimp production has been developing strategies for super-intensive cultures without water exchange. A 39-d study was conducted to evaluate the effect of two types of fertilizer on growth, survival and feed efficiency of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae (PL-20) cultured in super-intensive (150 animals. m<sup>-2</sup>) zero water exchange biofloc technology (BFT). The experiment where distributed in 4 replicated (randomly assigned) microcosms tanks (0.7m<sup>3</sup>) and the treatments where distinguished by the use of rice bran (RB) or molasses (MO) as initial fertilizer carbon source, versus two addition rates, which were 25mg.L<sup>-1</sup> and 100mg.L<sup>-1</sup> respectively (RB25; RB100; MO25; MO100). A monoculture of *Chaetoceros mulleri* (5x10<sup>4</sup>cels.ml<sup>-1</sup>) was initially added to all treatments and after PL stocking molasses was used to control ammonia concentrations using a 6:1 C:N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ratio. Water quality parameters (O<sub>2</sub>, temperature, pH, alkalinity, TAN, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, dissolved orthophosphate, turbidity, TSS, VSS and chlorophyll-a), net ecosystem metabolism, net photosynthesis, also the water column respiration, were examined during the five week study. At end of fertilization, the different carbon source demonstrated similar metabolic behavior. The respiration rates (R) were higher in the treatments fertilized with 100mg.L<sup>-1</sup>, while the net ecosystem production (NEP) where smaller in the same treatments. There were no significant differences for water quality parameter between treatments at end of experiment, except for turbidity, also no significant differences were found among treatments on shrimp performance, just for feed conversion rate. Results demonstrated that rice bran can be used as fertilizer source and the different quantity of fertilizer applied in initial water fertilization did not caused better effect on the growth of *L. vannamei* cultured in super-intensive biofloc system.

**Keywords:** fertilization; rice bran, *Litopenaeus vannamei*; bioflocs.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Variação média ( $\pm$ DP) nas concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total (NAT) e de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) apresentados pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 durante a fertilização. .... 33**
- Figura 2. Variação média ( $\pm$ DP) das taxas de Produção Primária Líquida (PPL) e Respiração (R), apresentadas pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do período experimental. .... 34**
- Figura 3. Variação média ( $\pm$ DP) na Produção Líquida do Sistema (NEP) e concentração de Clorofila-a, apresentadas pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do período experimental. .... 35**
- Figura 4. Concentração média ( $\pm$ DP) de Sólidos Suspensos Totais (SST) apresentados pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do cultivo. .... 36**



## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1. Análise centesimal da ração, melaço e do farelo de arroz utilizados como matéria orgânica durante a fertilização..... 28**

**Tabela 2. Valores médios ( $\pm$ DP) da Produção Primária Líquida (PPL), Respiração (R), Produção Líquida do Sistema (NEP) e dos Sólidos Suspensos Totais (SST), observados durante os sete dias de fertilização nos tratamentos F25, F100, M25 e M100. O valor de Clorofila-a (média $\pm$ DP) representa o valor final apresentado ao 7º dia. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p >0,05$ )..... 32**

**Tabela 3. Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros físicos e químicos analisados nos tratamentos F25, F100, M25 e M100 durante o período experimental (39 dias). Os parênteses indicam os valores máximos e mínimos ocorridos. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p >0,05$ )..... 35**

**Tabela 1. Valores médios ( $\pm$ DP) referentes ao peso inicial e peso final das Pl's, ganho em peso semanal (GPS), produtividade, sobrevivência e conversão alimentar aparente de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* cultivadas sob dois regimes de fertilização. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p >0,05$ )..... 37**



## ÍNDICE

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>22</b>
<b>Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de pós-larvas <i>Litopenaeus vannamei</i>.</b> .....	<b>23</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>23</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>24</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>25</b>
<b>2. Materiais e Métodos</b> .....	<b>26</b>
2.1 Local de estudo .....	26
2.2 Delineamento experimental .....	26
2.3 Fertilização da água .....	27
2.4 Análise da atividade microbiana .....	28
2.5 Povoamento e alimentação .....	29
2.6 Índices produtivos e parâmetros hidrobiológicos da água .....	29
2.6.1 Parâmetros hidrobiológicos da água .....	29
2.6.2 Fotoperíodo .....	29
2.6.3 Alcalinidade .....	29
2.6.4 Sólidos suspensos .....	30
2.6.5 Compostos nitrogenados e fosfato .....	30
2.6.6 Controle da Amônia .....	30
2.6.7 Clorofila-a .....	31
2.6.8 Índices Zootécnicos .....	31
<b>3. Análise estatística</b> .....	<b>31</b>
<b>4. Resultados</b> .....	<b>32</b>
<b>5. Discussão</b> .....	<b>37</b>
<b>6. Conclusões</b> .....	<b>42</b>
7. Agradecimentos .....	42
<b>8. Referências</b> .....	<b>43</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO</b> .....	<b>49</b>



## INTRODUÇÃO

A aquicultura tem contribuído cada vez mais com o suplemento de pescados mundial, fornecendo atualmente mais de 47% do total produzido em todo o mundo e demonstrando ser a atividade que mais tem crescido em relação aos outros setores de produção animal. Inserido nessa realidade, a carcinicultura encontra-se como uma importante indústria nas regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo, apresentando-se com destaque nas últimas décadas e participando com 42% de todo camarão produzido no mundo (FAO, 2009).

No Brasil, este crescimento também vem sendo observado desde 2001 quando a produção brasileira de camarões cultivados (41.000 t) ultrapassou a pesca extrativista (28.025 t), atingindo seu máximo de produção no ano de 2003 (90.190 t). A região Nordeste é a maior produtora, abrangendo 90% da área destinada ao cultivo (ROCHA, 2005).

A preocupação com a sustentabilidade da carcinicultura mundial é evidente. Apesar das vantagens oferecidas pela atividade (curta duração dos ciclos, alta rusticidade e capacidade reprodutiva das espécies cultivadas), o cultivo de camarões marinhos vem recebendo diversas críticas ao redor do mundo (MAIA, 2000).

Fatores como a destruição de manguezais e estuários, depleção de estoques naturais de pescados para obtenção de matéria prima na fabricação de rações, introdução de espécies exóticas, emissão de efluentes químicos e orgânicos e a disseminação de enfermidades tem contribuído para a formação dessas críticas (NAYLOR et al., 2000; THOMPSON et al., 2002; BOYD, 2003; PIEDRAHITA, 2003). A necessidade de criar alternativas para melhorar a sustentabilidade da atividade está direcionando a indústria atuar através de práticas mais intensivas, biosseguras e responsáveis, tais como, diminuição das áreas de cultivo, sustentação dos elevados índices de produtividade e principalmente o maior controle biológico e sanitário das unidades de produção (HOROWITZ; HOROWITZ, 2001).

Frente à esta situação, sistemas de cultivos fechado vem sendo desenvolvidos em regiões, onde ocorrem limitações no uso de água, baixa disponibilidade e custos elevados do valor da terra, assim como a forte pressão para a diminuição dos impactos ambientais (GUTIERREZ-WING; MALONE, 2006).

Os sistemas de cultivo com zero ou mínima troca de água são conhecidos como sistemas de bioflocos bacterianos ou também

simplesmente chamados de *BFT* (*Bio-flocs Technology*) (DE SCHRYVER; VERSTRAETE, 2009).

Estudos realizados por CRAB et al. (2007), demonstram que a tecnologia de cultivo fechado com bioflocos proporciona um método sustentável de manutenção da qualidade de água, além da auto-produção de fonte protéica de alimento. Destacando que as técnicas de tratamento de efluentes que mantém a qualidade de água, reciclando seus nutrientes e simultaneamente produzindo alimento “*in situ*” possuem conceitos mais sustentáveis quando comparadas com outras técnicas de cultivo, tais como o sistema semi-intensivo tradicional.

A adição de substratos ricos em carbono orgânico nesses sistemas de cultivo estimula o crescimento da biomassa protéica bacteriana, a qual promove a retirada e reciclagem dos compostos nitrogenados presentes na água (FUNGE-SMITH; BRIGGS, 1998). Fontes de carboidratos, tais como, glicose, celulose, tapioca, melão, farelo de arroz, dextrose, entre outros, permitem o manejo das relações de carbono/nitrogênio e estimulam o desenvolvimento dessas comunidades microbianas (AVNIMELECH, 1999; HARI et al., 2006).

Em sistemas de bioflocos, quando há suficiente suplemento de carbono orgânico, os sólidos presentes no tanque, assim como todo o carbono e nitrogênio proveniente da ração e das excretas são convertidos em biomassa bacteriana (BURFORD et al., 2004; EBELING et al., 2006).

Esta biomassa bacteriana pode ser consumida por algumas espécies aquáticas onívoras como o camarão *L. vannamei*, que consomem diretamente os bioflocos como fonte de alimento altamente nutritivo, rico em proteínas e outros microelementos essenciais (MCINTOSH, 2000; CHAMBERLAIN et al., 2001; BURFORD et al. 2004; CUZON et al., 2004).

