



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



CULTIVO DO CAMARÃO ROSA *Farfantepenaeus brasiliensis* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS EM DIFERENTES TEMPERATURAS: BERÇÁRIO E CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO

Bárbara Linhares Hostins

Rio Grande, 2013

Universidade Federal do Rio Grande

Instituto de Oceanografia

Cultivo do camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* em sistema de bioflocos em diferentes temperaturas: berçário e crescimento compensatório

Aluna: Bárbara Linhares Hostins

Orientador: Prof. Luis Henrique Poersch

Co-orientador: Mário Chim Figueiredo

Dissertação apresentada como
parte dos requisitos para
obtenção do grau de mestre em
Aquicultura no Programa de
Pós Graduação em Aquicultura
da Universidade Federal do Rio
Grande

Rio Grande, RS

Março de 2013

ÍNDICE:

AGRADECIMENTOS:	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	6
2.1 Objetivos específicos	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Origem e qualidade dos animais	7
3.2 Delineamento experimental	7
<i>Experimento 1</i>	7
<i>Experimento 2</i>	8
3.3 Variáveis Físicas e Químicas da Água	8
3.4 Desempenho zootécnico dos camarões	9
3.5 Análise estatística	10
4. RESULTADOS	10
<i>Experimento 1</i>	10
<i>Experimento 2</i>	17
5. DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÕES	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

AGRADECIMENTOS:

Tenho bons motivos para agradecer:

Ao meu orientador Prof. Luis Poersch, o Mineiro, por todas as suas contribuições, ensinamentos, risadas e principalmente pela confiança depositada em mim ao longo desses 2 anos;

Ao prof. Wilson Wasielesky, que também esteve sempre presente ensinando, colaborando, confiando no meu trabalho e mostrando que “rejeito” pode ser aproveitado!

Ao Prof. Mário Chim, não esquecendo os dias passados no Saco do Justino. Obrigada!

À Gabi, pela amizade, por toda ajuda e por estar sempre pronta para ouvir minhas piadas sem graça, dar risada e rebater com outra piada mais sem graça ainda!

Ao André “Praga”, por toda a ajuda, muita gratidão sempre. OBRIGADAAAAAAAAAAAA!

A todos da Estação Marinha de Aquacultura, sem exceção, que de muitas formas me ajudaram na minha formação como profissional e acima de tudo como ser humano;

Às minhas companheiras de casa cassineira, Florencia e Micheli, pelo companheirismo de sempre e por todos os momentos felizes que compartilhamos nesse tempo; A todas as “minas”: Laurinha, Thaís, Helô, Laís, Elisa, Lumi e Vanessa pela amizade sincera, e por deixarem a vida no Cassino mais colorida.

Ao Marcel, meu companheiro presente em todos os momentos, e que mesmo de longe nunca deixou de dar muito amor e apoiar minhas escolhas;

Aos meus pais, Regina e Rubens, por me mostrarem o que é amor incondicional e sem medidas, minha gratidão eterna.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram e fizeram parte da minha vida ao longo do mestrado.

