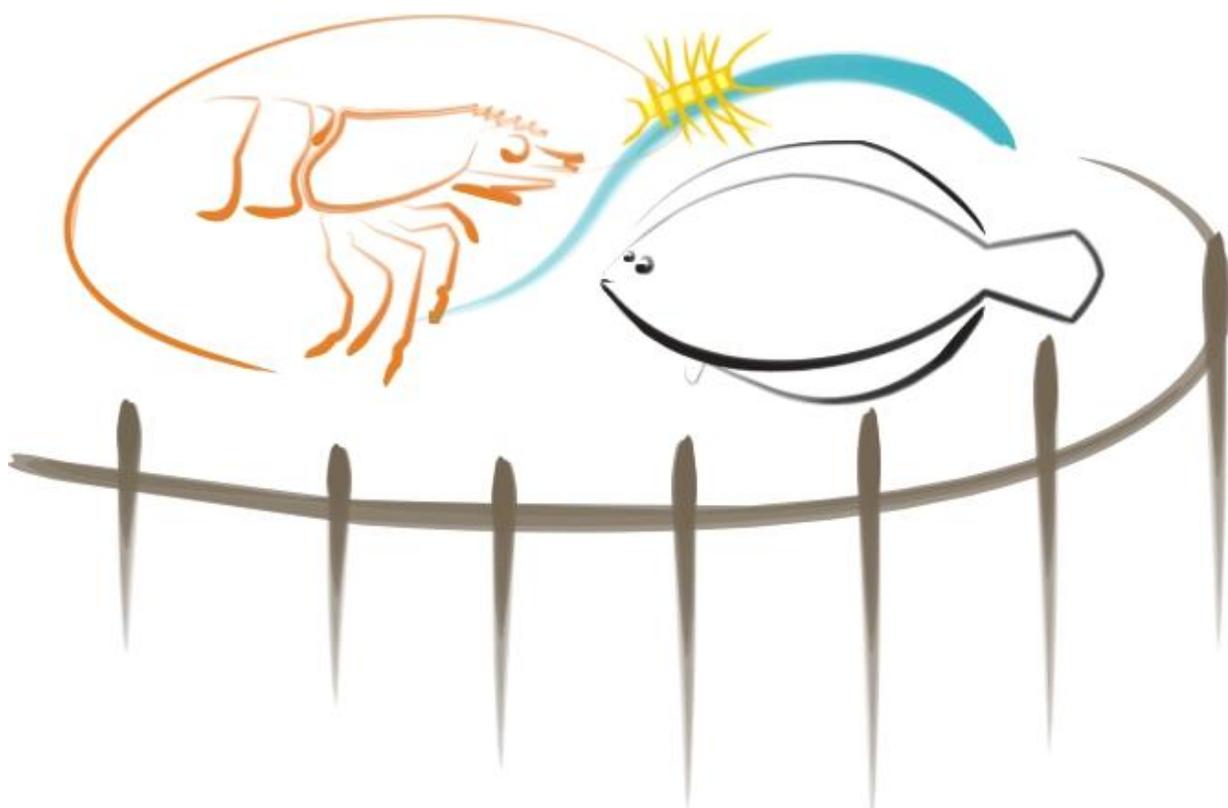




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG**

**INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**



**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO NO CULTIVO DO  
CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA COM BIOFLOCOS**

**FABIANE DA PAZ SERRA**

**Rio Grande – RS**

**Mai de 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA**

**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO NO CULTIVO DO  
CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* EM SISTEMA COM BIOFLOCOS**

Fabiane da Paz Serra

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação  
em Aquicultura como parte dos  
requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Aquicultura

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Henrique S. Poersch

**RIO GRANDE – RS**

**Mai de 2013**

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
Objetivos Específicos.....	6
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Percentual de carbono e fator de equivalência das diferentes fontes de carbono utilizadas no estudo.....	9
<b>Tabela 2.</b> Valores dos parâmetros monitorados durante o experimento berçário, com médias e desvio padrão dos tratamentos com seus diferentes percentuais de fontes de carbono.....	12
<b>Tabela 3.</b> Desempenho zootécnico durante o experimento berçário dos tratamentos com seus diferentes percentuais de fontes de carbono.....	16
<b>Tabela 4.</b> Dados referentes às quantidades e os custos das fontes de carbono utilizadas ao longo do experimento berçário para a redução das concentrações do NAT em sistemas BFT.....	17
<b>Tabela 5.</b> Valores dos parâmetros físicos e químicos monitorados durante o experimento engorda, dos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	18
<b>Tabela 6.</b> Valores do desempenho zootécnico monitorados durante o experimento engorda, dos tratamentos com a aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	22
<b>Tabela 7.</b> Dados referentes às quantidades e os custos das fontes de carbono utilizadas ao longo do experimento engorda para a redução das concentrações do NAT em sistemas BFT.....	23

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Variações das concentrações de NAT ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono.....	13
<b>Figura 2.</b> Variações das concentrações de nitrito ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono.....	14
<b>Figura 3.</b> Variações de alcalinidade ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono.....	14
<b>Figura 4.</b> Variações dos níveis de sólidos suspensos totais ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono.....	15
<b>Figura 5.</b> Peso (g) ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono.....	15
<b>Figura 6.</b> Variações das concentrações de NAT ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	19
<b>Figura 7.</b> Variações das concentrações de nitrito ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	19
<b>Figura 8.</b> Variações das concentrações de nitrato ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	20
<b>Figura 9.</b> Variações de alcalinidade ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	21
<b>Figura 10.</b> Variações das concentrações de sólidos suspensos totais ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	21
<b>Figura 11.</b> Peso (g) ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F).....	23

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais João e Jussara.*

*A minha filha Laura.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr. (Mano) pela paciência, sugestões, orientação e acreditar em mim e no meu trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Luis Poersch (Mineiro) pelas sugestões durante o experimento.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Aquicultura que contribuíram para minha formação. Ao CNPq pelo auxílio financeiro durante o mestrado.

Ao Prof. Dr. Walter Quadros Seiffert e ao Dr. Geraldo Kipper Fóes por terem aceitado fazer parte da banca examinadora e pelas sugestões.

Ao Gaona e Plínio que estiveram ao meu lado em todos os momentos, tanto nas fases experimentais, quanto nos demais momentos. Por me aguentarem todo esse tempo, que sei que não foi fácil. Obrigado meninos por tudo, pelas discussões e acima de tudo amizade, carinho e pelos inúmeros momentos de risadas.

Aos demais amigos: Aline, Camú, Fernanda, Alessandro, Luciano, Bolinha, Júlio, Dariano, Gabi, André Freitas, André Braga, Vita, Diogo, Sabrina e aos demais colegas da EMA pelos ótimos momentos de convivência, paciência, sugestões e gargalhadas.

Ao técnico Sandro pelos ensinamentos de análises químicas e muita paciência.

Aos meus pais que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e em especial por dedicarem todo tempo, paciência e muito amor quando me ausentava da minha filha Laurinha. Amo vocês!

A Laurinha, minha vida, que sempre está com um lindo sorriso, alegre, querida e que não cansa de dizer: “mãe eu te amo”.

Ao meu irmão Eduardo, minha cunhada Vanessa e meus sobrinhos Mariana e Matheus, que apesar da distância sempre me apoiaram. Amo vocês!

## RESUMO

A tecnologia do sistema de cultivo com bioflocos (BFT) permite a intensificação da densidade de estocagem, bem como o aumento da produtividade no qual exige esforços no manejo para a manutenção de qualidade de água. No entanto, um dos problemas é a liberação de nitrogênio através de alimento não consumidos, juntamente com as excretas dos organismos cultivados, principalmente na forma de amônia total. A adição de fontes de carbono orgânico é uma alternativa na redução de amônia tornando possível a conversão deste composto em proteína bacteriana, sendo disponível como alimento suplementar no ambiente de cultivo. Portanto foram testadas fontes de carbono como o melão de cana-de-açúcar, dextrose e farelo de arroz no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistemas BFT, avaliando a redução da concentração do nitrogênio amoniacal total em experimentos nas fases de berçário e engorda, bem como a análise de desempenho zootécnico dos animais. Os experimentos foram realizados utilizando caixas com volume útil de 800 L. O experimento berçário teve a duração de 35 dias, com densidade de estocagem de 1200 camarões m<sup>-2</sup> e peso médio de 0,024±0,01 g. As fontes de carbono melão de cana-de-açúcar (M) e farelo de arroz (F) foram combinadas em diferentes percentuais. No experimento engorda foi utilizada densidade de estocagem de 300 camarões m<sup>-2</sup>, peso médio de 4,09±0,51 g, durante 70 dias. Os tratamentos foram distinguidos pelas fontes de carbono dextrose e farelo de arroz. No experimento berçário a concentração da amônia foi significativamente menor (p<0,05) com o uso do melão. O nitrito acumulou até o final do experimento, mas devido ao curto período experimental não interferiu nos índices de desempenho zootécnico, nos quais não apresentaram diferenças pelo uso das fontes de carbono. No experimento engorda, com o uso da dextrose, a concentração de amônia foi significativamente menor (p<0,05). Apesar de elevadas concentrações de nitrito, as sobrevivências foram similares e acima de 80%. Dados zootécnicos como peso final, ganho de peso semanal, conversão alimentar aparente e produtividade foram significativamente melhores (p<0,05) no tratamento farelo de arroz. Em ambos os experimentos as fontes de carbono de degradação rápida, como o melão e a dextrose foram mais eficientes na redução de amônia. A degradação rápida destas fontes podem ter disponibilizado maiores teores de carbono como substrato para as bactérias heterotróficas metabolizarem a amônia, melhorando a qualidade da água.

## ABSTRACT

The Biofloc Technology Culture System (BFT) enables the intensification of stocking density and increased productivity which requires efforts on the management for maintaining water quality. However, one problem is the generation of nitrogen through uneaten feed, along with the excreta of culture organisms mainly in the form of total ammonia. The addition of organic carbon sources is an alternative in reducing ammonia making it possible to convert this compound into bacterial protein and is available as feed supplement in the culture environment. Thus, were tested carbon sources such as molasses cane sugar, dextrose and rice bran in growing shrimp *L. vannamei* in BFT systems, evaluating the reduction of the concentration of total ammonia nitrogen in experimental phases of nursery and growout as well as shrimp performance analysis. The experiments were performed using tanks with 800 L volume. The nursery experiment lasted 35 days, with a stocking density of 1200 shrimp m<sup>-2</sup> and an average weight of 0.024 ± 0.01 g. The carbon sources sugar cane molasses (M) and rice bran (F) were combined in different percentages. In the growout experiment were used stocking density of 300 shrimp m<sup>-2</sup>, average weight of 4.09 ± 0.51 g during 70 days. Treatments were distinguished by carbon sources dextrose and rice bran. In the nursery experiment the concentration of ammonia was significantly lower (p<0.05) with the use of molasses. Nitrite accumulated until the end of the experiment, but due to the short experimental period did not affect the growth performance, which showed no differences in the use of carbon sources. In growout experiment with the use of dextrose, ammonia concentration was significantly lower (p<0.05). Although high concentrations of nitrite, survivals were similar and higher than 80%. Performance data as final weight, weekly weight gain, feed conversion and productivity were better significantly (p<0.05) in the rice bran treatment. In both experiments the faster carbon sources degradation, such as dextrose and molasses were more effective in reducing ammonia. The faster degradation of these sources may have provided higher levels of carbon as substrate for heterotrophic bacteria metabolize ammonia, improving water quality.