A produção de biomassa bacteriana heterotrófica é mais dependente dos níveis de suplemento de carbono e das taxas de nutrientes do que das fontes de carbono (SCHNEIDER et al., 2006), sendo que é possível o uso de diversas fontes de carbono no sistema de bioflocos microbianos, e a tendência atual para essa tecnologia é a utilização de fontes de carboidratos de baixo custo (CRAB et al., 2009).

Embora existam muitos estudos relacionados com a dinâmica do sistema de bioflocos microbianos e seus efeitos no crescimento de organismos cultiváveis e na reciclagem de nutrientes, ainda não existem protocolos definidos sobre a fertilização inicial nesses sistemas de cultivo, provavelmente devido à complexidade, grande variedade e

diversas formas de desenvolvimento dos microorganismos presentes nos tanques de cultivo com bioflocos.

O estudo do efeito do farelo de arroz como fonte de carbono e proteína na fertilização inicial da água em sistemas heterotróficos de cultivo, poderá fornecer subsídios que contribuam com a melhoria dos protocolos de fertilização inicial, favorecendo a diminuição dos custos de produção (pelo fato de ser uma fonte de carbono de baixo custo), assim como auxiliando promover maior sustentabilidade produtiva, principalmente em sistemas super-intensivos de cultivo de *L. vannamei*.

O artigo desenvolvido a partir deste trabalho será submetido à revista científica Aquaculture e encontra-se formatado conforme as normas desta revista.

## OBJETIVOS

Contribuir com informações relacionadas à fertilização inicial da água em sistemas heterotróficos de cultivo (*BFT - Biofloc Technology*).

### **Objetivos específicos:**

Avaliar o uso do farelo de arroz como fertilizante inicial da água de cultivo em sistemas de bioflocos microbianos e avaliar seu desenvolvimento microbiano através das taxas de respiração, produtividade líquida e produtividade primária.

Avaliar duas diferentes taxas de fertilização da água e seu efeito no desenvolvimento zootécnico de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei*.

## Uso do farelo de arroz na fertilização da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de pós-larvas *Litopenaeus vannamei*.

Felipe Gomes Vilani<sup>a</sup>, Rafael da Fonseca Arantes<sup>a</sup>, Rodrigo Schweitzer<sup>a</sup>  
e Walter Quadros Seiffert<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratório de Camarões Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis - SC

Endereço para correspondência – Laboratório de Camarões Marinhos-  
LCM, Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal de Santa Catarina, CP: 476, Florianópolis, SC,  
CEP: 88040-970, Brasil  
E-mail: felipevilani@hotmail.com

### Resumo

Nos últimos anos, a produção aquícola de camarões marinhos vem trabalhando no desenvolvimento de estratégias de cultivos super-intensivos sem troca de água. Um estudo de 39 dias foi realizado com intuito de avaliar o efeito de dois tipos de fertilizantes sobre o crescimento, sobrevivência e conversão alimentar de pós-larvas (PL 20) de *Litopenaeus vannamei* mantidas em sistema super-intensivo (150 cam.m<sup>-2</sup>) de bioflocos com zero troca de água. Foi elaborado um delineamento experimental bi-fatorial composto por quatro tratamentos (0,7 m<sup>3</sup>) com 3 réplicas cada (4x3), os quais foram condicionadas de forma aleatória em uma sala com ambiente controlado. Os fatores analisados foram o uso de Farelo de arroz (F) ou Melaço de cana (M) como fonte de carbono durante a fertilização inicial, utilizando duas taxas de aplicação, 25 mg.L<sup>-1</sup> e 100 mg.L<sup>-1</sup> (F25; F100; M25 e M100). Inicialmente à fertilização foi utilizado um monocultivo específico de *Chaetoceros mulleri* (5x10<sup>4</sup> cels.mL<sup>-1</sup>) e após o povoamento, foi utilizado melaço (na relação 6:1 C:N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) para controlar o acúmulo nas concentrações de amônia. Parâmetros de qualidade de água (O<sub>2</sub>, temperatura, pH, alcalinidade, N-AT, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, ortofosfato, turbidez, SST, SSV e clorofila-a), além da produção líquida do sistema (NEP), produtividade líquida (PPL) e a respiração da coluna d'água (R) foram monitorados durante as cinco semanas de estudo. Ao final da fertilização, as diferentes fontes de carbono demonstraram semelhante comportamento metabólico de degradação. As taxas de respiração (R) foram maiores nos tratamentos fertilizados com 100 mg.L<sup>-1</sup> enquanto a produção líquida do sistema (NEP) foi menor nos mesmos tratamentos. Não houve diferença estatística nos parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos ao final do experimento, exceto para turbidez. Em relação

aos parâmetros zootécnicos, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si, apenas para conversão alimentar aparente. Os resultados demonstram que o farelo de arroz pode ser utilizado como fertilizante inicial da água e que diferentes dosagens de aplicação não causaram efeito no crescimento inicial de pós-larvas de *L. vannamei* cultivadas em sistema super-intensivo com bioflocos.

**Palavras-chave:** fertilização; farelo de arroz; *Litopenaeus vannamei*; bioflocos.

### **Abstract**

In the last few years, the aquaculture marine shrimp production has been developing strategies of super-intensive cultures without water exchange. A 39-d study was conducted to evaluate the effect of two types of fertilizer on growth, survival and feed efficiency of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae (PL-20) cultured in super-intensive (150 animals. m<sup>-2</sup>) zero water exchange biofloc technology (BFT). The experiment where distributed in 4 replicated (randomly assigned) microcosms tanks (0.7m<sup>3</sup>) and the treatments where distinguished by the use of rice bran (RB) or molasses (MO) as initial fertilizer carbon source, versus two addition rates, which were 25mg.L<sup>-1</sup> and 100mg.L<sup>-1</sup> respectively (RB25; RB100; MO25; MO100). A monoculture of *Chaetoceros mulleri* (5x10<sup>4</sup> cels.ml<sup>-1</sup>) was initially added to all treatments and after PL stocking molasses was used to control ammonia concentrations using a 6:1 C:N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ratio. Water quality parameters (O<sub>2</sub>, temperature, pH, alkalinity, TAN, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, dissolved orthophosphate, turbidity, TSS, VSS and chlorophyll-a), net ecosystem metabolism, net photosynthesis, also the water column respiration, were examined during the five week study. At end of fertilization, the different carbon source demonstrated similar metabolic behavior. The respiration rates (R) were higher in the treatments fertilized with 100mg.L<sup>-1</sup>, while the net ecosystem production (NEP) where smaller in the same treatments. There were no significant differences for water quality parameter between treatments at end of experiment, except for turbidity, also no significant differences were found among treatments on shrimp performance, just for feed conversion rate. Results demonstrated that rice bran can be used as fertilizer source and the different quantity of fertilizer applied in initial water fertilization did not caused better effect on the growth of *L. vannamei* cultured in super-intensive biofloc system.

**Keywords:** fertilization; rice bran, *Litopenaeus vannamei*; bioflocs.

## 1. Introdução

A Fertilização da água dos viveiros anteriormente ao povoamento é uma prática comum para a maioria das espécies cultivadas (Mischke e Zimba, 2004). Diversos autores relatam que os nutrientes presentes nos fertilizantes são incorporados e reciclados pela biomassa de algas e bactérias formando um ambiente rico em alimento natural, que por fim servem de alimento para a espécie cultivada (Schneider et al., 2005; Ebeling et al., 2006; Zhou et al., 2009).

Em viveiros de cultivo, a fauna e a flora bentônica representam a principal fonte alimentar dos camarões, reduzindo sua atividade de busca pela ração (Nunes e Parsons, 2000).

No cultivo de camarões em sistemas super-intensivos com bioflocos, o uso de fontes de matéria orgânica a base de carbono e nitrogênio é essencial para o desenvolvimento das comunidades microbianas que irão atuar como suplemento alimentar, assim como na reciclagem dos nutrientes acumulados no sistema (Avnimelech, 1999; McIntosh, 2000).

O elevado grau de investimento e conhecimento técnico relacionado à esse sistema, induz a indústria do cultivo de camarões a procurar insumos mais baratos que possam estimular da mesma forma a reciclagem de nutrientes, assim como a promover a formação de comunidades microbianas, que de certa forma serão consumidas pelos organismos cultivados (Asaduzzaman et al., 2010). Se as bactérias forem reutilizadas como alimento, a sustentabilidade ecológica do sistema aumenta (Schneider, 2006).

Segundo Mischke e Zimba (2009), diferentes práticas de manejo de fertilização tais como a quantidade ou o tipo de fertilizante fornecido, podem alterar as respostas dos organismos. Da mesma forma, Schneider (2006) relata que a produção de biomassa bacteriana heterotrófica é mais dependente dos níveis de suplemento de carbono e das taxas de nutrientes do que das fontes de carbono. Este fator levanta a hipótese de que maiores concentrações de biomassa bacteriana correspondem a maiores níveis de alimento natural nos tanques, e o desenvolvimento desta condição de cultivo (com maior disponibilidade de alimento natural) poderia de fato influenciar no desenvolvimento inicial dos camarões.