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar o efeito das diferentes temperaturas no berçário e crescimento compensatório do camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* em sistema de bioflocos (BFT). No primeiro experimento, pós-larvas de peso médio 0,015g foram cultivadas por 30 dias e expostas a 5 tratamentos com 5 repetições: 21°C, 24°C, 27°C, 30°C e 33°C. Cada unidade experimental recebeu 10% de inóculo de bioflocos. Ao final da fase de berçário, o peso médio foi crescente com a temperatura, sendo significativamente diferente ($p < 0,05$) entre os tratamentos: 0,10g (21°C); 0,18g (24°C); 0,27g (27°C); 0,34g (30°C) e 0,49g (33°C). No entanto as sobrevivências foram maiores nas menores temperaturas, com 81% (21°C), 80% (24°C) e 80% (27°C) e menores nas temperaturas mais elevadas 65% (30°C) e 26% (33°C). A partir dos resultados de desempenho e qualidade da água obtidos, determinou-se que a temperatura adequada para o berçário de *F. brasiliensis* esteve entre 27 e 30°C. No segundo experimento os camarões foram aclimatados e reestocados à temperatura de 30°C, a fim de verificar o crescimento compensatório. Os tratamentos foram então nomeados da seguinte forma: 21°C (30), 24°C (30), 27°C (30), 30°C (30) e 33°C (30), com 5 repetições. Este experimento teve duração de 15 dias, sendo que foram reutilizados os bioflocos da fase de berçário. Como resultados, foi possível observar que 21°C (30) apresentou a maior taxa de crescimento específico (TCE) em relação aos demais tratamentos, demonstrando o crescimento compensatório. Este mesmo tratamento igualou o peso final a 24°C(30) e 27°C(30), evidenciando crescimento compensatório pleno. Já em relação a 30°C(30) e 33°C(30) os pesos finais se mantiveram menores, o que caracteriza crescimento compensatório parcial. As informações obtidas neste estudo podem ser importantes para o incremento do pacote tecnológico de cultivo de *Farfantepenaeus brasiliensis* principalmente em regiões que apresentam temperaturas mais baixas, nas quais a fase de berçário pode ser realizada durante a primavera, para posterior estocagem nas estruturas de engorda com o aumento da temperatura do ambiente.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of different temperatures at nursery and compensatory growth of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* reared in biofloc technology (BFT). In the first trial, post-larvae (mean weight 0,015 g) were cultured during 30 days under 5 treatments with 5 replicates: 21°C, 24°C, 27°C, 30°C e 33°C. Each experimental unit received 10% of biofloc inoculum. At the end of the nursery phase, the mean weight increased with temperature, being significantly different ($p < 0,05$) between treatments: 0,10g (21°C); 0,18g (24°C); 0,27g (27°C); 0,34g (30°) e 0,49g (33°). However, survival rates were higher at low temperatures, with 81% (21 ° C), 80% (24°C) and 80% (27°C), and lower at high temperatures: 65% (30°C) and 26% (33°C). Results of performance and water quality obtained in this trial, it was determined that the recommended temperature for the nursery of *F. brasiliensis* is between 27 and 30°C. At the second trial, the shrimps were acclimated and stocked at 30°C in order to check the compensatory growth. The treatments were termed as follows: 21°C (30), 24°C (30), 27°C (30), 30°C (30) and 33°C (30), with 5 replicates each. This experiment lasted 15 days, and the bioflocs of the nursery phase was reused. The 21°C (30) treatment showed the highest specific growth rate (SGR) compared to the other treatments, demonstrating the compensatory growth. This treatment equaled its final weight to 24°C (30) and 27°C (30), showing full compensatory growth. On the other hand, the final weights in 21°C (30) remained lower than in 30°C (30) and 33°C (30), which characterizes partial compensatory growth. The results obtained in this study provide relevant knowledge for development of a cultivation technology package of *F. brasiliensis* in systems based on BFT. For example, in middlaltitudes, the nursery phase can be carried-out during the spring, when the lower temperatures ensure high survival, whereas the grow-out would overlap with the increase of the environmental temperature, which would be the trigger for compensation of growth.

1. INTRODUÇÃO

A constante demanda do mercado por crustáceos tem mantido as taxas de crescimento da produção em níveis elevados (9,6% da produção aquícola mundial) nas últimas décadas (FAO 2012). O camarão *Litopenaeus vannamei* tem sido amplamente cultivado mundialmente (Xu & Pan 2012). Essa espécie tem por característica o rápido crescimento e elevada sobrevivência, que fazem desta uma boa escolha para os cultivos (Cuzon *et al.* 2004).

Entre as regiões do território brasileiro, a região nordeste apresenta as condições mais adequadas ao cultivo de *L. vannamei* por estar situada em zona tropical com a prevalência de altas temperaturas, um dos principais fatores que favorecem o crescimento da espécie. Tal fato possibilita uma produção durante todo o ano na região. Todavia, a região sul do Brasil vem demonstrando interesse no cultivo desta espécie, porém as baixas temperaturas nos meses de inverno limitam o período de produção (Peixoto *et al.* 2003).

Devido a tal fato, estudos sobre espécies presentes na costa brasileira são importantes para o conhecimento da biologia, do comportamento e das interações ecológicas, para que assim se possa avaliar a potencialidade de organismos com possíveis características para o cultivo. A partir daí, surge a necessidade de pesquisas que incrementem o pacote tecnológico de cultivo das espécies nativas de camarões marinhos que ocorrem na região sul do Brasil.

Marchiori (1996) destaca as espécies de camarões marinhos encontradas no Brasil, como *L. schimitti*, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. paulensis* e *F. brasiliensis*. Características como tolerância e crescimento em temperaturas inferiores a 25°C, disponibilidade de reprodutores na região costeira, melhor aceitação no mercado local, e a possibilidade de ser uma fonte de renda para pescadores locais para cultivo em cercados ou gaiolas (Sandifer 1993; Wasielesky 2000; Santos 2003; Peixoto *et al.* 2003), fazem das espécies nativas, incluindo *F. brasiliensis*, potenciais para o cultivo (Gaxiola *et al.* 2010).