## INTRODUÇÃO

A expansão da carcinicultura tem demonstrado a sua importância dentro da aquicultura. O cultivo de camarões marinhos em 2010 representou 55% da produção mundial de crustáceos, sendo que a espécie *Litopenaeus vannamei* superou 2,5 milhões de toneladas (FAO 2012).

A espécie *Litopenaeus vannamei* tem uma boa aceitação no cultivo, devido suas características como crescimento rápido, eficiência na conversão alimentar, adaptações às variações ambientais e altas taxas de sobrevivência (Ostrensky, 2002). Com um pacote tecnológico em expansão e o crescimento da carcinicultura, novas tecnologias estão surgindo para aumentar a produtividade de camarões marinhos, destacando-se os sistemas de cultivo com bioflocos.

A tecnologia de cultivos com bioflocos (BFT) permite a intensificação da densidade de estocagem, portanto é necessário que haja mudanças na estratégia de manejo para a manutenção de qualidade de água. Esse tipo de sistema é baseado no cultivo com mínima ou sem renovação de água, reduzindo a liberação de efluentes, bem como a formação de agregados microbianos, constituídos de bactérias, microalgas, protozoários, rotíferos, fezes, exoesqueletos, restos de organismos mortos entre outros (Wasielesky et al., 2006a). Segundo Moss et al. 2001 a comunidade microbiana atua diretamente na manutenção da qualidade de água, no qual necessitam de aeração intensa para suprir a demanda de oxigênio fazendo com que haja a conversão dos compostos tóxicos através da oxidação da matéria orgânica.

Segundo Avnimelech (1999) os organismos aquáticos necessitam de uma alimentação com elevado teor de proteína, devido à produção de energia depender em sua grande maioria da oxidação e catabolismos das proteínas. Todavia, a proteína é a principal fonte de nitrogênio no ambiente de cultivo, devido a sua decomposição e também por ser utilizada pelos organismos de forma reduzida, pois os mesmos utilizam aproximadamente 20%, na qual é incorporada aos tecidos e o restante é convertido em nitrogênio tanto por excreção direta como por decomposição de detritos orgânicos. De acordo com Tacon et al. (2002) é evidente que as bactérias heterotróficas metabolizam o carbono reciclando o nitrogênio inorgânico para a formação dos bioflocos.

Portanto, o sistema BFT é caracterizado pelo aporte de nitrogênio através de alimento não consumido, juntamente com as excretas dos organismos cultivados, que

através da adição de fontes de carbono orgânico, serão convertidos em proteína microbiana disponível como alimento suplementar no ambiente de cultivo melhorando a conversão alimentar (Wasielesky et al., 2006a; Crab et al., 2012). Todavia a proteína bacteriana pode ser consumida por espécies onívoras como o camarão da espécie *L. vannamei*, que se alimentam dos bioflocos que são altamente nutritivos, ricos em proteínas.

As vantagens que esses sistemas proporcionam são a redução da demanda por água e conseqüente redução da emissão de efluentes minimizando o impacto ao meio ambiente. Além disso, elevam a biossegurança do cultivo através da redução das vias de introdução e disseminação de enfermidades, fornecendo ainda os benefícios nutricionais da produtividade natural dos bioflocos (McIntosh et al., 2000; Wasielesky et al., 2006a).

Como a produtividade do cultivo neste sistema é elevada, não há necessidade de grandes viveiros de cultivo, podendo obter a mesma produção em áreas menores, considerando uma elevada densidade de estocagem por área. Krummenauer et al. (2011) sugerem densidades de estocagem na fase de engorda de 300 camarões m<sup>-2</sup>, com bons resultados de desempenho zootécnico para o cultivo de *L. vannamei* nesse sistema no Sul do Brasil, tornando viável o cultivo de camarões marinhos em estufas.

Em regiões subtropicais como o sul do Brasil, onde as temperaturas são menores que as de regiões tropicais, é possível por um período de 120 dias realizar o cultivo em viveiros, enquanto que o cultivo em tanques cobertos por estruturas como estufas possibilita a realização de uma safra longa ou duas safras curtas (Krummenauer et al., 2010). Desta forma estas estruturas possibilitam a realização das fases de berçário e engorda em ambientes fechados, bem como, a intensificação do sistema de produção.

Entretanto, um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores de camarões está diretamente ligado à dificuldade de prever a sobrevivência das pós-larvas estocadas diretamente em viveiros de engorda. Sendo assim, foi desenvolvida uma fase intermediária entre a fase de larvicultura e a fase de engorda, denominada de berçário. Entre as vantagens da utilização do berçário, vale salientar o número mais exato dos camarões que são estocados no viveiro de engorda e uniformidade do tamanho dos camarões nas despescas (Samocha et al., 2000). Samocha et al. (2007), também reforçam a importância de manter essas pós-larvas em um regime intensivo para que

atingam aproximadamente cerca de 1,0 g, pois as estocagens de juvenis permite o povoamento de animais mais resistentes tanto as condições ambientais, como a predação, assim como a diminuição de erros de estocagens permitindo uma elevada sobrevivência e crescimento na fase de engorda, muito superiores ao povoamento direto.

Um dos principais problemas em sistemas BFT é o incremento do nitrogênio inorgânico, na forma de nitrogênio amoniacal total (N-AT), que consiste na soma da amônia ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ), sendo a amônia não ionizada a forma mais tóxica, devido a sua capacidade de difusão pelas membranas celulares, assim como o nitrito (Avnimelech, 1999). A amônia, dependendo das concentrações, se torna tóxica deteriorando a qualidade de água, reduzindo o crescimento, e a sobrevivência dos organismos cultivados fica comprometida (Lin & Chen, 2001). Segundo estes mesmo autores o nível de segurança da amônia para juvenis de *L. vannamei* em salinidade 35 é de  $3,95 \text{ mg L}^{-1}$  N-AT.

As bactérias heterotróficas utilizam a amônia como fonte de nitrogênio oriundos do alimento não consumido, resíduos fecais, entre outros que geram materiais em decomposição orgânica, esta por sua vez é decomposta aerobicamente havendo assim a necessidade de oxigênio dissolvido no ambiente de cultivo. No entanto para o crescimento e geração de energia para as bactérias, é necessário que haja a suplementação com fontes de carbono, onde a decomposição destas depende de fatores ambientais, tais como temperatura e oxigênio, possibilitando assim a utilização tanto de fontes de carbono facilmente degradáveis, como melão, dextrose, até as de menor solubilidade, que é o caso dos farelos vegetais (Avnimelech, 2009; Crab et al., 2009).

A absorção do nitrogênio inorgânico promovida pelo crescimento bacteriano heterotrófico promove a redução nas concentrações de amônia mais rapidamente do que o processo de nitrificação. Esse grupo de bactérias heterotróficas tem a taxa de crescimento e produção da biomassa bacteriana 10 vezes superior que o surgimento das bactérias nitrificantes. As bactérias autotróficas realizam o processo de nitrificação com a oxidação de amônia a nitrito e posteriormente a nitrato. Entretanto devido ao crescimento lento das bactérias autotróficas, o nitrito tende a acumular em concentrações significativas no ambiente de cultivo (Hargreaves, 2006; Crab et al., 2007). Deste modo, as bactérias degradam o excesso de matéria orgânica, possibilitando

a realização de sucessivos ciclos de produção de camarões sem a necessidade de renovação da água de cultivo (Avnimelech, 1999). Fato este observado por Silva et al. (2013), onde a maior parte do nitrogênio dissolvido esteve na forma orgânica, indicando que o sistema BFT foi eficiente na redução das formas inorgânica de nitrogênio, principalmente amônia e nitrito que poderiam alcançar níveis tóxicos.

A imobilização da amônia pelas bactérias heterotróficas pode ser estimulada com a adição de fontes de carbono orgânico tais como o melão da cana-de-açúcar. A utilização do melão de cana-de-açúcar como fonte de carbono tem a função de potencializar o crescimento das bactérias heterotróficas que tem um papel fundamental em sistemas BFT. Com a energia gerada pela adição do carbono orgânico, as bactérias metabolizam a amônia para utilizar o nitrogênio e transformá-lo em biomassa microbiana predominantemente aeróbica e heterotrófica, ou seja, organismos que necessitam de oxigênio para sua sobrevivência e são incapazes de sintetizar seu próprio alimento. Esta biota serve como suplemento alimentar para os organismos cultivados (Wasielesky et al. 2006a). Burford et al. (2004) relatam que mais de 29% do alimento consumido pelo *L. vannamei* pode ser provenientes dos bioflocos. Além disso, também há o aumento da biomassa das bactérias heterotróficas resultando na redução do teor de proteína bruta nas dietas ofertadas (Hargreaves, 2006).

Atualmente o melão tem sido utilizado como promotor de crescimento bacteriano em viveiros de cultivo de camarões. Wasielesky et al. (2006a) sugerem a utilização do melão para a formação dos bioflocos e balancear a relação C:N em fase de engorda de *L. vannamei*, tendo eficiência no controle da amônia. Já Emerenciano et al. (2007), utilizando melão e farelo de trigo em berçário de *Farfantepenaeus paulensis*, recomendam que sejam realizados mais estudos avaliando outras fontes de carbono.

Sendo assim, uma alternativa como fonte de carbono são os farelos vegetais, os quais contrapõe ao melão quanto ao custo e quanto a dissolução na água de cultivo. Por ser uma fonte de carbono de degradação lenta há a necessidade de um sistema de aeração intensa e distribuída homogêaneamente para que não haja o acúmulo deste material no fundo do tanque de cultivo, podendo ocasionar zonas anaeróbicas (Hargreaves, 2006). Além disto, serve como substrato para agregação de bactérias e outros microorganismos (Avnimelech, 1999). Vilani (2011) utilizando farelo de arroz

como fertilização inicial em sistemas BFT, obteve como resultado a liberação do carbono por um período maior de tempo, mantendo as concentrações de amônia em concentrações reduzidas por mais tempo quando comparado com melaço de cana-de-açúcar.

De acordo com Crab et al. (2009), é possível viabilizar o sistema de cultivo BFT com a utilização de fontes ricas em carbono de baixo custo. Asaduzzaman et al. (2010), recomendam a utilização de fontes de carbono de baixo custo, pois é uma alternativa que viabiliza a sustentabilidade econômica, fornecendo fonte de proteína adicional, melhorando a eficiência nutricional do sistema de cultivo.