Existe outra problemática em relação aos modelos de fertilização utilizados atualmente, a qual diz respeito aos seus elevados

custos. O melaço em combinação com ração para camarões marinhos é comumente utilizado para promover o desenvolvimento inicial de microorganismos nos sistemas de cultivo super-intensivos com bioflocos (Avnimelech, 1999; McIntosh, 2000; Ballester et al., 2010).

Avaliando-se as diferentes fontes de carbono de baixo custo, o farelo de arroz apresenta-se com potencial para ser utilizado no cultivo heterotrófico devido ao fato da sua composição centesimal possuir elevados teores de carboidratos (39,75%) e proteínas (12 %), além do reduzido teor de cinzas (8,7%), segundo Lima et al. (2000) apresenta também baixos teores de lignina. A lignina é um composto de difícil ou nula digestibilidade e degradação, por parte das comunidades bacteriana e dos camarões (Srinivasan, 1987).

O presente estudo buscou avaliar o potencial do uso do farelo de arroz como fertilizante inicial da água no sistema BFT e verificar se diferentes taxas de aplicação causam algum efeito no desenvolvimento zootécnico de larvas de *L. vannamei*.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1 Local de estudo**

O experimento foi realizado em Florianópolis/SC (27° 37' Sul e 48° 27' Oeste) nos Laboratórios de Camarões Marinhos (LCM) e Oceanografia Costeira (LOC), pertencentes à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

### **2.2 Delineamento experimental**

O estudo teve duração de 39 dias. Quatro tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em um delineamento experimental bifatorial (inteiramente casualizado), utilizando 3 réplicas para cada tratamento, totalizando 12 unidades experimentais (4x3), que foram condicionadas em uma sala com ambiente controlado.

As unidades experimentais (U.E.) foram constituídas por tanques circulares de fibra de vidro com capacidade para 900 L (volume útil) e área de fundo de 1,1 m<sup>2</sup>, equipados individualmente com sistema de aeração composto por um anel central de Aerotube (localizado no fundo dos tanques) e três air-lifts (dois laterais e um central). O sistema de aeração além de fornecer oxigênio, promovia a circulação da água do sistema, permitindo que as fezes, restos de ração e os sólidos presentes nos tanques fossem mantidos em suspensão e distribuídos por toda a

coluna d'água. O controle térmico nas U.E. foi realizado através do uso de aquecedores de 1000 W, mantendo a temperatura em aproximadamente 29 °C, sendo controlada através de termostatos. Os tratamentos foram mantidos sob troca zero de água, havendo somente a reposição da água perdida por evaporação.

As U.E. foram abastecidas com um volume total de 700 L de água salgada (salinidade 35 ‰). A água foi esterilizada com a aplicação de 25 ppm de Hipoclorito de Sódio dissolvido (NaOCl - 65%) granulado e declorada após 24h, utilizando 12g de Tiosulfato de Sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), segundo protocolo de esterilização utilizado no LCM.

### 2.3 Fertilização da água

Iniciando 7 dias antes do povoamento dos tanques com pós-larvas de *L. vannamei*, a fertilização da água nas U.E. foi realizada de 2 formas: orgânica e inorgânica.

Após o abastecimento, esterilização e neutralização da água, todos os tratamentos receberam inicialmente água de cultivo mono-específico de microalgas da espécie *Chaetoceros mulleri* na densidade de  $5 \times 10^4$  células.mL<sup>-1</sup>.

A fertilização inorgânica foi aplicada de forma equivalente em todas as U.E. e teve como objetivo estimular o desenvolvimento inicial das microalgas inoculadas nos tratamentos (Samocha et al., 2007; Brito et al., 2009). A aplicação foi dividida em três dosagens, utilizando um total de 3,1g de uréia e 0,53g de Super fosfato triplo (SPT) equivalentes a uma concentração N:P de 2:0,2 mg.L<sup>-1</sup>. Silicato de sódio também foi adicionado aos tratamentos, na concentração de 40 mg.L<sup>-1</sup>.

A fertilização orgânica foi dividida em duas taxas de aplicação (25mg.L<sup>-1</sup> e 100mg.L<sup>-1</sup>) e também aplicada em três dosagens. Para aperfeiçoar a produção e conseqüentemente a retenção dos nutrientes na biomassa bacteriana a relação C:N deve situar-se acima de 10:1 (Burford et al., 2003; Arantes, 2007). Devido ao fato do farelo de arroz possuir uma relação C:N de 20:1, e para manter a mesma relação em todos os tratamentos, foram realizadas fertilizações com melaço de cana-de-açúcar e ração comercial para camarões (35%PB), possibilitando o ajuste dos níveis de nitrogênio de acordo com a mesma relação C:N apresentada pelo farelo de arroz. Todas as fertilizações realizadas durante o experimento foram calculadas considerando-se as composições centesimais dos ingredientes utilizados (Tabela 1).

**Tabela 2. Análise centesimal da ração, melão e do farelo de arroz utilizados como matéria orgânica durante a fertilização.**

%	Ração	Melão	Farelo arroz
Carboidrato	21,19	69,57	39,75
Proteína	34,34	3,02	12,67
Fibra	14	<0,1	7,84
Gordura	9	<0,5	20,89
Cinzas	12,45	22,05	8,75
Umidade	9,02	5,36	10,07

#### 2.4 Análise da atividade microbiana

Durante a fertilização inicial, medidas de atividade microbiana da água foram avaliadas diariamente em todos os tratamentos. Estes parâmetros foram determinados através das taxas de produção primária líquida (PPL), respiração (R) e produção líquida do sistema (NEP).

As análises foram realizadas diariamente por meio da incubação de amostras de água em quatro garrafas de DBO (300 mL), sendo duas transparentes (produção) e duas escuras (respiração), mantidas durante um período de duas horas. As garrafas foram colocadas em banho-maria dentro de um cesto e mantidas submersas nos primeiros 10 cm de água assegurando-se que a luz incidisse sobre as garrafas e a temperatura não se elevasse.

As taxas de produção primária líquida (PPL), produção primária bruta (PPB) e respiração (R) foram expressas em oxigênio ( $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) e determinadas através das seguintes equações:

$$\text{Produção (PPL) } \text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = (C_{fc} - C_i) / T$$

$$\text{Produção (PPB) } \text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = [(C_{fc} - C_i) + (C_i - C_{fe})] / T$$

$$\text{Respiração (R) } \text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = (C_i - C_{fe}) / T$$

onde,  $C_i$  é a concentração de oxigênio dissolvido no período inicial da incubação,  $C_{fc}$  é a concentração de oxigênio dissolvido na garrafa clara no período final da incubação  $C_{fe}$  é a concentração de oxigênio dissolvido na garrafa escura no período final da incubação, e  $T$  é o tempo da incubação expresso em horas (Soeder e Talling, 1969).

Com estes resultados, as condições tróficas dos tanques foram determinadas através do cálculo da Produção líquida do sistema (NEP),

obtido dividindo-se a produção primária bruta pela respiração PPB/R (Atwood et al., 2004). Valores maiores que 1 caracterizam ambientes autotróficos dominado por algas e menores que 1 caracterizam ambientes heterotróficos dominados por bactérias (Burford et al., 2003).

## 2.5 Povoamento e alimentação

Após a fertilização os tanques foram povoados com pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* (PL 17), com peso inicial de  $0,0240 \pm 0,005g$  e estocadas a uma densidade de 165 pós-larvas por tanque, equivalente a  $150 \text{ cam.m}^{-2}$ .

Os camarões foram adquiridos na AQUATEC, devido à esta empresa oferecer pós-larvas SPF (*Free Specific Pathogen*). Durante a primeira semana os animais foram alimentados seis vezes ao dia com ração específica para esta fase de desenvolvimento (EPAK PL<sup>®</sup> e EPAK XL<sup>®</sup>). Após esse período foi utilizada ração com 40% de proteína bruta (POTIMAR<sup>®</sup> PL) e fornecida quatro vezes ao dia. A taxa inicial de arraçoamento foi de 35% da biomassa.dia<sup>-1</sup>, sendo ajustada de acordo com o crescimento apresentado pelos camarões (Van Wyk e Scarpa, 1999).

## 2.6 Índices produtivos e parâmetros hidrobiológicos da água

### 2.6.1 Parâmetros hidrobiológicos da água

O oxigênio dissolvido e a temperatura da água das unidades experimentais foram monitorados duas vezes ao dia, utilizando os equipamentos da marca YSI<sup>®</sup> modelos 5100 e 30 respectivamente. O pH foi medido com o auxílio do pHmetro digital da marca ALFAKIT<sup>®</sup> modelo AT-350, a transparência, turbidez e salinidade da água foram medidas diariamente com auxílio do disco de Secchi, turbidímetro (ALFAKIT<sup>®</sup> modelo PLUS VI.28) e salinômetro (YSI<sup>®</sup> 30).

### 2.6.2 Fotoperíodo

O fotoperíodo foi mantido em 12:12, e a intensidade luminosa foi determinada através do uso de um Luxômetro marca ICEL<sup>®</sup> modelo LD-550 apresentando uma média de 6600 LUX durante o período experimental.