F. brasiliensis é distribuída da Carolina do Norte (EUA) até a costa do Rio Grande do Sul (Brasil). Nessa área de distribuição, esta espécie, conhecida como camarão-rosa, é uma importante fonte para a pesca artesanal e comercial, sendo a principal espécie de camarão capturada nas costas brasileira (D’Incao *et al.* 2002) e

mexicana (Perez- Castañeda & Defeo 2001). Dessa forma, a intensa exploração vem causando declínio nos estoques selvagens de *F. brasiliensis* (D’Incao *et al.* 2002), apontando para a crescente importância de informações sobre o cultivo desta espécie (Braga *et al.* 2011).

Neste contexto, pesquisas envolvendo *F. brasiliensis* têm sido realizadas (Emerenciano *et al.* 2012; Lopes *et al.* 2012; Souza *et al.* 2012a; Souza *et al.* 2012b; Viau *et al.* 2012). Tais pesquisas tratam da produção dessa espécie em sistemas que utilizam a tecnologia de bioflocos (BFT). Este modelo de cultivo é considerado um sistema de produção alternativo, eficiente e ambientalmente amigável, gerando um menor impacto ambiental (Boyd *et al.* 2003; Burford *et al.* 2003; Zhao *et al.* 2012).

Os bioflocos são agregados compostos por fitoplâncton, zooplâncton, bactérias e detritos (Burford *et al.* 2004; Wasielesky *et al.* 2006). Tal sistema é baseado no aumento da razão C/N por meio da adição de fontes de carbono orgânico e na aeração constante da coluna d’água (Avnimelech 1999; Azim 2008). Esta combinação permite o crescimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica que é responsável por assimilar o nitrogênio amoniacal (N-AT) proveniente da excreção dos camarões e sua consequente transformação em biomassa bacteriana. Este processo irá promover a manutenção da qualidade da água por meio da reciclagem de resíduos, aumentando assim a eficiência alimentar e a biossegurança do sistema (McIntosh 2001; Avnimelech 2007).

A substituição de uma comunidade predominantemente autotrófica, para o estabelecimento de uma comunidade de bactérias heterotróficas é um dos principais objetivos do sistema BFT. Além disso, um dos pontos chave para o desenvolvimento adequado do sistema é a utilização de altas densidades de estocagem nos cultivos (McIntosh 2000; Ebeling *et al.* 2006). McIntosh (2000) sugere que densidades menores que 100 Pós-larvas m⁻² dificultam o estabelecimento das condições heterotróficas. O mesmo autor cita que quando se tem uma alta biomassa de camarões, o movimento dos animais aumenta a circulação de água nas estruturas de cultivo, promovendo o incremento dos sólidos em suspensão e resultando em melhores condições.

A utilização do sistema de bioflocos contribui também para o melhor desempenho dos camarões cultivados. Emerenciano *et al.* (2012) compararam o desempenho de *F. brasiliensis* na fase de berçário em bioflocos e água clara e

obtiveram melhores resultados zootécnicos em BFT. O melhor desempenho pode ser atribuído principalmente à qualidade nutricional dos bioflocos, que representam um importante complemento na dieta dos camarões através da produtividade natural dos tanques (Wasiolesky *et al.* 2006). As espécies de camarão-rosa têm como característica a exigência nutricional de altos níveis de proteína bruta, chegando a 45% PB em água clara (Fróes *et al.* 2007). No entanto, verificou-se que esse teor proteico pôde ser reduzido de 45 para 35% sem redução no crescimento em sistema de bioflocos (Ballester *et al.* 2010), confirmando o importante papel dos microrganismos dos bioflocos no fornecimento de nutrientes essenciais para as espécies nativas.

A fase de berçário é definida como o passo intermediário entre o período inicial do estágio de pós-larva e a fase de engorda (Mishra *et al.* 2008). Nesse sistema de cultivo intensivo as pós-larvas são transferidas para tanques intermediários, onde permanecerão por um período até serem estocados nas estruturas de engorda (Fóes *et al.* 2011). Alguns autores citam os benefícios de se utilizar o berçário como uma estratégia para aumentar melhor utilização das estruturas de cultivo, uniformidade no tamanho dos camarões, melhor sobrevivência, eficiência alimentar, tolerância a variações ambientais, menores taxas de predação e maior biossegurança nos cultivos intensivos de camarões (Samocha *et al.* 2000; Moss & Moss 2004; Cohen *et al.* 2005).

Os benefícios dos berçários podem ser confirmados por alguns trabalhos já realizados, investigando diferentes condições e metodologias de manejo. Mishra *et al.* (2008) demonstraram, a partir de estudo avaliando a performance de *L. vannamei* durante um berçário em condições de mínima troca de água, a viabilidade de se produzir juvenis saudáveis neste sistema utilizando a remoção do excesso de sólidos suspensos como ferramenta de manejo. Samocha *et al.* (2007) verificaram que a utilização do melão como fonte de carbono orgânico em berçário de *L. vannamei* manteve concentrações adequadas de compostos nitrogenados sem afetar o desempenho dos camarões.