Crab et al. (2010), demonstraram que a melhoria da qualidade de água, as propriedades nutricionais dos bioflocos, a composição microbiana, assim como a palatabilidade e digestibilidade para os organismos cultivados, são influenciadas pelos diferentes tipos de fontes de carbono utilizadas, tanto para a produção dos bioflocos como para a manutenção da remoção dos compostos nitrogenados.

Como já descrito anteriormente, em sistemas BFT, é necessário manter os níveis dos compostos nitrogenados em concentrações aceitáveis para as espécies cultivadas. Sendo assim em ambos os estudos, foram escolhidas as fontes de carbono orgânico para a redução das concentrações do nitrogênio amoniacal total, levando-se em considerações os custos e sua dissolução, ou seja, se a fonte de carbono de degradação lenta é capaz de atuar na redução da amônia, comparando os resultados obtidos outros autores nesta linha de pesquisa.

## **OBJETIVOS**

Avaliar a utilização do melaço de cana-de-açúcar, dextrose e farelo de arroz como fonte de carbono orgânico no cultivo do camarão *L. vannamei* em sistemas de bioflocos (BFT).

### **Objetivos específicos**

1. Avaliar a qualidade da água no cultivo de camarões utilizando diferentes fontes de carbono, em sistemas BFT.
2. Avaliar o desempenho zootécnico dos camarões em relação às diferentes fontes de carbono na fase de berçário.
3. Avaliar o desempenho zootécnico dos camarões em relação às diferentes fontes de carbono na fase de engorda.
4. Avaliar os custos de fertilizações em ambos os experimentos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local e instalações**

Os experimentos foram realizados na Estação Marinha de Aquacultura (EMA), do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, localizada no Balneário Cassino, no município de Rio Grande - RS.

Em ambos os experimentos os tanques foram equipados com sistema de aeração composto por soprador (4hp) e mangueira microperfurada (Aero-tube<sup>®</sup>), para difusão de oxigênio na coluna de água e circulação da água do sistema, permitindo que os bioflocos presentes nos tanques fossem mantidos em suspensão e distribuídos por toda a coluna da água.

Foram adicionados água do mar filtrada com salinidade 33, sendo esta tratada a 10 ppm de cloro, dechlorada após 24 horas com ácido ascórbico (1 ppm) e aeração intensa.

### **Delineamento experimental**

#### **Experimento berçário:**

O estudo foi realizado de dezembro 2011 a janeiro de 2012, com duração de 35 dias, em uma estufa contendo quinze tanques com volume útil de 800 L cada. Os camarões da espécie *L. vannamei* foram adquiridos de um laboratório comercial (AQUATEC), onde passaram desde a fase de náuplios até a fase de pós-larvas (PL25) pelo setor de larvicultura do laboratório de Carcinocultura da Estação Marinha de Aquacultura – IO/FURG. As pós-larvas foram estocados para suas respectivas unidades experimentais com um peso médio inicial de  $0,024 \pm 0,01$  g, em uma densidade de estocagem de 1200 camarões m<sup>-2</sup>. Ao longo do experimento os mesmos foram alimentados com uma ração comercial (Potimar 40J – Guabi) específica para a espécie, contendo 40% de proteína bruta, duas vezes ao dia, sendo fornecida em bandejas de alimentação para a verificação visual de possíveis sobras de ração para as correções de arraçoamento seguindo a metodologia descrita por Wasielesky et al. (2006a). A taxa de arraçoamento diário seguiu a metodologia de Jory et al. (2001).

Para o estímulo das bactérias heterotróficas na assimilação da amônia as fontes de carbono orgânico foram combinadas em diferentes percentuais, variando entre 25%,

50%, 75% e 100%. Desta forma foram delineados cinco tratamentos, com três repetições cada, distribuídas aleatoriamente, sendo eles: 100% de melação de cana-de-açúcar (M), 75% de melação de cana-de-açúcar e 25% de farelo de arroz (75M+25F), 50% de melação de cana-de-açúcar e 50% de farelo de arroz (50M+50F), 25% de melação de cana-de-açúcar e 75% de farelo de arroz (25M+75F) e 100% de farelo de arroz (F).

### **Experimento engorda:**

O estudo foi realizado de abril a junho de 2011, com duração de 70 dias, em uma estufa contendo doze tanques com volume útil de 800 L cada. Os camarões da espécie *L. vannamei* foram estocados para suas respectivas unidades experimentais com peso médio inicial de  $4,09 \pm 0,51$  g, em uma densidade de estocagem de 300 camarões  $m^{-2}$ .

Ao longo do experimento os mesmos foram alimentados com uma ração comercial (Potimar Active 38 – Guabi) específica para a espécie, contendo 38% de proteína bruta, duas vezes ao dia, que era fornecida em bandejas de alimentação para a verificação visual de possíveis sobras de ração para as correções de arraçoamento seguindo a metodologia descrita por Wasielesky et al. (2006a). A taxa de arraçoamento diário foi seguindo a metodologia de Jory et al. (2001).

As fontes de carbono orgânico utilizadas foram, dextrose (D) e farelo de arroz (F). Portanto o experimento foi delineado com dois tratamentos (D e F) e seis repetições cada.

### **Fontes de carbono orgânico**

As fontes de carbono utilizadas foram analisadas no Laboratório de Hidroquímica da Universidade Federal do Rio Grande para a determinação do teor de carbono (%) com o uso do equipamento CHN Analyser (PerkinElmer PE 2400) na qual foram determinados os percentuais de carbono, onde o melação de cana-de-açúcar apresentou 37,46%, a dextrose 40,89% e o farelo de arroz 43,36%.

Para iniciar a formação dos bioflocos em ambos os experimentos as quantidades das fontes de carbono orgânico utilizadas foram baseadas nas metodologias de Avnimelech (1999) e Ebeling et al. (2006), considerando a relação C:N (15:1) nos cinco primeiros dias experimentais com o intuito de fornecer substrato inicial e estimular o crescimento das bactérias heterotróficas. Quando a concentração do

nitrogênio amoniacal total alcançou 1,0 mg L<sup>-1</sup> foram feitas as correções utilizando a relação C:N (6:1) para a conversão de nitrogênio em biomassa bacteriana, onde para cada 1,0 g de nitrogênio amoniacal total são necessários 6,0 g de carbono (Avnimelech, 1999; Ebeling et al., 2006).

O cálculo para determinar a quantidade necessária de fonte de carbono para reduzir o nitrogênio amoniacal total foi realizado da seguinte maneira:

Correção (g) =

Onde: [ NAT ] = concentração do nitrogênio amoniacal total (mg L<sup>-1</sup>)

C:N = relação C:N

FE = fator de equivalência (conforme tabela 1).

**Tabela 1.** Percentual de carbono e fator de equivalência das diferentes fontes de carbono utilizadas no estudo.

Fonte de Carbono	% Carbono	Fator de Equivalência
Melaço de cana-de-açúcar	37,46	2,67
Dextrose	40,89	2,45
Farelo de Arroz	43,36	2,31

Para avaliar os custos básicos com a quantidade necessária para reduzir os níveis de amônia ao longo de ambos os experimentos foram pesquisados na região os valores comerciais das diferentes fontes de carbono utilizadas. Com os valores médios adquiridos foram calculados os custos das fontes de carbono utilizadas. Por fim foi realizado uma estimativa de custos para uma unidade de cultivo na fase de berçário de 100 m<sup>-3</sup> e na fase de engorda de 1000 m<sup>-3</sup>.

### Parâmetros de qualidade de água

Parâmetros ambientais tais como temperatura, pH e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente, duas vezes ao dia. A salinidade foi verificada e ajustada a cada sete dias, a qual foi monitorada, bem como os demais parâmetros mencionados acima através o aparelho multiparâmetros da marca YSI® modelo 556. As concentrações de amônia total (N-(NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NH<sub>3</sub>)) seguiram a metodologia descrita em UNESCO (1983), o nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) seguindo a metodologia descrita em Bendschneider e Robinson (1952), ambos sendo mensurados diariamente. O nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foi mensurado seguindo a metodologia descrita por Aminot e Chaussepied (1983) e a

alcalinidade seguindo a metodologia descrita por APHA (1998), sendo que esses parâmetros foram mensurados semanalmente. Baseando-se no método de Strickland e Parsons (1972) foram realizadas as análises dos sólidos suspensos totais (SST), onde foram coletadas as amostras de águas para análise de material em suspensão (partículas maiores que 45  $\mu\text{m}$ ). O peso dos sólidos suspensos totais foi determinado por gravimetria a partir da filtração de alíquotas de até 20 ml de água do cultivo em filtros de fibra de vidro Whatman GF/F, nos quais os filtros foram colocados para secar por aproximadamente 24h, a 60°C e, posteriormente, pesados em balança analítica (Sartorius MC1, analytic AC 210 S) com precisão de 0,0001 g para determinação do peso final (AOAC, 2000) sendo mensurados uma vez por semana.

Correções de pH e alcalinidade foram realizadas para manutenção dos valores acima de 7 e de 100 mg  $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ , respectivamente, utilizando cal hidratada –  $\text{Ca(OH)}_2$ , conforme descrito por Furtado et al. (2011).

### **Desempenho zootécnico**

Em ambos os experimentos, o crescimento dos camarões foi acompanhado por meio de biometrias semanais utilizando balança digital com precisão de 0,01 g, onde foram pesados 60 camarões por tanque, estimando o peso médio e biomassa dos camarões, bem como o ajuste do arraçoamento. Os demais parâmetros foram verificados ao término do experimento. A conversão alimentar aparente (C.A.A.) foi obtida pela seguinte fórmula:  $\text{CAA} = \text{alimento fornecido} / \text{incremento da biomassa}$ . A sobrevivência foi calculada através de:  $\text{S\%} = (\text{número de camarões contados} / \text{número de camarões estocados}) \times 100$ . A taxa de crescimento específico utilizado apenas no experimento berçário:  $\text{TCE} = ((\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{n}^\circ \text{ dias})$ . O ganho de peso semanal foi calculado da seguinte forma:  $\text{GPS} = (\text{GP} / \text{n}^\circ \text{ semanas de cultivo})$ . A produtividade ( $\text{kg m}^{-3}$ ) =  $(\text{Biomassa final} - \text{Biomassa inicial}) \times 1,25$

## **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

### **Experimento berçário**

Os testes estatísticos foram aplicados após serem verificadas as condições de homocedasticidade das variâncias e normalidade da distribuição dos dados, para isto foram aplicados os testes Levene e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância com parcelas subdivididas no tempo (ANOVA – uma via), para detectar possíveis diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Depois de detectadas diferenças significativas, foi aplicado o teste de Tukey.

### **Experimento engorda**

Os testes estatísticos foram aplicados após serem verificadas as premissas de homocedasticidade das variâncias e normalidade da distribuição dos dados, através dos testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov, respectivamente. Após foi aplicado o teste *t* de Student para detectar possíveis diferenças entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ).

Em ambos os experimentos os dados percentuais de sobrevivência foram transformados (arco-seno da raiz quadrada) antes de analisados (Zar, 1999).