### 2.6.3 Alcalinidade

A alcalinidade foi determinada através da titulação das amostras (50 ml) em ácido sulfúrico (0,02 N) e utilizando o alaranjado de metila

como indicador do ponto de virada (APHA, 1998), sendo o resultado expresso em  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ .

#### **2.6.4 Sólidos suspensos**

As análises das concentrações de sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) foram efetuadas duas vezes por semana, seguindo o método de gravimetria de volatilização (Strickland e Parsons, 1972). Para tanto, micro filtros de fibra de vidro (*GF/50-A 47 ± 0,5mm*), previamente secos e pesados, foram utilizados para filtrar 100ml de amostra, sendo posteriormente levados à estufa e secos novamente a 105 °C durante 1h e 30 min e novamente pesados em balança analítica de precisão.

Para a determinação das concentrações de sólidos suspensos voláteis, os filtros previamente pesados e contendo as amostras foram queimados em mufla a 500°C durante o período de uma hora. Após o arrefecimento, foram pesados novamente e através da diferença entre o peso final e peso inicial, determinou-se os sólidos suspensos voláteis (APHA, 1998). Os sólidos sedimentáveis ( $\text{ml.L}^{-1}$ ) foram medidos diariamente, utilizando cone Imhoff (APHA, 1998).

#### **2.6.5 Compostos nitrogenados e fosfato**

Os 100 ml de amostra de água filtrada resultante das análises de sólidos, foram utilizados para determinação das concentrações de amônia ( $\text{N-NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{N-NO}_2$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) e ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) com o auxílio de um espectrofotômetro *LA MOTTE*® modelo *Smartspectro*. As análises foram realizadas 2x por semana, com exceção do fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ), analisado apenas 1x por semana. Ambas análises foram realizadas de acordo com procedimentos descritos por APHA, 1998, utilizando espectrofotômetro marca *LA MOTTE*® modelo *Smartspectro*. O Nitrato foi analisado de acordo com metodologia descrita por HACH® (método 8039 – Redutor de Cádmi), utilizando espectrofotômetro HACH® modelo *DR50000*.

#### **2.6.6 Controle da Amônia**

Adições diárias de melaço foram realizadas ao longo do cultivo, tendo como objetivo a retirada da amônia que seria produzida em decorrência da entrada de ração nos tanques. Essa técnica possibilita manter baixos os níveis de amônia dentro do sistema (Avnimelech, 1999). Além desses procedimentos, aplicações extras de melaço foram realizadas a cada vez que a concentração de amônia no sistema ultrapassava valores de 1  $\text{mg.L}^{-1}$ . Avnimelech op cit. e Ebeling et al.

(2006), determinam que 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de NAT (nitrogênio amoniacal total) em biomassa bacteriana. A adição de melação era realizada após a última alimentação do dia (17:00).

### **2.6.7 Clorofila-a**

A determinação da concentração de clorofila-a foi realizada a cada 7 dias. Allan e Maguire (1992) citam este procedimento como ferramenta para obtenção de valores de biomassa fitoplanctônica. De acordo com metodologia descrita por Strickland e Parsons (1972), foram filtrados 100mL de amostra de cada unidade experimental através de filtros de Membrana HA em Ésteres de celulose (Nitrato 75-80% e Acetato - 0,45 micra, 47mm). A extração do pigmento fotossintético foi realizada com a maceração do filtro contendo a amostra a ser analisada e mantendo-a em 9ml de acetona 90% (Merck® PA) no escuro (-18°C) durante 24h. Para leitura e determinação da concentração de clorofila-a foi utilizado espectrofotômetro HACH® DR50000, e os cálculos das concentrações foram derivados da equação de Jeffrey e Humphrey (1975).

### **2.6.8 Índices Zootécnicos**

Foram monitorados através de biometrias semanais a partir da segunda semana de cultivo, onde amostras de 30 camarões foram coletadas e pesadas para obtenção do peso médio e estimativa de biomassa. Ao final do período foram analisados os respectivos índices zootécnicos para avaliar o desempenho dos cultivos: produtividade ( $\text{kg.m}^{-2}$ ); índice de conversão alimentar aparente (C.A.A.); ganho de peso semanal em gramas (GPS) e sobrevivência (%).

## **3. Análise estatística**

Para verificar diferenças nos parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos, foi utilizada a análise bifatorial de variância (two-way ANOVA  $p < 0,05$ ), considerando como fatores, quantidade e fonte de carbono. Os índices zootécnicos dos camarões e os parâmetros físico-químicos foram submetidos à análise unifatorial de variância (one-way ANOVA  $p < 0,05$ ). Em caso de diferenças significativas, o teste tukey foi utilizado para discriminação das médias.

Para a análise dos dados de sobrevivência, estes foram transformados para o arcoseno  $y^{0,5}$ . As variáveis não repetidas no tempo: produtividade, conversão alimentar, sobrevivência, foram avaliadas através da ANOVA-unifatorial ( $p < 0,05$ ) seguida de teste de tukey para a

discriminação das médias. Todos os cálculos foram feitos com o auxílio do programa StatSoft STATÍSTICA 7.0.

## 4. Resultados

### 4.1 Período de fertilização

#### 4.1.1. Atividade microbiana e cla-a

Independentemente do tipo de fertilizante ou das quantidades aplicadas, foi possível observar a presença de atividade microbiana durante o período de fertilização. A produção primária líquida (PPL) apresentou valores positivos em todos os tratamentos. A demanda de oxigênio indicada pelos valores de respiração (R) da coluna d'água foi mais elevada nos tratamentos M100 e F100 ( $p < 0,05$ ) e os valores de produção líquida do sistema (NEP) apresentaram-se mais elevados ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos F25 e M25, quando comparado com F100 e M100 (Tabela 2).

**Tabela 3. Valores médios ( $\pm$ DP) da Produção Primária Líquida (PPL), Respiração (R), Produção Líquida do Sistema (NEP) e dos Sólidos Suspensos Totais (SST), observados durante os sete dias de fertilização nos tratamentos F25, F100, M25 e M100. O valor de Clorofila-a (média $\pm$ DP) representa o valor final apresentado ao 7º dia. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ).**

	PPL ( $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}\text{.h}^{-1}$ )	R ( $\text{mgO}_2\text{L}^{-1}\text{.h}^{-1}$ )	NEP	Cla - a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	SST ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
F25	0,86 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	0,22 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	5,82 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	372,46 $\pm$ 70,8 <sup>a</sup>	286,6 $\pm$ 21,5 <sup>a</sup>
F100	0,45 $\pm$ 0,2 <sup>bc</sup>	0,56 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	1,95 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	268,33 $\pm$ 258,5 <sup>a</sup>	333,7 $\pm$ 24,5 <sup>b</sup>
M25	0,71 $\pm$ 0,3 <sup>ab</sup>	0,18 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	6,09 $\pm$ 3,0 <sup>a</sup>	206,65 $\pm$ 108,2 <sup>a</sup>	267,7 $\pm$ 08,7 <sup>a</sup>
M100	0,24 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>	0,49 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	1,91 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	221,87 $\pm$ 102,5 <sup>a</sup>	285,4 $\pm$ 15,8 <sup>a</sup>

A biomassa fitoplanctônica indicada pelas concentrações de clorofila-a não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Valores médios de 372 $\pm$ 70  $\mu\text{g}$  cla-a.L<sup>-1</sup> foram observados em F25 no último dia de fertilização (Tabela 2).

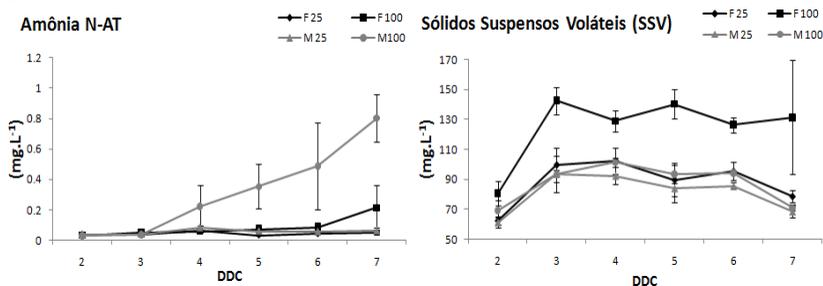
#### 4.1.2. Parâmetros de qualidade de água

Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade e alcalinidade foram constantes ao longo do período de fertilização, não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

A concentração do nitrogênio amoniacal total (N-AT) apresentada no tratamento M100 foi superior em relação aos demais tratamentos ( $p<0,05$ ), sua elevação foi detectada a partir do 3º dia, alcançando valores de  $0,80\pm 0,16 \text{ mg.L}^{-1}$  no último dia de fertilização. O tratamento F100 apresentou aumento na concentração do  $\text{N-NH}_4^+$  apenas a partir do 6º dia, porém apresentou valor médio inferior ( $0,21\pm 0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Os tratamentos F25 e M25 mantiveram-se próximos a zero durante todo o período (Figura 1). As concentrações de nitrito ( $\text{N-NO}_2$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) e orto-fosfato ( $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) apresentaram-se abaixo do limite de detecção dos métodos empregados durante todo o período de fertilização.