## RESULTADOS

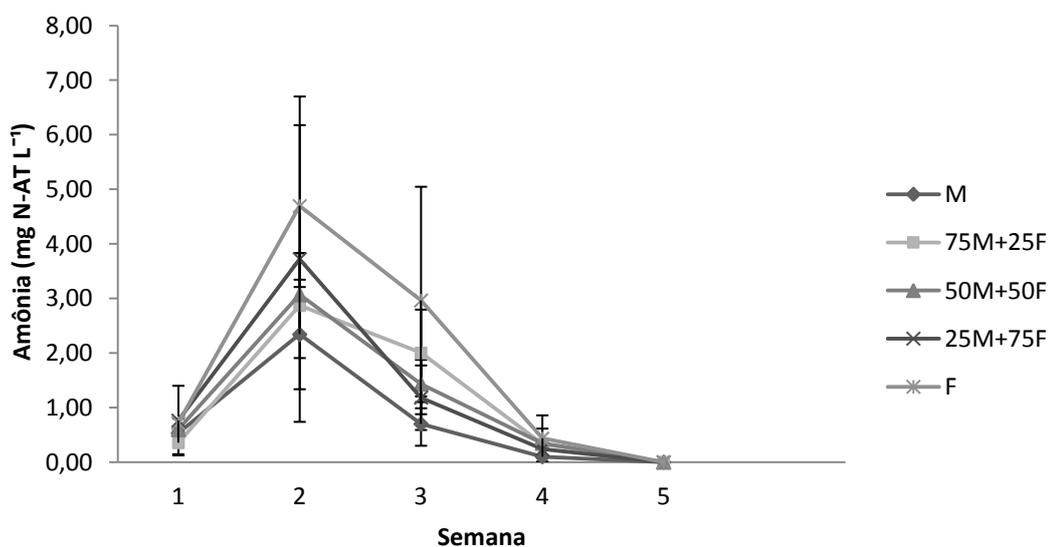
### Experimento Berçário

As médias e desvio padrão ( $\pm$ ) dos parâmetros físicos e químicos estão apresentados na tabela 2. Os parâmetros físicos e químicos, tais como a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH não diferiram significativamente entre os tratamentos.

**Tabela 2.** Valores dos parâmetros monitorados durante o período do experimento berçário, com médias e desvio padrão ( $\pm$ ) dos tratamentos com seus diferentes percentuais de fontes de carbono. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

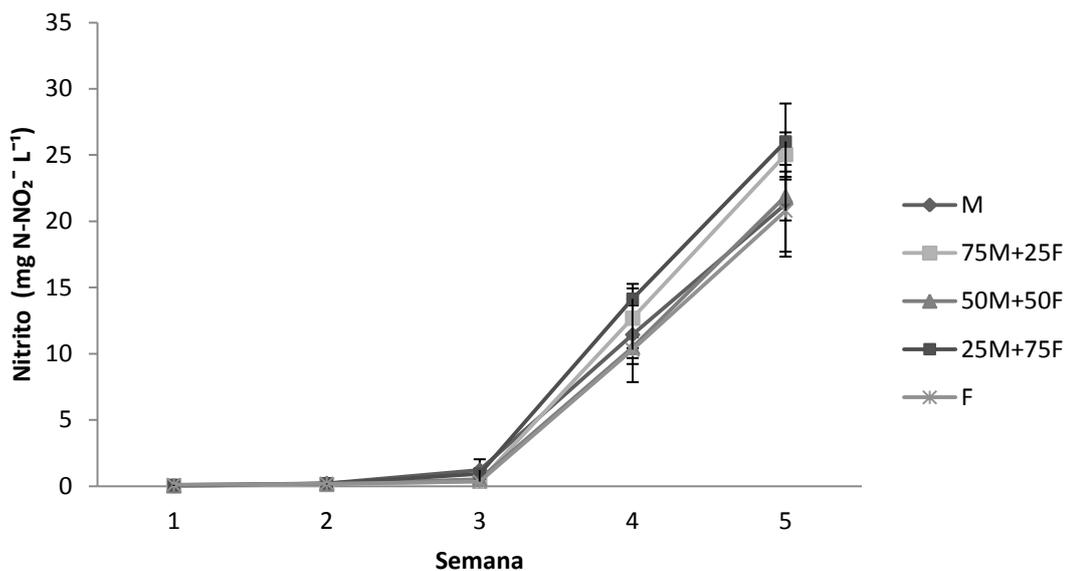
PARAMÊTROS	TRATAMENTOS				
	M	75M+25F	50M+50F	25M+75F	F
Temperatura (°C)	26,70 $\pm$ 0,80	26,60 $\pm$ 0,70	26,40 $\pm$ 0,70	27,00 $\pm$ 0,60	26,60 $\pm$ 0,90
Salinidade	33,50 $\pm$ 1,00	33,00 $\pm$ 1,40	33,30 $\pm$ 0,90	33,10 $\pm$ 0,80	33,00 $\pm$ 1,00
Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )	6,24 $\pm$ 0,20	6,19 $\pm$ 0,20	6,28 $\pm$ 0,20	6,17 $\pm$ 0,20	6,19 $\pm$ 0,20
pH	7,98 $\pm$ 0,20	7,95 $\pm$ 0,20	7,95 $\pm$ 0,20	7,93 $\pm$ 0,20	7,92 $\pm$ 0,20
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	125 $\pm$ 30	125 $\pm$ 28	124 $\pm$ 35	126 $\pm$ 31	127 $\pm$ 29
Amônia (mg N-AT L <sup>-1</sup> )	0,73 $\pm$ 0,90 <sup>a</sup>	1,11 $\pm$ 1,30 <sup>ab</sup>	1,09 $\pm$ 1,20 <sup>ab</sup>	1,18 $\pm$ 1,40 <sup>ab</sup>	1,76 $\pm$ 2,10 <sup>b</sup>
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> L <sup>-1</sup> )	6,84 $\pm$ 8,30	7,65 $\pm$ 10,00	6,63 $\pm$ 8,90	8,28 $\pm$ 10,80	6,35 $\pm$ 8,60
SST (mg L <sup>-1</sup> )	302 $\pm$ 199 <sup>a</sup>	290 $\pm$ 156 <sup>a</sup>	292 $\pm$ 201 <sup>a</sup>	298 $\pm$ 168 <sup>a</sup>	342 $\pm$ 193 <sup>b</sup>

As concentrações de amônia diferiram significativamente na segunda e terceira semana, onde houve valores mais elevados, sendo que em ambas as semanas as diferenças foram verificadas apenas nos tratamentos M e F, havendo a redução a partir da segunda semana, de acordo com a figura 1.



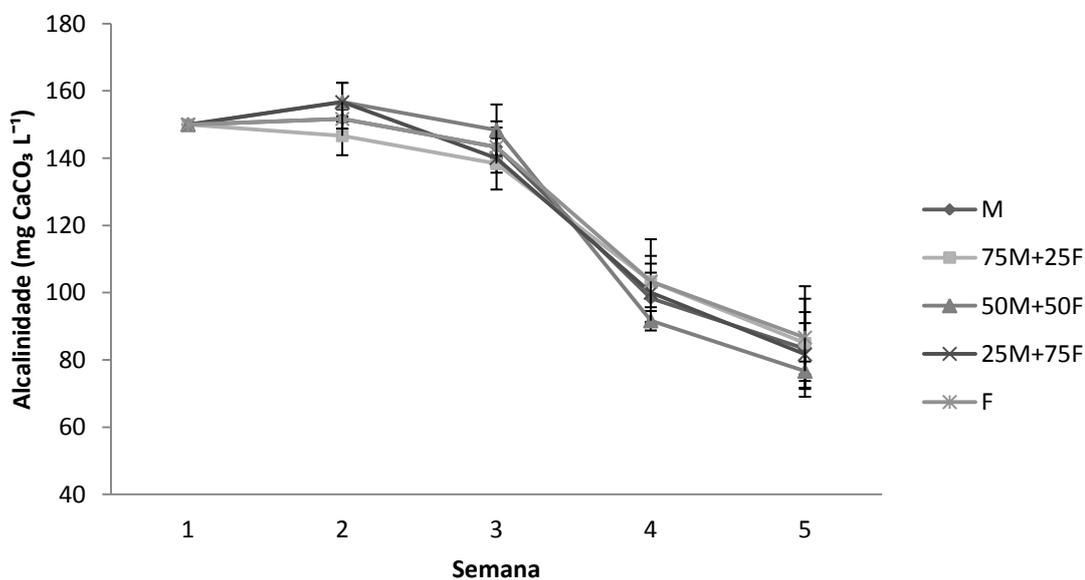
**Figura 1.** Variações das concentrações de amônia ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono. As barras verticais indicam o desvio padrão.

As concentrações de nitrito aumentaram ao longo do experimento, não diferindo estatisticamente sendo que na última semana os valores ultrapassaram  $20 \text{ mg L}^{-1}$  em todos os tratamentos, onde as variações estão apresentadas na figura 2.



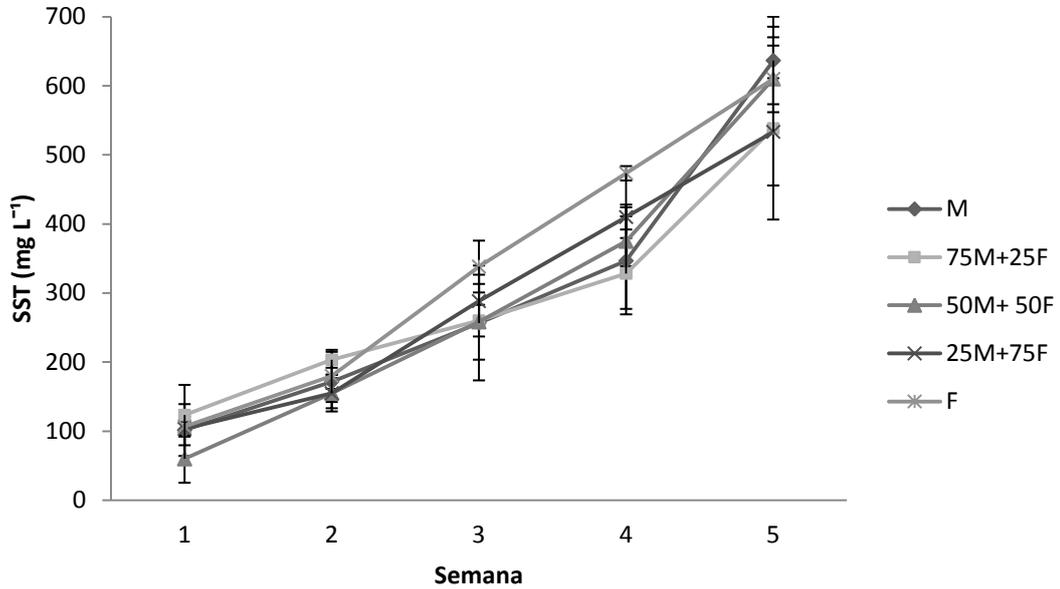
**Figura 2.** Variações das concentrações de nitrito ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono. As barras verticais indicam o desvio padrão.