O tratamento F100 apresentou concentrações mais elevadas de sólidos suspensos totais (SST) ao final da fertilização ( $p<0,05$ ) quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 2). Os sólidos suspensos voláteis (SSV), apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $p<0,05$ ) para o tratamento F100 ( $125,06\pm 12,87 \text{ mg.L}^{-1}$ ) quando comparado aos tratamentos F25, M25 e M100 ao final da fertilização, que apresentaram médias de  $88,06\pm 7,40$ ;  $80,94\pm 4,62$  e  $87,17\pm 5,13 \text{ mgSSV.L}^{-1}$  respectivamente (Figura 1).

O valor de turbidez (NTU) apresentado por F100 foi superior ( $p<0,05$ ) em relação aos outros tratamentos no último dia de fertilização, apresentando um valor médio de  $23,86\pm 3,92 \text{ NTU}$ , enquanto F25, M25 e M100 apresentaram médias de  $13,54\pm 3,24$ ,  $8,32\pm 1,28$  e  $10,65\pm 1,86$  respectivamente, não apresentando diferenças entre si durante o período ( $p>0,05$ ).



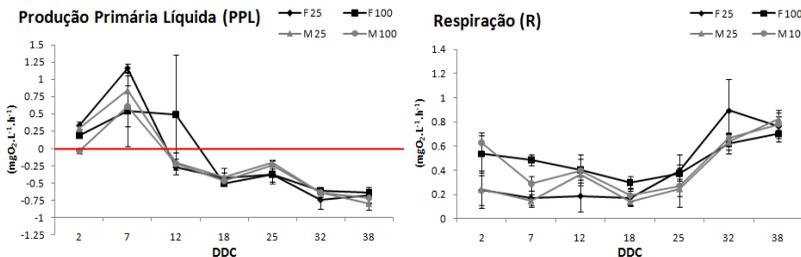
**Figura 1. Variação média ( $\pm$ DP) nas concentrações de Nitrogênio Amoniacal Total (NAT) e de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) apresentados pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 durante a fertilização.**

## 4.2 Período após o povoamento

### 4.2.1. Atividade microbiana e cla-a

O valor máximo de PPL ocorreu com o tratamento F25 (1,16  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), observado no 7º dia. Os tratamentos F25, M25 e M100 apresentaram queda nas taxas de fotossíntese presentes na coluna d'água a partir do 7º dia de experimento, sendo que F100 apresentou o mesmo comportamento a partir do 12º dia. A partir de então, todos os tratamentos apresentaram valores negativos de PPL. Ao final do experimento, F25, F100, M25 e M100 apresentaram valores abaixo de -0,64  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (Figura2).

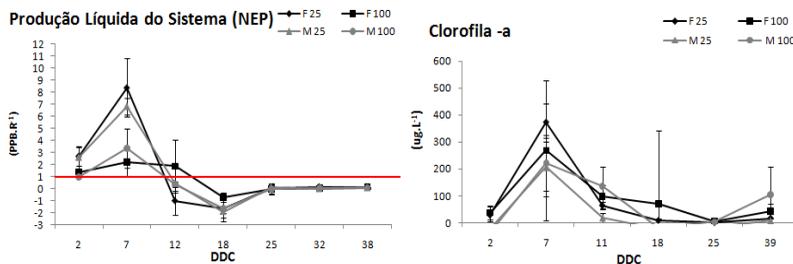
Em relação às taxas de respiração, todos os tratamentos apresentaram elevação a partir do 18º dia, demonstrando o mesmo padrão de comportamento. No 32º dia, o tratamento F25 apresentou os maiores valores de respiração (0,90  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Ao final do experimento, todas as taxas de respiração estiveram acima de 0,70  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (Figura 2).



**Figura 2. Variação média ( $\pm$ DP) das taxas de Produção Primária Líquida (PPL) e Respiração (R), apresentadas pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do período experimental.**

Os valores de NEP passaram a ser negativos nos tratamentos F25, M25 e M100 no 12º dia e em F100 no 18º dia, demonstrando alteração na condição trófica do sistema em todos os tanques (Figura 3).

As concentrações de clorofila-a diminuíram significativamente a partir do povoamento com os camarões, chegando a valores próximos a zero em M25 e M100 no 18º e 25º dia respectivamente (Figura 3).



**Figura 3. Variação média ( $\pm$ DP) na Produção Líquida do Sistema (NEP) e concentração de Clorofila-a, apresentadas pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do período experimental.**

#### 4.2.2 Parâmetros de qualidade de água

Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade e alcalinidade não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ao longo de todo o cultivo (Tabela 3).

Ocorreram variações nas concentrações de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_2$  entre os tratamentos, porém não houve diferenças ( $p > 0,05$ ) ao final do período. Os níveis de  $\text{N-NO}_3$  e  $\text{P-PO}_4^{3-}$  não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 4. Valores médios ( $\pm$ DP) dos parâmetros físicos e químicos analisados nos tratamentos F25, F100, M25 e M100 durante o período experimental (39 dias). Os parênteses indicam os valores máximos e mínimos ocorridos. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ).**

	Tratamentos			
	F25	F100	M25	M100
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28.98 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	29.14 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	28.84 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	29.23 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>
Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	6.02 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	5.98 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	5.99 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	5.93 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
pH	8.11 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	8.13 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	8.14 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	8.14 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
Salinidade (%)	34.6 $\pm$ 0.7 (33.4-36) <sup>a</sup>	35.1 $\pm$ 0.5 (34.1-36.1) <sup>a</sup>	34.6 $\pm$ 0.6 (33.5-36) <sup>a</sup>	34.6 $\pm$ 0.7 (33.3-36.2) <sup>a</sup>
Amônia ( $\text{mg}\ \text{N-NH}_4^+\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.38 $\pm$ 0.56 (0.03-2.13) <sup>a</sup>	0.39 $\pm$ 0.55 (0.03-2.23) <sup>a</sup>	0.33 $\pm$ 0.45 (0.04-1.7) <sup>a</sup>	0.38 $\pm$ 0.4 (0.03-1.15) <sup>a</sup>
Nitrito ( $\text{mg}\ \text{N-NO}_2\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.34 $\pm$ 0.32 (0.0-0.8) <sup>a</sup>	0.5 $\pm$ 0.41 (0.0-1.01) <sup>a</sup>	0.49 $\pm$ 0.39 (0.0-0.91) <sup>a</sup>	0.55 $\pm$ 0.43 (0.0-1.03) <sup>a</sup>
Nitrato ( $\text{mg}\ \text{N-NO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ )	5.5 $\pm$ 6.5 (0.0-14.83) <sup>a</sup>	7.99 $\pm$ 10.14 (0.0-22.5) <sup>a</sup>	8.11 $\pm$ 10.5 (0.0-23.5) <sup>a</sup>	7.98 $\pm$ 8.88 (0.0-20) <sup>a</sup>
Ortofosfato ( $\text{mg}\ \text{P-PO}_4^{3-}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.57 $\pm$ 0.5 (0.0-1.24) <sup>a</sup>	0.82 $\pm$ 0.58 (0.0-1.43) <sup>a</sup>	0.42 $\pm$ 0.41 (0.0-1.05) <sup>a</sup>	0.51 $\pm$ 0.41 (0.0-1.14) <sup>a</sup>
Alcalinidade ( $\text{mg}\ \text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ )	135.78 $\pm$ 6.1 (110.6-172) <sup>a</sup>	133.8 $\pm$ 6.74 (106.6-133.8) <sup>a</sup>	132.56 $\pm$ 3.71 (106-160) <sup>a</sup>	136.18 $\pm$ 4.81 (108.6-161.3) <sup>a</sup>
Turbidez (NTU)	40.6 $\pm$ 6 (5.8-85) <sup>a</sup>	49.5 $\pm$ 6 (13.7-83.7) <sup>b</sup>	27.3 $\pm$ 3 (5.5-64.6) <sup>f</sup>	34 $\pm$ 14 (78-71.4) <sup>bc</sup>
SSV ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	118 $\pm$ 11 (63-210) <sup>ab</sup>	135 $\pm$ 11 (81-200) <sup>b</sup>	105 $\pm$ 7 (61-195) <sup>a</sup>	113 $\pm$ 8 (69-195) <sup>a</sup>

As concentrações médias de SSV não apresentaram variações em relação ao período de fertilização até aproximadamente o 17º dia, a partir de então, todos os tratamentos apresentaram uma constante

elevação de suas concentrações até o final do experimento, atingindo valores máximos de  $210 \pm 20$  mgSSV.L<sup>-1</sup> no tratamento F25 (Tabela 3).

Durante o mesmo período e acompanhando as mesmas tendências, todos os tratamentos apresentaram aumento nas concentrações de SST a partir do 17º dia, atingindo valores médios de  $512,67 \pm 37,70$  mgSST.L<sup>-1</sup> ao final do experimento, sem apresentar diferenças estatísticas entre si ( $p > 0,05$ ) (Figura 4).

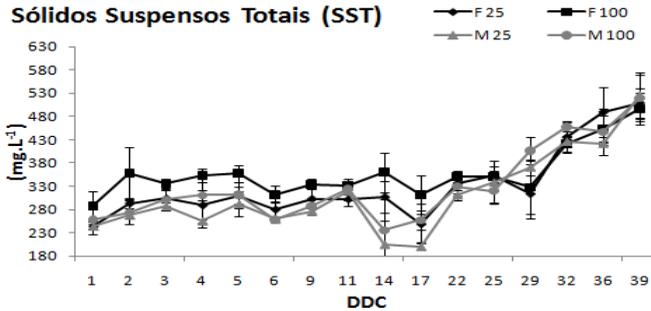


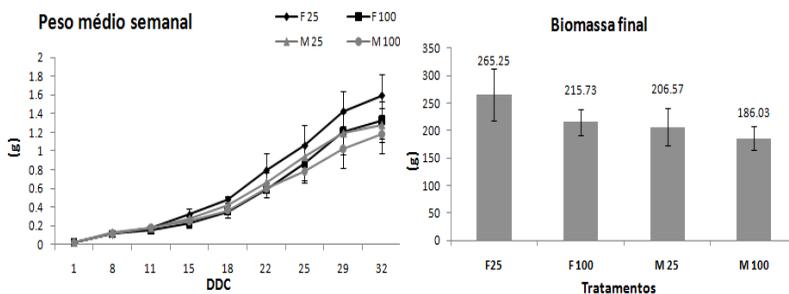
Figura 4. Concentração média ( $\pm$ DP) de Sólidos Suspensos Totais (SST) apresentados pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 ao longo do cultivo.

#### 4.2.3. Parâmetros Zootécnicos

Os resultados referentes aos parâmetros zootécnicos das pós-larvas de *L. vannamei* estão apresentados na Tabela 4. O índice de conversão alimentar aparente (C.A.A.) foi diferente ( $p < 0,05$ ) entre F25 e M100, porém o ganho de peso semanal (GPS), produtividade ( $\text{kg.m}^{-2}$ ), sobrevivência (%), peso médio final (g) e os índices de biomassa final (g) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ao final dos 39 dias de cultivo (Tabela 4 e Figura 5).

**Tabela 5. Valores médios ( $\pm$ DP) referentes ao peso inicial e peso final das Pl's, ganho em peso semanal (GPS), produtividade, sobrevivência e conversão alimentar aparente de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* cultivadas sob dois regimes de fertilização. Letras iguais indicam que as médias são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ).**

	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	GPS (g)	Produtividade (kg.m <sup>-2</sup> )	Sobrevivência (%)	C.A. aparente
F25	0,024 $\pm$ 0,002	1,57 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,3440 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	0,292 $\pm$ 0,052 <sup>a</sup>	100,00 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	1,09 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>
F100	0,024 $\pm$ 0,002	1,32 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,2855 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,237 $\pm$ 0,026 <sup>a</sup>	98,79 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	1,15 $\pm$ 0,0 <sup>ab</sup>
M25	0,024 $\pm$ 0,002	1,27 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	0,2740 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	0,227 $\pm$ 0,037 <sup>a</sup>	98,18 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	1,31 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>
M100	0,024 $\pm$ 0,002	1,16 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,2524 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	0,205 $\pm$ 0,024 <sup>a</sup>	96,36 $\pm$ 5,5 <sup>a</sup>	1,37 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>



**Figura 5. Peso médio ( $\pm$ DP) semanal (g) e biomassa média ( $\pm$ DP) final (g) apresentado pelos tratamentos F25, F100, M25 e M100 durante o período experimental.**

## 5. Discussão

### 5.1 Atividade microbiana e cla-a

As características metabólicas de PPL, R e NEP, referentes às duas fontes de carbono que foram utilizadas no experimento demonstraram que ambas possibilitaram o desenvolvimento das comunidades de microorganismos, e que este desenvolvimento pode ser manipulado pela quantidade de matéria orgânica disponível no meio.

O uso de uma fonte de carbono formada por carboidratos de estrutura complexa como o farelo de arroz (Lima, 2000) foi prontamente degradado, fornecendo carbono para o desenvolvimento microbiano. Uma vez que seu uso em maiores quantidades resultou no aumento dos processos de respiração na coluna d'água logo nos primeiros dias após o início da fertilização.

Estes valores foram semelhantes aos encontrados quando o melaço foi utilizado, demonstrando capacidade na produção de biomassa bacteriana e alimento independentemente do tipo de carboidrato fornecido. O uso de carboidratos de estrutura complexa como farinha de trigo, farelo de soja ou sorgo já foi descrito como promotor do crescimento de bactérias heterotróficas no cultivo com bioflocos (Avnimelech et al 1994; Santana et al., 2008; Souza et al., 2009).

Os valores positivos de PPL apresentados até o 12º dia indicaram a predominância autotrófica do sistema durante o período. Após essa fase, é possível observar que todos os tratamentos apresentaram mudanças em suas características tróficas demonstrando balanço heterotrófico na relação entre produção e respiração.

O inóculo inicial de algas foi determinante para as características iniciais do experimento, no entanto, o efeito de sua utilização sobre a dinâmica do sistema, não demonstrou ter influência no tempo, em vista dos baixos valores de clorofila-a apresentados ao final do experimento. Estudos realizados por Quin et al., (1995) caracterizam esta condição, citando que as comunidades bacterianas e as fitoplanctônicas estão negativamente correlacionadas.

Possivelmente a adição de ração e melaço tenha sido determinante para o direcionamento trófico do sistema, pois pouco tempo após a entrada dos camarões, o incremento diário de carbono, oriundo da ração e do melaço auxiliou o sistema a tornar-se heterotrófico, independentemente do tipo de fertilizante utilizado na fase inicial, uma vez que os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento.

Resultados encontrados por Avnimelech (2009) corroboram com esses dados, comprovando que apenas o fato de alimentar o viveiro, seja suficiente para o desenvolvimento de comunidades microbianas heterotróficas. Outros autores discutem que o sistema de cultivo pode tornar-se predominantemente heterotrófico quando a adição de carbono excede aquele oriundo da produção primária, independentemente da relação C/N utilizada (Burford et al., 2003). O mesmo pode ter ocorrido durante esse estudo, uma vez que os valores de produção primária declinaram significativamente a partir do momento da entrada dos camarões.

## **5.2 Qualidade de água**

Como variáveis físicas e químicas de qualidade de água foram analisadas: temperatura, oxigênio, pH, alcalinidade, salinidade, assim

como as concentrações dos compostos nitrogenados. Estes parâmetros mantiveram-se nos níveis aceitáveis para o cultivo do *L. vannamei* em sistemas de cultivo intensivos (Van Wyk e Scarpa, 1999).

De acordo com Goldman, (1987), a limitação do carbono reduz a assimilação líquida do nitrogênio e conseqüentemente o incremento da biomassa, assim, parte do nitrogênio orgânico disponível passa a ser mineralizado em amônia, podendo explicar a ocorrência de elevados níveis de N-AT no tratamento M100 durante a fertilização. Acredita-se que o melaço tenha sido rapidamente respirado, sendo possível que o nitrogênio contido na ração ainda não estivesse disponível durante o mesmo período, ocorrendo sua liberação somente a partir do momento em que não havia mais carbono suficiente para manter a alta relação C:N e promover imobilização da amônia em biomassa microbiana.

O farelo de arroz por ser uma fonte de carbono de maior complexidade estrutural e apresentar maior dificuldade para sua dissolução é um produto menos lábil e de degradação lenta, esta característica provavelmente influenciou no comportamento dos níveis de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ocorridos durante a fertilização, pois nota-se que o farelo de arroz disponibilizou o carbono por um período maior de tempo, o que manteve os níveis de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> baixos por mais tempo.

As concentrações de SST e SSV alcançadas pelos diferentes tratamentos ao longo dos 39 dias de cultivo permaneceram dentro de uma faixa de valores semelhantes aos apresentados por autores como Samocha et al., (2007); Avnimelech, (2009) e Vinatea et al., (2010).

Seria razoável esperar que as diferentes taxas de fertilização apresentassem diferentes concentrações iniciais de SST e SSV nos tanques, porém mesmo com F100 e M100 recebendo quatro vezes mais matéria orgânica em relação à F25 e M25, todos os tratamentos apresentaram concentrações similares de SST, com exceção de F100.

Hargreaves (2006) relata que a composição dos sólidos suspensos consiste em fitoplâncton, protozoários, bactérias e agregados de matéria orgânica viva e morta. Eventualmente ocorre no sistema a morte do fitoplâncton (devido ao seu ciclo de vida) e o nitrogênio orgânico, assim como outros nutrientes contido nas células, é remineralizado pelas bactérias heterotróficas, desta forma, os nutrientes retornam para a alça microbiana (microbial loop) na forma de proteína bacteriana.