A alcalinidade não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, havendo um declínio ao longo do período experimental de acordo com a figura 3.

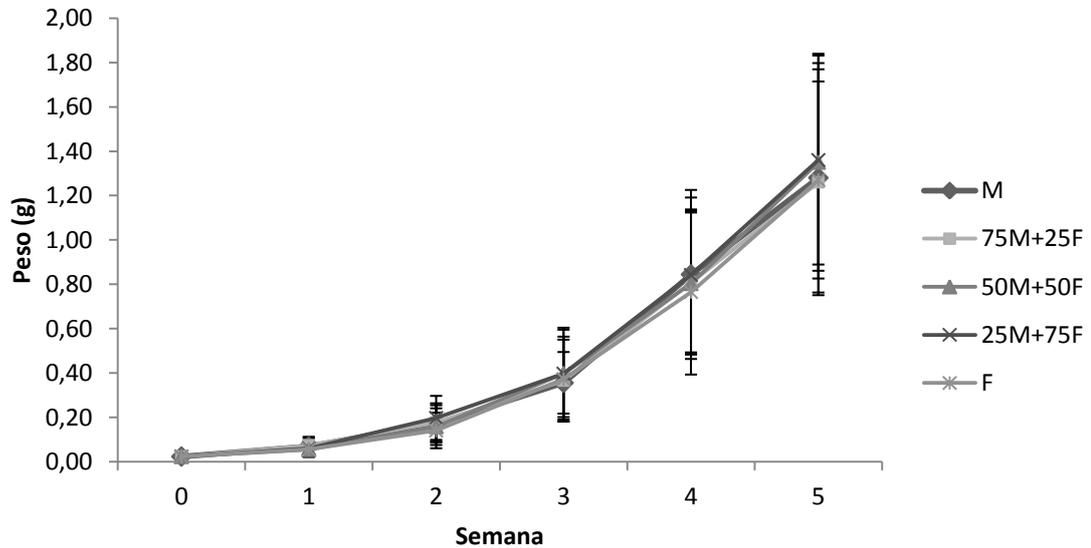


**Figura 3.** Variações de alcalinidade ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono. As barras verticais indicam o desvio padrão.

Os sólidos suspensos totais (SST) diferiram estatisticamente entre o tratamento F e os demais na quarta semana de experimento, de acordo com figura 4.



**Figura 4.** Variações das concentrações de sólidos suspensos totais ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono. As barras verticais indicam o desvio padrão.



**Figura 5.** Peso (g) ao longo do experimento berçário, nos tratamentos com diferentes percentuais de fontes de carbono. As barras verticais indicam o desvio padrão.

**Tabela 3.** Desempenho zootécnico durante o experimento berçário, com médias e desvio padrão dos tratamentos com seus diferentes percentuais de fontes de carbono.

PARAMÊTROS	TRATAMENTOS				
	M	75M+25F	50M + 50F	25M + 75F	F
Sobrevivência (%)	98,60 ± 0,02	98,00 ± 0,03	97,40± 0,04	99,50 ± 0,01	99,20 ± 0,01
Peso Inicial (g)	0,024 ± 0,01	0,024 ± 0,01	0,024 ± 0,01	0,024 ± 0,01	0,024± 0,01
Peso Final (g)	1,22 ± 0,24	1,29 ± 0,24	1,29 ± 0,26	1,31 ± 0,23	1,23 ± 0,20
TCE (% dia <sup>-1</sup> )	11,24 ± 0,25	11,17 ± 0,45	11,41 ± 0,34	11,45 ± 0,27	11,26 ± 0,24
CAA	1,08 ± 0,10	1,12 ± 0,15	1,05 ± 0,16	0,99 ± 0,07	0,89 ± 0,03

Os dados zootécnicos dos camarões ao longo do experimento como, sobrevivência, peso final, CAA e TCE não diferiram estatisticamente entre os tratamentos de acordo com a tabela 3. O crescimento dos camarões está apresentado na figura 5, não havendo diferença significativa entre os tratamentos.

Os valores das fontes de carbono utilizadas foram de acordo com uma consulta local, como apresentado na tabela 4, onde: melação tem o valor de R\$2,65 kg<sup>-1</sup> e o farelo de arroz com o valor de R\$0,70 kg<sup>-1</sup> refere-se a quantidade total de fontes de carbono utilizadas até a redução do N-AT, em tanques de 800 L em sistemas BFT na fase de berçário. Adicionalmente, estão relacionados os custos extrapolados para unidade de 100 m<sup>-3</sup>.

**Tabela 4.** Dados referentes às quantidades e os custos das fontes de carbono utilizadas ao longo do experimento berçário para a redução das concentrações do NAT em sistemas BFT.

Fontes de carbono	Quantidade (kg)	Preço Parcial (R\$)	Preço Total (R\$)	Preço Total (R\$) 100 m <sup>-3</sup>
100% Melaço	0,46	0,46	1,22	152,50
75% Melaço	0,32	0,85	0,93	116,25
25% Farelo de arroz	0,11	0,08		
50% Melaço	0,27	0,71	0,79	98,75
50% Farelo de arroz	0,11	0,08		
25% Melaço	0,13	0,34	0,69	86,55
75% Farelo de arroz	0,36	0,25		
100% Farelo de arroz	0,56	0,56	0,39	48,75

Valores de acordo com consulta local, onde o valor do melaço foi de R\$2,65 kg<sup>-1</sup> e o farelo de arroz com o valor de R\$0,70 kg<sup>-1</sup>.

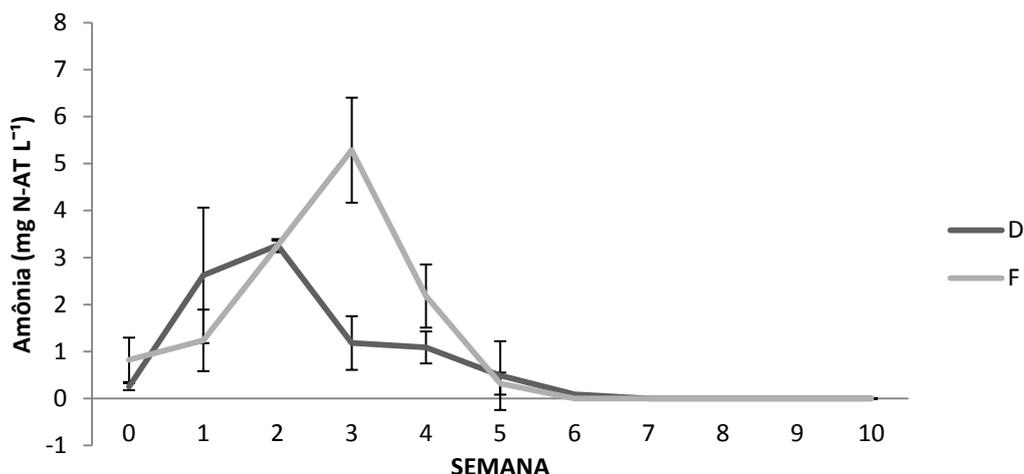
### **Experimento Engorda**

Os parâmetros físicos e químicos, tais como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato e SST não apresentaram diferenças significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, durante o período experimental. Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas nos parâmetros amônia e alcalinidade entre os tratamentos, ao longo do período experimental ( $p < 0,05$ ). As médias dos parâmetros físicos e químicos estão apresentadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Valores dos parâmetros físicos e químicos monitorados durante o período do experimento engorda, com médias e desvio padrão ( $\pm$ ) dos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas.

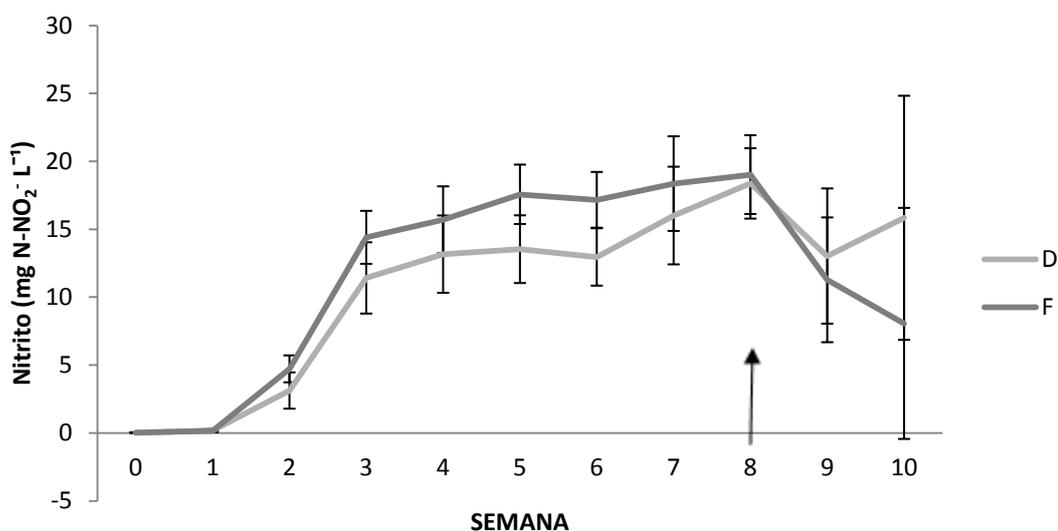
PARÂMETRO	TRATAMENTOS	
	D	F
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	26,99 $\pm$ 2,13	26,30 $\pm$ 2,22
Salinidade	32,10 $\pm$ 0,68	32,50 $\pm$ 0,80
Oxigênio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	5,72 $\pm$ 0,47	5,81 $\pm$ 0,48
pH	7,75 $\pm$ 0,19	7,69 $\pm$ 0,19
Alcalinidade ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ )	119,7 $\pm$ 19,3	108,7 $\pm$ 15,7
Amônia ( $\text{mg N-AT L}^{-1}$ )	0,82 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>	1,19 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>
Nitrito ( $\text{mg N-NO}_2^- \text{ L}^{-1}$ )	10,69 $\pm$ 2,88	11,49 $\pm$ 2,65
Nitrato ( $\text{mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ )	5,80 $\pm$ 3,32	6,80 $\pm$ 3,77
SST ( $\text{mg L}^{-1}$ )	520,10 $\pm$ 101,43	514,50 $\pm$ 80,57

Em relação aos compostos nitrogenados, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas nas concentrações de amônia total, onde o tratamento D diferiu do F na terceira e quarta semanas. Foram observados picos em tempos diferentes, onde o tratamento F aumentou até a terceira semana, diferentemente do tratamento D que ocorreu na segunda semana, como demonstrado na figura 6.