O inóculo inicial de algas ( $5 \times 10^4$  cel.ml<sup>-1</sup>) antes do início da fertilização provavelmente promoveu um elevado “input” de matéria orgânica, o que provavelmente contribuiu para que os valores de SST

em todos os tratamentos fossem maiores do que as quantidades de fertilizantes colocados nas unidades experimentais (25 e 100 mg.L<sup>-1</sup>).

As características relacionadas à fonte de carbono empregada podem ter sido responsáveis pelas baixas concentrações de SSV no tratamento M100, quando comparado a F100. O tratamento M100 apresentou taxas elevadas de mineralização da matéria orgânica, com baixos valores de SSV, alta taxa de respiração e concentração de amônia em elevação durante todo o período de fertilização. Substratos não nitrogenados como o caso do melaço geralmente contém mais energia por unidade de carbono do que àqueles com presença de compostos nitrogenados (farelo, por exemplo), e desta forma são preferencialmente respirados pelos microrganismos (Anderson, 1992).

Ao contrário, em F100 os processos de desenvolvimento microbiano podem ter sido favorecidos de uma forma diferente, uma vez que os valores de amônia foram significativamente menores e os de SSV maiores, mesmo com taxas de respiração acima de 0,56 mgO<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. As bactérias heterotróficas provavelmente utilizam alguns compostos exclusivamente para energia e outros como esqueleto e fonte de carbono para a biosíntese (Del Giorgio e Cole 2000; Crab et al., 2009).

Após o povoamento dos tanques e conseqüente aumento da entrada de ração (relacionado ao incremento da biomassa dos camarões), os níveis SSV mantiveram-se estáveis até o 17º dia de cultivo, assim como durante o período de fertilização. Este fato pode estar baseado na hipótese de que a matéria orgânica adicionada diariamente estava em grande parte sendo consumida pelos camarões ou sendo degradada pelas comunidades microbianas. A ocorrência de constantes concentrações de SSV ao longo do tempo em sistemas super-intensivos de cultivo de camarões está relacionada à processos de oxidação constante da matéria orgânica na forma de SSV (Vinatea et al., 2010).

A partir deste período, nota-se que houve uma relação positiva entre o aumento dos níveis de SSV e os índices de respiração da comunidade microbiana, esta característica é observada até o final do cultivo, como os níveis de clorofila-a apresentavam-se em valores reduzidos, provavelmente não exerceram influência significativa sobre as concentrações de SSV observadas.

Sugere-se que nesta fase os processos de oxidação da matéria orgânica, assim como o consumo por parte dos camarões, não tenham sido suficientes para impedir o acúmulo de biomassa da comunidade bacteriana heterotrófica presente na água dos tanques.

De acordo com Kirchmann (2000) e Goldman e Dennet (2000), o balanço entre mineralização da matéria orgânica e síntese de biomassa bacteriana são fatores bastante complexos e dependem em parte da relação C:N do material orgânico. A manutenção de altas relações C:N tendem a promover a imobilização do nitrogênio e o aumento de biomassa bacteriana (Avnimelech et al., 1999), por isso o melaço para controle do nitrogênio amoniacal utilizado ao longo do período de cultivo neste experimento.

Em relação aos elevados níveis de turbidez apresentados pelo uso do farelo de arroz, estes podem estar relacionados com seu baixo teor de solubilidade, porém esta característica não afetou negativamente os índices de qualidade de água.

### **5.3 Desempenho zootécnico**

Os índices de sobrevivência apresentados no estudo confirmaram a ocorrência de condições favoráveis de qualidade do ambiente de cultivo para o desenvolvimento das pós-larvas de *L.vannamei*, assim como apresentaram resultados similares a outros estudos relacionados com sistemas superintensivos (Cohen et al., 2005; Wasielesky et al., 2006)

Ludwig (2002), avaliando o cultivo de peixes onívoros relata que maiores quantidades de alimento natural produzidos com o uso de volumes crescentes de farelo de arroz, não causaram efeitos positivos no desempenho dos organismos cultivados. Ainda, o uso de quantidades maiores de fertilizante orgânico gerou deterioração da qualidade de água com a elevação rápida na concentração de nitrogênio amoniacal, entretanto, para os níveis empregados neste estudo, as pequenas variações observadas na qualidade de água não foram suficientes para afetar o desempenho dos camarões.

Em estudos com *Penaeus monodon*, Allan et al., (1995) e colaboradores relatam que maiores taxas de alimentação e o uso de viveiros previamente preparados, os quais estimulam o estabelecimento de variadas comunidades de organismos pertencentes à meiofauna, melhoraram os índices de crescimento dos camarões. Porém na atual pesquisa, as diferentes quantidades de matéria orgânica adicionadas ao sistema para serem convertidas em alimento natural, não influenciaram no crescimento inicial, bem como na produtividade final apresentada pelas pós-larvas de *L. vannamei*, pelo menos nos níveis de fertilização inicial avaliados.

Os valores de SSV encontrados no tratamento F100 demonstram maiores quantidades de matéria orgânica disponível para o

consumo dos camarões, porém este maior aporte não necessariamente foi convertido em melhor desempenho, uma vez que 7 dias após o povoamento dos tanques nenhum tratamento apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação ao peso médio individual do camarões.

O aumento das taxas de respiração ao longo do período demonstrou que houve aumento da atividade microbiana nos tanques, porém, estes fatores não foram suficientes para diferenciar o desempenho zootécnico das pós-larvas. Apesar dos valores de peso médio e biomassa final apresentados por F25 terem demonstrado uma tendência de maior desenvolvimento quando comparado aos tratamentos que receberam melaço como fertilizante inicial, esses resultados não foram confirmados estatisticamente ( $p=0.051$ ).

O índice de conversão alimentar aparente (C.A.A.) obtido por F25 pode estar diretamente ligado à composição nutricional das comunidades microbianas que foram estimuladas pelo farelo de arroz durante o período de fertilização. No entanto, a caracterização das comunidades microbianas não foi realizada. Crab et al., (2009) demonstraram efeito positivo no crescimento de pós-larvas alterando a qualidade da fonte de carbono utilizada na fertilização da água, e atribuem estes resultados à diferenças qualitativas da comunidade bacteriana que se desenvolve. O uso contínuo de uma fonte de carbono complexa, como no caso do farelo de arroz ao longo de todo o período de cultivo deverá ser comparado com o uso de fontes de carbono mais lábeis e simples na tentativa de elucidar estas tendências.

## 6. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos é possível utilizar o farelo de arroz como fertilizante inicial da água, pois o comportamento do metabolismo microbiano observado durante o período de fertilização, assim como durante o cultivo, apresentou padrões similares de variação quando comparado ao uso de melaço e ração como fertilizante. Além disso, o uso do farelo de arroz propiciou menores índices de N-AT ao final da fertilização.

As diferentes dosagens de matéria orgânica aplicadas durante a fertilização não causaram efeito sobre o desempenho zootécnico das pós-larvas de *L. vannamei*.

## 7. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à FAPESC pelo apoio financeiro necessário para a elaboração do projeto, ao CNPq por

oferecer auxílio ao primeiro autor na forma de bolsa de estudo, LCM e LOC pela infra-estrutura oferecida e a todos os alunos e professores que participaram na realização desta pesquisa.

## 8. Referências

APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª ed, American Public Health Association. Washington DC.

Allan, G.L.; Maguire, G.B. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. **Aquaculture**, 107, 49-66.

Allan, G.L.; Moriarty, D.J.W.; Maguire, G.B. 1995. Effects of pond preparation of *Penaeus monodon* Fabricius, water quality, bacteria and benthos in model farming ponds. **Aquaculture**, 130, 329-349.

Anderson, T. R. 1992. Modelling the influence of food C:N ratio, and respiration on growth and nitrogen excretion in marine zooplankton and bacteria. **Journal of Plankton Research**, v.14, n.12, January p.1645-1671.

Arantes, R. 2007. O efeito da relação Carbono-Nitrogênio sobre a comunidade microbiana no cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei* sem renovação. **Dissertação (Mestrado do Curso de Aquicultura)** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

Asaduzzaman, M.; Rahman, M.M.; Azin, M.E.; Ashraful Islam, M.; Wahab, M.A.; Verdegem, M.C.J.; Verreth, J.A.J. 2010. Effect of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, 306, 127-136.

Atwood, H.L.; Bruce, J.W.; Pierrard, L.M.; Kelg, R.A.; Stokes, A.D.; Browdy, C.L. 2004. Intensive zero-exchange shrimp production systems – Incorporation of filtration technologies to improve survival and growth. In: **Proceedings o the 5th International conference Recirculating Aquaculture**. p. 152-162. Virginia Tech University, Blacksburg.

Avnimelech, Y.; Kochva, M.; Diab, S. 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted C to N ratio. *Israeli Journal of Aquaculture.- Bamidgah* **46**, 119–131.

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

Avnimelech, Y. 2009. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, Louisiana, United States.

Ballester, E.L.C.; Abreu, P.C.; Cavalli, R.O.; Emerenciano, M.; Abreu, L.; Wasielesky, W. 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture nutrition*, **16**, 163-172.