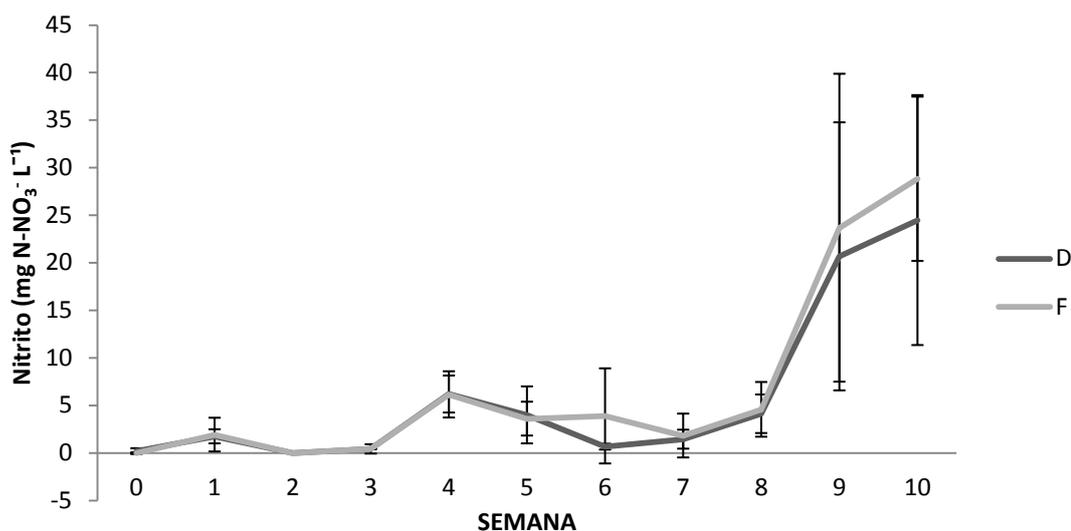
**Figura 6.** Variação das concentrações da amônia ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão.

Em relação ao nitrito não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. Porém, manteve-se em concentrações elevadas durante seis semanas. Na oitava semana de experimento foi efetuada uma renovação de 50% da água do cultivo, tendo como objetivo a redução das concentrações de nitrito, como demonstrado na figura 7.



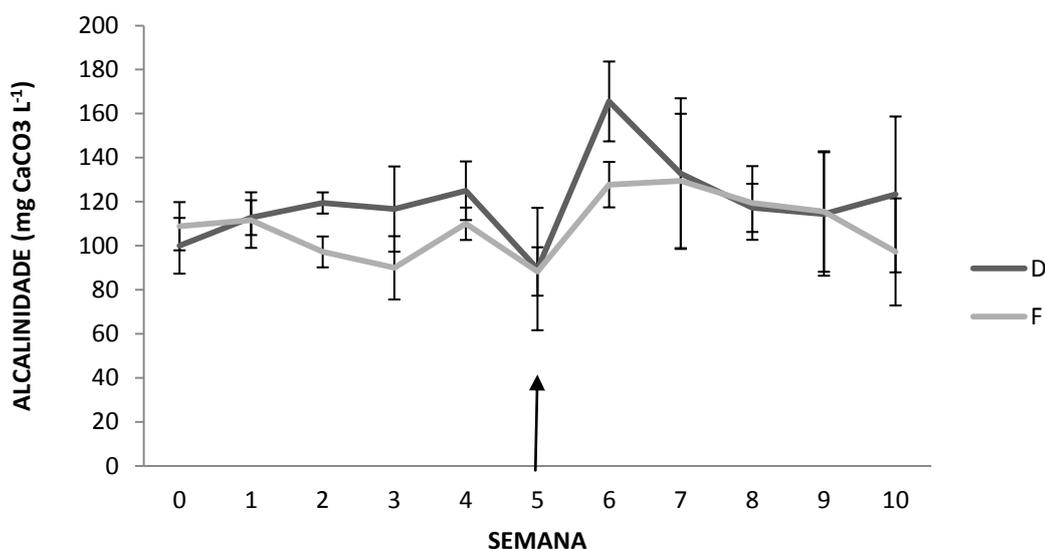
**Figura 7.** Variações das concentrações de nitrito ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão. A seta indica a renovação realizada de 50% no eixo do tempo, devido as elevadas concentrações de nitrito.

O nitrato também foi outro composto nitrogenado que não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $p>0,05$ ), havendo apenas o incremento deste composto. A partir da oitava semana houve o aumento das concentrações de nitrato até o final do período experimental, de acordo com a figura 8.



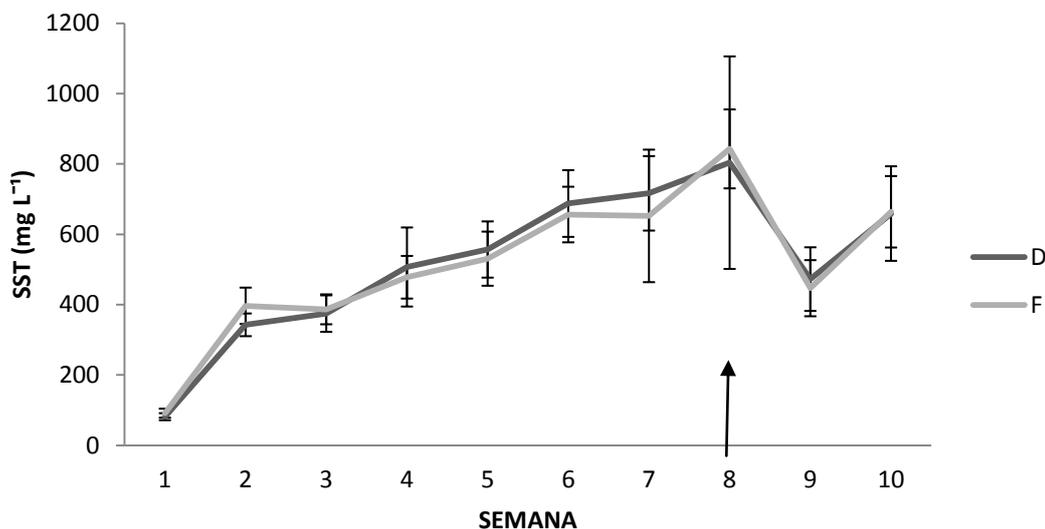
**Figura 8.** Variações das concentrações de nitrato ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão.

A alcalinidade diferiu estatisticamente entre os tratamentos ( $p<0,05$ ) durante a segunda e sexta semanas. Na quinta semana houve a aplicação de cal hidratada –  $\text{Ca(OH)}_2$  em ambos os tratamentos para a manutenção da alcalinidade, conforme a figura 9.



**Figura 9.** Variações de alcalinidade ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão. A aplicação de cal hidratada em ambos os tratamentos está indicada pela seta no eixo do tempo.

Os SST não diferiram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Houve uma redução desses SST a partir da oitava semana (figura 10), reflexo da renovação feita na tentativa da redução das concentrações do nitrato.



**Figura 10.** Variações das concentrações de sólidos suspensos totais ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão. A seta indica a redução dos SST no eixo do tempo, devido a renovação realizada pelas elevadas concentrações de nitrato.

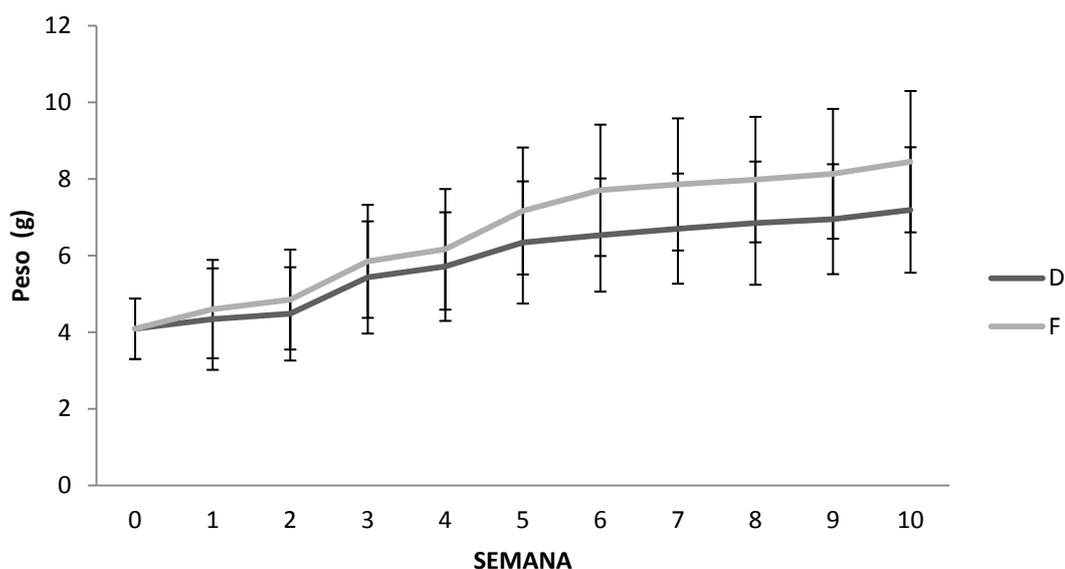
Na tabela 6 são apresentados os resultados do desempenho zootécnico dos camarões ao final do experimento. Não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p>0,05$ ) em relação à sobrevivência, que foi superior a 80%. Em relação ao peso final, GPS (ganho de peso semanal), produtividade e CAA em ambos os tratamentos houve diferenças significativas ( $p<0,05$ ), sendo o tratamento F com resultados melhores do que o tratamento D.

**Tabela 6.** Valores de desempenho zootécnico monitorados durante o experimento engorda, com médias e desvio padrão dos tratamentos com a aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas.

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	D	F
Sobrevivência (%)	82,70 ± 7,53	88,20 ± 6,01
Peso inicial (g)	4,09 ± 0,79	4,09 ± 0,79
Peso final (g)	7,19 ± 1,63 <sup>a</sup>	8,45 ± 1,84 <sup>b</sup>
GPS (g semana <sup>-1</sup> )*	0,30 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,04 <sup>b</sup>
Produtividade (kg m <sup>-3</sup> )	1,23 ± 0,31 <sup>a</sup>	2,03 ± 0,46 <sup>b</sup>
CAA**	3,25 ± 0,63 <sup>a</sup>	2,03 ± 0,51 <sup>b</sup>

\* GPS = Ganho de peso semanal. \*\*CAA = Conversão Alimentar Aparente

O crescimento semanal dos camarões ao longo do experimento (figura 11) não diferiu significativamente entre os tratamentos.



**Figura 11.** Peso (g) dos camarões ao longo do experimento engorda, nos tratamentos com aplicação de dextrose (D) e farelo de arroz (F). As barras verticais indicam o desvio padrão.

Os valores das fontes de carbono utilizadas foram de acordo com a consulta local, onde: dextrose tem o valor de R\$8,00 kg<sup>-1</sup> e o farelo de arroz com o valor de R\$0,70 kg<sup>-1</sup> refere-se a quantidade total de fontes de carbono utilizadas até a redução do N-AT, em tanques de 800 L em sistemas BFT na fase de engorda. Adicionalmente, estão relacionados os custos extrapolados para unidade de 1000 m<sup>-3</sup>, podendo ser observado na tabela 7.

**Tabela 7.** Dados referentes às quantidades e os custos das fontes de carbono utilizadas ao longo do experimento engorda para a redução das concentrações do NAT em sistemas BFT.