Brito, L.O.; Pimentel, L.F.; Marcelino, S.C.; Melo, V.F.; Costa, W.M.; Gálvez, A.O. 2009. Efeito de duas estratégias de fertilização na composição do zooplâncton no cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, **4**(1).

Burford, M.A.; Thompson, P.J.; McIntosh, R.P.; Bauman, R.H.; Pearson, D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp pond in Belize. *Aquaculture*, **219**, 393 – 411.

Crab, R.; Chielens, B.; Wille, M.; Bossier, P.; Verstraete, W. 2009. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, **1**-9.

Del Giorgio, P. A.; COLE, J. 2000. Bacterial Energetics and Growth efficiency. In: D. L. Kirchman (Ed.). **Microbial Ecology of the Oceans**. New York: Wiley-Liss, Inc. Bacterial Energetics and Growth efficiency, p.289 – 325.

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. *Aquaculture*, **257**, 346-358.

Cohen, M.J.; Tzashi, M.S.; Fox, J.M.; Gandy, R.L.; Lawrence, A.L. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, 32, 425-442.

Goldman, J.C.; Caron, D.A.; Dennet, M.R. 1987. Regulation of gross growth efficiency and ammonium regeneration in bacteria by substrate C:N ratio. **Limnology and Oceanography**, 32(6), 1239-1252.

Goldman, J. C.; Dennet, M.R. 2000. Growth of marine bacteria in batch and continuous culture under carbon and nitrogen limitation. **Limnology and Oceanography**, 45(4), 789–800.

Hach Company, 2003. Method 8039, DR/50000, Procedure, Cadmium Reduction Method (Nitrate). Hach Company, Loveland, Colorado, USA.

Hargreaves, J.A. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, 34, 344-363.

Jeffrey, S.W.; Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. **Biochemie und Physiologie der Pflanzen**, 167: 191-194.

Kirchman, D.L. 2000. Uptake and regeneration of inorganic nutrients by marine heterotrophic bacteria. In: **Microbial Ecology of the oceans** (ed. by Kirchman, D. L.). pp. 261-288 Willey-Liss. USA.

Lima, G.J.M.M.; Martins, R.R.; Zanotto, D.L.; Brum, P.A.R. 2000. Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz. **Embrapa Suínos e Aves, Comunicado Técnico**, 244, 1-2.

Ludwig, G.M. 2002. The effects of increasing organic and inorganic fertilizer on water quality, primary production, zooplankton, and sunshine bass *Morone chrysops*\_M. *saxatilis*, fingerling production. **Journal of Applied Aquaculture** 12, 1 – 29.

McIntosh, P.R. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Advocate** 3, 44–50.

Mischke, C.C.; Zimba, P.V. 2004. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes. **Aquaculture**, 233, 219-235.

Mischke, C.C.; Zimba, P.V. 2009. Initial influence of fertilizer nitrogen types on water quality. **Aquaculture Research**, 1-5.

Nunes, A.J.P.; Parsons, G.J. 1998. Food handling efficiency and particle size selectivity by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* fed a dry pelleted feed. **Behaviour. Physiology**, v. 31, p.193-213.

Nunes, A.J.P. ; Parsons, G.J. 2000. Size-related feeding and gastric evacuation measurements for the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis*. **Aquaculture**, 187: 133-151.

Quin, J.; Culver, D.A.; Yu, N. 1995. Effect of organic fertilizer on heterotrophs and autotrophs: implications for water quality management. **Aquaculture Research**, 26, 919-920.

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

Santana, W.M.; Leal, A.; Lúcio, M.Z.; Castro, P.F.; Correia, E.S. 2008. Resposta planctônica e bentônica a diferentes fertilizações no cultivo do camarão *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.34, n. 1, p. 21-27.

Schneider, O.; Sereti, V.; Eding, E.H.; Verreth, J.A.J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, 32, 379-401.

Schneider, O.; Sereti, V.; Eding, E.H.; Verreth, J.A.J. 2006. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, 261, 1239-1248.

Soeder, C.J.; Talling, J.F. 1969. The enclosure of phytoplankton communities. In: *A manual methods for measuring primary production in aquatic environments*. (ed. by. Volleinweider R.A.) PP 62–70. Blackwell Scientific, Oxford.

Souza, F.M.M.C.; Messias, G. A.; Fialho, D.H.F.; Soares, R. B.; Correia, E.S. 2009. Crescimento do camarão marinho *Farfantepenaeus subtilis* (Pérez-Farfante, 1967) cultivado em tanques com diferentes protocolos de fertilização orgânica. **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá, v. 31, n. 3, 221-226.

Srinivasan, V.R. 1987. Conversion of cellulosic and other organic wastes into microbial proteins, p. 181-191. In D.J.W. Moriart and R.S.V. Pullin (eds.) **Detritus and microbial ecology in aquaculture**. ICLARM Conference Proceedings 14, 420p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

Strickland, J.D.H.; Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis (2nd ed.). **Fisheries Research Board of Canada**, Bull. 167. Ottawa. 310pp.

Van Wyk P.; Scarpa J. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, pp. 128–138.

Vinatea, L.; Gálvez, A.O.; Browdy, C.L.; Stokes, A.; Venero, J.; Haveman, J.; Lewis, B.L.; Lawson, A.; Shuler, A.; Leffler, J.W. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, 42, 17-24.

Wasielesky, W.; Atwood, H.; Stokes, A.; Browdy, C.L. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258, 396-403.

Zhou, Q.; Li, K.; Jun, X.; Bo, L. 2009. Role and function of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. **Bioresource Technology**, 100 (16), 3780-3786.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho devem ser incorporados nos pacotes de desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao cultivo super-intensivo com bioflocos e servir como fonte de pesquisa para novos estudos os quais utilizem o farelo de arroz como fonte de carbono e nitrogênio para a fertilização da água em cultivos heterotróficos.

Uma observação importante a ser feita é que ao se propor este trabalho, pouco se conhecia sobre a dinâmica de metabolismo de respiração e produtividade microbiana que esta fonte de carbono poderia apresentar.

De maneira geral se os dois tipos de fertilizantes possuem efeitos similares no desenvolvimento inicial da comunidade microbiana, assim como no desempenho zootécnico do *L. vannamei*, recomenda-se o uso do farelo de arroz, pois é um produto disponível no mercado brasileiro, sendo ainda mais barato do que o melaço, contribuindo de certa forma com a melhoria da sustentabilidade do sistema.

Trabalhos futuros devem ser propostos para avaliar melhor o efeito do uso do farelo de arroz sobre o desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei* ao longo do cultivo, assim como seu efeito de sua capacidade de mineralizar os compostos nitrogenados presentes na água de cultivo.

Além disso, uma estimativa de custo de produção utilizando o farelo de arroz como fertilizante deve ser feita, a fim de que seja melhor calculada a relação custo/benefício da utilização desta fonte de carbono no cultivo super-intensivo, quando aplicado em escala comercial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

ALLAN, G. L.; MORIATY, D. J. W.; MAGUIRE, G. B. Effects of pond preparation of *Penaeus monodon* Fabricius, water quality, bacteria and benthos in model farming ponds. **Aquaculture**, 130, 329-349, 1995.

AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 176, 227-235, 1999.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, 226, 101-112, 2003.

BURFORD, M. A. et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*L. vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. **Aquaculture**, 232, 525 - 537, 2004.

CHAMBERLAIN, G. et al. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems With Balanced C:N. I: Nutrient Transformation and Water Quality Benefits. **Global Aquaculture Alliance**. April, p.4, 2001.

CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, 270, 1-14, 2007.

CRAB, R. et al. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, 1-9, 2009.

CUZON, G. et al. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, 235, 513-551, 2004.

DE SCHRYVER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, 100, 1162-1167, 2009.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257, 346-358, 2006.

FAO. (2009). The state of world fisheries and aquaculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome. Disponível em: <http://www.fao.org> Acesso em 20/06/2009.

FUNGE-SMITH, S. J.; BRIGGS, M. R. P. Nutrients budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture**, 164, 117-133, 1998.

GUTIERREZ-WING, M. T.; MALONE, R. F. Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquaculture**, 34, 163-171, 2006.

HARI, B. et al. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, 252, 248-263, 2006.

HOROWITZ, A.; HOROWITZ, S. Microorganismos e práticas de alimentação en acuicultura. **Aquan. de Latin.**, 1(1): 37-39, 2001.

MAIA, E. P. et al. Estudo Preliminar Sobre o Cultivo Super-Intensivo de *Litopenaeus vannamei*. **IN: Aquicultura Brasil 2000**. Florianópolis, 2000. Anais..., Florianópolis, v.1, p. 213-236, 2000.

MCINTOSH, P. R. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Advocate** December, p 44–50, 2000

NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, 405, 1017-1024, 2000.

PIEDRAHITA, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, 226, 35-44, 2003.

ROCHA, I. P. Impactos Sócio-econômicos e ambientais da carcinicultura brasileira: Mitos e Verdades, 2005. Disponível em: <http://www.abccam.com.br/download/CarciniculturaBrasileira/26-12-05.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2010.

SCHNEIDER, O. et al. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, 261, 1239-1248, 2006.

THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, 203, 263-278, 2002.