Fontes de carbono	Quantidade (kg)	Preço Total (R\$)	Preço Total (R\$) 1000 m <sup>-3</sup>
Dextrose	1,65	13,20	16500,00
Farelo de arroz	1,83	1,28	1600,00

Valores de acordo com consulta local, onde a dextrose tem o valor de R\$8,00 kg<sup>-1</sup> e o farelo de arroz com o valor de R\$0,70 kg<sup>-1</sup>.

## DISCUSSÃO

A temperatura está diretamente relacionada ao metabolismo, consumo de oxigênio, crescimento e sobrevivência dos organismos cultivados. A espécie *L. vannamei* tolera uma ampla faixa de temperatura e segundo Ponce-Palafox et al. (1997) tem um melhor desempenho relacionado as taxas de crescimento na faixa de temperatura entre 25 e 35°C e sobrevivência variando entre 20 e 30°C. Em ambos os experimentos a temperatura manteve-se dentro da faixa indicada ao crescimento e sobrevivência para a espécie.

Ponce-Palafox et al. (1997) obtiveram os melhores resultados de sobrevivência e crescimento de juvenis de *L. vannamei* em salinidades entre 33 e 40 ‰. Em ambos os experimentos as médias de salinidade obtidas foram de aproximadamente 33‰, ou seja enquadrando na faixa considerada ideal.

O oxigênio dissolvido é um fator limitante e suas concentrações devem estar acima de 5,0 mg L<sup>-1</sup> para camarões peneídeos (Zhang et al. 2006), estando diretamente relacionados com o crescimento e sobrevivência dos organismos cultivados. Em ambos os experimentos as médias se mantiveram acima da concentração ideal para a espécie cultivada.

Segundo Ebeling et al. (2006), em sistemas de bioflocos, a alcalinidade deve estar em uma faixa que varia entre 100 - 150 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, sendo o processo de nitrificação e o crescimento dos crustáceos dependentes da alcalinidade, pelo fato que os íons de carbonato e bicarbonato serem nutrientes essenciais para o desenvolvimento das bactérias nitrificantes e para a formação da carapaça dos camarões. Outro processo importante é a liberação do CO<sub>2</sub>, tanto pela respiração dos camarões bem como pelos microorganismos durante a decomposição da matéria orgânica presente no sistema de cultivo na coluna da água, onde o dióxido de carbono dissocia-se em íons carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), promovendo a liberação de H<sup>+</sup> e redução de pH. De acordo com Furtado et al. (2011) os níveis de pH e alcalinidade decrescem ao longo do cultivo, sendo necessário a correção desses através da aplicação de compostos alcalinizantes, pois a qualidade de água e o desempenho dos organismos cultivados podem ser afetados negativamente.

No experimento berçário a partir da quarta semana os níveis ficaram abaixo do ideal, porém não foi necessária a correção pelo curto período experimental. Já no

experimento engorda houve redução da concentração da alcalinidade em ambos os tratamentos, simultaneamente a redução das concentrações de amônia, fato este devido as bactérias amônia-oxidantes necessitarem de carbono inorgânico para o crescimento e geração de energia (Ebeling et al. 2006), sendo necessárias correções, com a aplicação de cal hidratada para que os valores ficassem dentro da faixa ótima (Furtado et al. 2011).

Os níveis ideais de pH para o cultivo de camarões marinhos estão em uma faixa que varia entre 7 – 9 (Van Wyk & Scarpa, 1999). Wasielesky et al. (2006b), trabalhando em sistemas BFT, afirmaram que em pH abaixo de 7 pode ocorrer um retardo no crescimento e aumento da conversão alimentar desses organismos cultivados.

Neste sistema de bioflocos há uma tendência natural na redução do pH, devido ao incremento da biomassa bacteriana, nas quais acabam consumindo a alcalinidade e por consequência reduzindo os níveis de pH. Decamp et al. (2007) observaram que o aumento da densidade de estocagem acaba reduzindo o pH ao longo do cultivo. No que diz respeito ao processo de nitrificação, o pH ótimo deve estar em uma faixa que varia de acordo com o gênero das bactérias nitrificantes para o crescimento das mesmas, ou seja, as *Nitrossomonas* que oxidam a amônia a nitrito, a faixa ótima varia entre 7,8 – 8,8 e para as *Nitrobacter* que oxidam nitrito a nitrato, variando entre 7,2 – 9,0 (Chen et al. 2006).

Em ambos os experimentos, mesmo com o uso das fontes de carbono e as elevadas densidades de estocagem, o pH manteve-se dentro da faixa ótima para a espécie. No experimento berçário não foi necessário à correção deste parâmetro, pois os níveis se mantiveram dentro do ideal para a espécie. Enquanto que no experimento engorda, houve a necessidade da correção do pH, seguindo a metodologia de Furtado et al. (2011).

As fontes de carbono tais como o melaço de cana-de-açúcar e a dextrose são de fácil dissolução no ambiente de cultivo e liberação rápida do carbono. Em estudo com a utilização de melaço de cana-de-açúcar, Samocha et al. (2007) observaram redução da concentração da amônia. Hari et al. (2004) descreveram que o uso de fontes de carbono possibilitam a redução dos níveis de proteínas na dietas sem comprometer a produção do camarão cultivado, devido ao aumento das bactérias heterotróficas, ocorrendo

aumento simultâneo da produção no cultivo, tornando assim a aquicultura mais viável economicamente.

O farelo de arroz tem um baixo custo e fácil disponibilidade na região sul do Brasil, porém é de difícil dissolução, ou seja, disponibiliza o carbono mais lentamente, quando comparado com as demais fontes utilizadas em ambos os experimentos, que são de dissolução rápida no ambiente de cultivo.

No experimento berçário o tratamento M foi mais eficiente na redução das concentrações de amônia do que o tratamento F. Fato semelhante ocorreu no experimento engorda, onde no tratamento D as concentrações da amônia foram menores quando comparado com o tratamento F.

Segundo Zhu e Chen (2001) o aumento da razão C/N, aumentando de 0 para 1, reduziu a eficiência de 70% na taxa de nitrificação. Desta forma, estes autores verificaram a redução da taxa de nitrificação devido o aporte de carga orgânica.

Portanto em ambos os experimentos as fontes de carbono de dissolução fácil no ambiente de cultivo – melaço de cana-de-açúcar e dextrose – foram mais eficientes na redução de amônia disponibilizando rapidamente a liberação do carbono no ambiente, quando comparada com uma fonte de carbono de degradação lenta, o farelo de arroz, o que influenciou nas concentrações de amônia mais elevadas. Independente da degradação as fontes de carbono utilizadas em ambos os experimentos, todas foram eficazes na redução das concentrações de amônia, havendo o surgimento do nitrito indicando o início do processo de nitrificação bem como a síntese de novas células bacterianas e a formação dos bioflocos.

O nitrito é proveniente do processo de nitrificação onde há a oxidação da amônia a nitrito, e nitrito a nitrato através das bactérias autotróficas (Ebeling et al., 2006). Esse composto nitrogenado em elevadas concentrações, à curto ou longo prazo, causa o retardo no crescimento e sobrevivência dos organismos cultivados (Lin & Chen, 2003).

Naturalmente o sistema BFT pode apresentar maior concentração de nitrito comparado a amônia durante o ciclo. Silva et al. (2013) verificaram que dos 39% de nitrogênio na forma dissolvida que entrou no sistema BFT, 0,9% foi registrado como amônia total e 12% como nitrito, após 42 dias de estudo.

No experimento berçário, onde houve apenas o acúmulo das concentrações de nitrito ultrapassando valores de 20 mg L<sup>-1</sup> até o final do experimento. No entanto essas

concentrações de nitrito elevadas foram semelhantes à Cohen et al. (2005), que realizaram estudo em sistema fechado durante a fase de berçário, onde as concentrações de nitrito ultrapassaram  $25 \text{ mg L}^{-1}$  na última semana de experimento, não afetando o desempenho zootécnico dos camarões cultivados, devido a exposição de curto prazo.

No experimento engorda, houve o acúmulo das concentrações de nitrito, onde permanecerem elevadas, com concentrações acima de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  durante seis semanas consecutivas, sendo que o tratamento F teve concentrações mais elevadas que o tratamento D, devido ao fato que o farelo de arroz acaba gerando um acúmulo de matéria orgânica justamente por ser de degradação lenta. Devido ao fato das elevadas concentrações de nitrito a longo prazo, fez com que afetasse a taxa de crescimento dos organismos cultivados, devido ao crescimento lento das bactérias nitrito-oxidantes. Vinatea et al. 2010, afirmam que concentrações chegando em  $9,49 \text{ mg L}^{-1}$ , foram suficientes para a redução significativa na taxa de crescimento dos camarões cultivados.

Em ambos os experimentos parece indicar um retardo na oxidação de nitrito a nitrato, devido ao acúmulo deste composto em concentrações significativas. A utilização de elevadas densidades de estocagens pode ter como consequência um grande aporte desse composto nitrogenado (Lin & Chen, 2003). No entanto, no experimento engorda, na oitava semana foi feita uma renovação de 50%, onde possivelmente reduziu o aporte de carga orgânica, favorecendo assim a nitrificação, devido às bactérias nitrificantes necessitar de carbono inorgânico para seu desenvolvimento (Zhu & Chen, 2001).

Segundo Frías-Espericueta et al. (1999) a espécie *L. vannamei* é mais resistente às concentrações de amônia e nitrito do que outras espécies de peneídeos. O nível de segurança de nitrito para juvenil de *L. vannamei* é de  $25,7 \text{ mg L}^{-1}$  em salinidade 35, ou seja, quanto maior a salinidade, menor será a toxicidade deste composto (Lin & Chen, 2003). Em ambos os experimentos a salinidade permaneceu próxima a 33, podendo ter influenciado na baixa taxa de mortalidade no experimento engorda, afetando apenas o crescimento dos organismos cultivados.

O nitrato é o produto final do processo de nitrificação e tende a acumular em concentrações elevadas, sendo o composto menos tóxico, pois para causar efeito nos organismos cultivados as concentrações devem estar superiores a  $60 \text{ mg L}^{-1}$  (Van Wyk & Scarpa, 1999). No experimento berçário não foi detectado o surgimento das

concentrações de nitrato. No experimento engorda houve o incremento deste composto nitrogenado devido ao processo de nitrificação.

A formação dos bioflocos é constante no sistema BFT, onde com a adição de fontes de carbono orgânico há o acúmulo dos SST durante o ciclo. No experimento berçário a baixa solubilidade do farelo de arroz proporcionou maior concentração SST. Enquanto no experimento engorda, ambos os tratamentos não diferiram, porém na oitava semana houve uma queda significativa dos SST, devido a renovação de água feita para a redução do nitrito, que ao final do experimento as médias foram semelhantes. Samocha et al. (2007), recomendam as concentrações máximas de SST de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , nível que permite melhores índices de desempenho zootécnicos (Gaona et al. 2011). Em ambos os experimentos os valores de SST ficaram acima do recomendado por esse autores, porém sem afetar o desempenho zootécnico dos organismos cultivados.

Samocha et al (2007) utilizando melão para a redução dos níveis de amônia, obtiveram sobrevivências variando entre 68,9 e 96,2% e a CAA variando entre 1,7 e 2,1. Já Mishra et al. (2008), verificaram uma variação entre 78,2 e 99,8% na sobrevivência e a CAA variou entre 1,0 e 1,5. Ambos os trabalhos foram realizados na fase de berçário em sistemas BFT. O presente estudo na fase de berçário obteve resultados superiores, com as sobrevivências variando entre 97,4 e 99,5%, e a CAA, variando entre 0,88 e 1,12.

No experimento engorda a sobrevivência média foi acima de 80%. McAbee et al. (2003) verificaram sobrevivências de *L. vannamei* em sistema BFT superiores a 90% em densidade de estocagem acima de 300 camarões  $\text{m}^{-2}$ . Possivelmente a sobrevivência obtida no presente estudo possa estar relacionada com a salinidade que foi submetida o experimento, onde a toxicidade do nitrito se torna menor (Tomasso, 2012). Em relação ao GPS, produtividade e CAA, foram obtidos os melhores resultados no tratamento F. Porém esses parâmetros foram afetados não pelas fontes de carbono e sim pelas concentrações de nitrito que permaneceram elevadas por um longo período afetando todos os tratamentos. Esses resultados são similares aos de Lara (2012), onde os valores de GPS, produtividade e CAA foram de  $0,52 \text{ g semana}^{-1}$ ,  $1,24 \text{ kg m}^{-3}$  e  $3,22$  respectivamente. No presente estudo os resultados obtidos foram de  $0,30 \text{ g semana}^{-1}$ ,  $1,23 \text{ kg m}^{-3}$  e  $3,25$ , para o GPS, produtividade e CAA respectivamente, demonstrando

também que o desempenho zootécnico foi afetado, devido ao fato dos níveis de nitrito também se manterem elevados por um longo período.

Em relação à avaliação dos custos, os valores das fontes de carbono utilizadas variam. O farelo de arroz é um produto abundante na região Sul do Brasil devido ao cultivo de arroz, tendo assim um baixo custo, tendo o valor em torno de R\$ 0,70 kg<sup>-1</sup>, quando comparado com as demais fontes de carbono utilizadas em ambos os experimentos, pois o melaço de cana-de-açúcar o seu custo foi de R\$ 2,65 kg<sup>-1</sup>, e a dextrose tem um valor mais elevado devido ser um produto mais refinado, com seu valor em média de R\$8,00 kg<sup>-1</sup>. Portanto é possível viabilizar os custos de produção com a utilização de fontes de carbono mais rentáveis.

O cultivo de camarões marinhos com a fase berçário em sistema BFT, verifica-se que as concentrações de nitrito se incrementam. Porém no presente estudo, por ter sido uma fase de curta duração, não afetou o desempenho zootécnico dos organismos cultivados. Já a formação dos bioflocos na fase de engorda, é complexa devido ao maior aporte de nitrogênio que podem ocasionar concentrações de nitrito elevadas por longos períodos comprometendo a produtividade do cultivo, o que pode ser observado no experimento engorda.

Contudo, recomenda-se que a formação dos bioflocos se inicie na fase de berçário, o que possibilita a reutilização da água do cultivo como inoculo quando for realizada a transferência dos camarões para os viveiros de engorda, como sugerido por Krummenauer et al. (2012), onde o reuso de um inoculo de 2,5% já foi eficiente para a manutenção dos níveis das baixas concentrações de amônia e nitrito.

## **CONCLUSÃO**

As fontes de carbono orgânico de dissolução rápida, tais como melão e dextrose, disponibilizaram o carbono mais rapidamente, reduzindo primeiramente as concentrações de amônia, diferentemente das fontes de carbono de degradação lenta, como o caso do farelo de arroz. Porém todas as fontes de carbono utilizadas foram eficientes na formação dos bioflocos, redução das concentrações de amônia, conseqüentemente na melhoria da qualidade de água e desempenho zootécnico dos camarões.

Cabe salientar que o farelo de arroz, apesar de ser uma fonte de carbono de dissolução lenta, obteve melhores resultados de desempenho zootécnico no experimento engorda quando comparados com a fonte de carbono mais lábil. Por fim, se torna uma alternativa viável, devido ao seu baixo custo, bem como estimula o crescimento das bactérias heterotróficas na reciclagem dos nutrientes, promovendo a formação da comunidade microbiana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMINOT A, CHAUSSEPIED, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, CNEXO, 395p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official Methods of Analysis of AOAC, 16th edition. Patricia Cunniff (editora), Washington, DC.
- APHA (American Public Health Association), 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington, DC. 1193p.
- ASADUZZAMAN, M, WAHAB, MA, VERDEGEM, MCJ, ADHIKARY, RK. 2010. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C:N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. *Aquaculture*, 37:46-301.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176:227-335.
- AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc Technology: A practical Hand Book. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- BENDSCHNEIDER, K, ROBINSON, RJ. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11, 87-96.
- BURFORD, MA, THOMPSON, PJ, MCINTOSH, RP, RH BAUMAN, DC, PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232:525-537.
- CHEN, S, LING, J, & BLANCHETON, J.P. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering. Eng.* 34:179-197.
- COHEN, JM, SAMOCHA, TM, FOX, JM, GANDY, RL, LAWRENCE, AL. 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.
- CRAB, R, AVNIMELECH, Y, DEFOIRDT, T, BOSSIER, P & VERSTRAETE, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270:1-14.

- CRAB, R, KOCHVA, M, VERSTRAETE, W, AVNIMELECH, Y. 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilápia. *Aquacultural Engineering*, 40:105-112.
- CRAB, R, CHIELENS, B, WILLE, M, BOSSIER, P, VERSTRAETE, W. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41:559-567.
- CRAB, R, DEFOIRD, T, BOSSIER, P, VERSTRAETE, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 351-356:356-357.
- DECAMP, OE, CONQUEST, L, CODY, J, FORSTER, I. 2007. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. *J. World Aquacult. Soc.* 38:395-406.
- EBELING, JM, TIMMONS, MB, BISOGNI, JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture* 257:346–358.
- EMERENCIANO, MGC, WASIELESKY, WJ, SOARES RB, BALLESTER, ELC, IZEPPI EM, CAVALLI, RO. 2007. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. *Acta Sci. Biol. Sci.* 29: 1-7.
- FAO, 2012. The state of world fisheries and aquaculture. Disponível em: [www.fao.org](http://www.fao.org). Acessado em 06/01/13.
- FURTADO, P, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 321:130-135.
- GAONA, CAP, POERSCH, LH, KRUMMENAUER, D, FOES, GK, WASIELESKY, W. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture*. 11: 54-73.

- HARGREAVES, JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34:344–363.
- HARI, B, KURUP, BM, VARGHESE, JT, SCHRAMA, JW, VERDEGEM, MCJ. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 241:179-194.
- JORY, DE, CABRERA, TR, DUGGER, DM, FEGAN, D, LEE, PG, LAWRENCE, AL, JACKSON, CJ, MCINTOSH, RP, CASTAÑEDA, J. 2001. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. Pages 104–152 in CL Browdy and DE Jory, editors. The new wave: proceedings of the special session on sustainable shrimp culture, aquaculture. *The World Aquaculture Society*, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- KRUMMENAUER, D, CAVALLI, RO, BALLESTER, ELC & WASIELESKY, W. 2010. Feasibility of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture in southern Brazil: effects of stocking density and a single or a double CROP management strategy in earthen ponds. *Aquaculture Research*, 41:240-248.
- KRUMMENAUER, D, PEIXOTO, S, CAVALLI, RO, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *J. World Aquacult. Soc.* 42:726–733.
- KRUMMENAUER, D, SEIFERT, CA, POERSCH, LH, FOES, GK, LARA GR & WASIELESKY, W. 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. *Atlântica*, 34(2): 103-111.
- LARA, GR. 2012. Técnicas de manejo aplicadas à redução das concentrações de nitrito na água de cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande-FURG.
- LIN, YC, CHEN, JC. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 259:109–119.
- LIN, YC, CHEN, JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224:193–201.

- MCABEE, BJ, BROWDY, CL, RHODES, RJ, STOKES, AD, 2003. The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. *Global Aquacult. Advoc.* 6:40-43.
- MCINTOSH, BJ, SAMOCHA, TM, JONES, ER, LAWRENCE, AL, MCKEE, DA, HOROWITZ, S, HOROWITZ, A. 2000. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet on outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering.* 21:215-227.
- MISHRA, JK, SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, GANDY, RL, ALI, AM. 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural engineering.* 38:2-15.
- MOSS, SM, ARGUE, BJ, OTOSHI, CA, CALDERON, FRO, TACON, AGJ. 2001. Greening of the blue revolution: Efforts toward environmentally responsible shrimp culture. In: Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), *The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Aquaculture 2001. The Word Aquaculture Society, Baton Rouge, USA*, pp. 1-19.
- OSTRENSKY, AN, 2002. Aquicultura brasileira e sua sustentabilidade. *XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Anais.* pp. 4-10.
- PONCE-PALAFIX, J, MARTINEZ-PALACIOS, CA, ROSS, LG, 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture* 157:107-115.
- SILVA, KR, WASIELESKY, WJ, ABREU, PC, 2013. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society* 44, 30-41.
- SAMOCHA, TM, CORDOVA, J, BLANCHER, T, WIND, A. 2000. Raceway nursery production increases shrimp survival and yields in Ecuador. *Glob. Aquac. Advocate.* 3:66-68.
- SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA, RV, AYUB, Z. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge

- nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36:184–191.
- STRICKLAND, JDH, PARSONS, TR. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2. ed. Ottawa: Bulletin 167.
- TACON, AGJ, CODY, JJ, CONQUEST, LD, DIVAKARAN, S, FORSTER, IP, DECAMP, OE. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8:121–137.
- TOMASSO, JR. 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. *Reviews in Fisheries Science*. 2:291–314
- TOMASSO, JR. 2012. Environmental nitrite and aquaculture: a perspective. *Aquaculture International*. 20:1107-1116
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.
- 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, p. 128–138.
- VILANI, FG. 2011. 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 de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, Brasil. 52p.
- VINATEA, L, GALVEZ, AO, BROWDY, CL, STOKES, A, VENERO, J, HAVEMAN, J, LEWIS, BL, LAWSON, A, SHULER, A, LEFFLER, JW. 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. *Aquacult. Eng.* 42:17–24.
- WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006a. 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.

- WASIELESKY, W, ATWOOD, H, KEGL, R, BRUCE, J, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006b. Efeito do ph na sobrevivência e crescimento do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em cultivos superintensivos. *Aquaciência 2006*. Anais do congresso.
- ZAR, J H. 1999. Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall. 663 p.
- ZHANG, P, ZHANG, X, LI, J, HUANG, G. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 256: 579–587.
- ZHU, S, CHEN, S. 2001. Impacts of Reynolds number on nitrification biofilm kinetics. *Aquaculture Engineering* 24:213-229.