Há um número significativo de estudos envolvendo a produção de camarões em berçário, sendo que a maior parte das informações existentes envolve *L. vannamei*. No entanto, é crescente o número de trabalhos que abordam o berçário de espécies nativas em bioflocos (Ballester *et al.* 2007; Ballester *et al.* 2010; Foes *et al.* 2011), especialmente para *F. brasiliensis* (Emerenciano *et al.* 2012; Lopes *et al.* 2012; Viau *et*

al. 2012; Souza *et al.* 2012a; Souza *et al.* 2012b). Tais pesquisas tratam de diferentes aspectos do berçário desta espécie, envolvendo o consumo dos bioflocos e do biofilme, diferentes densidades de estocagem, utilização de probióticos e de melação como fonte de carbono. Tais resultados demonstram o potencial dessa espécie nativa para o berçário em bioflocos, como forma de incrementar a produção.

Tratando-se de produção, um dos principais parâmetros é a temperatura, visto que é um fator limitante que pode alterar o crescimento e a sobrevivência dos camarões tanto em ambiente natural quanto em sistemas de cultivo (Wasielesky 2000). A temperatura interfere diretamente no processo de muda dos camarões, e pode ainda interagir com outros parâmetros como os íons envolvidos na salinidade, alterando assim a sobrevivência e o crescimento dos animais (Velazquez 2012). Neste sentido, Hewitt & Duncan (2001) apontam que o período de intermuda é afetado a partir de 32°C, e em 36°C é observada mortalidade em *Marsupenaeus japonicus*. Niu *et al.* (2003) inferem que o consumo alimentar, o crescimento e o consumo de oxigênio de *Macrobrachium rosenbergii* é crescente com o aumento da temperatura. Os mesmo resultados foram observados por Wyban *et al.* (1995) para a espécie *L. vannamei*. Neste estudo observou-se que o crescimento e o consumo alimentar foram diretamente relacionados à temperatura.

Não existem informações disponíveis quanto à faixa de temperatura ideal para o crescimento e sobrevivência de *F. brasiliensis*. No entanto *F. paulensis* demonstra ótima sobrevivência de pós-larvas em temperaturas entre 20 e 30°C (Boff & Marchiori 1984). Wasielesky (2000) verificou que o melhor crescimento de *F. paulensis* ocorre entre 26 e 28°C. Em berçário para esta espécie, Hennig & Andreatta (1998) testaram temperaturas de 18, 23 e 28°C e seus efeitos na sobrevivência e crescimento. Os resultados obtidos mostraram que em 18°C a sobrevivência foi menor, e o maior crescimento esteve relacionado ao aumento da temperatura. Deste modo, determinadas temperaturas podem ser limitantes no crescimento e na sobrevivência dos camarões cultivados durante a fase de berçário, e somada às altas densidades utilizadas nessa fase, pode ser considerada uma condição estressante para os animais.

No entanto, após uma redução no crescimento ocasionada por algum fator estressante, tal como a temperatura, e a posterior reestocagem em uma condição adequada, os organismos tendem a apresentar um crescimento acelerado,

principalmente nas primeiras semanas. Tal fato é citado por diversos autores (Jobling *et al.* 1994; Ali *et al.* 2003; Zhu *et al.* 2005; Jiwyang *et al.* 2010) e é conhecido como crescimento compensatório. Esse incremento no crescimento pós-condição de estresse ocorre devido ao aumento no consumo (hiperfagia) e eficiência alimentar, bem como redução nos custos metabólicos (Ali *et al.* 2003).

Trabalhos realizados relatam que essa compensação no crescimento pode ocorrer após períodos de restrição alimentar, hipóxia e baixas temperaturas (Nicieza & Metcalfe 1997; Foss & Imsland 2002; Wu & Dong 2002; Huang *et al.* 2008; Sevgili *et al.* 2012; Fróes 2012). Após o berçário, o crescimento compensatório pode ocorrer principalmente devido às altas densidades de estocagem utilizadas durante essa fase. Nesse sentido Froes (2012) verificou crescimento compensatório quando reduziu as densidades no cultivo de *L. vannamei* após o berçário. Fóes (2008) em experimento que avaliou o crescimento compensatório de *L. vannamei*, demonstrou que quando cultivados em berçário com temperatura e taxas de alimentação abaixo do ideal, compensaram seu baixo crescimento após a transferência para um ambiente adequado. Em relação à temperatura, essa informação pode ser de grande relevância principalmente em regiões de clima temperado, nas quais o berçário pode servir para estender o período de cultivo, sendo realizado durante a primavera enquanto a temperatura do ambiente aumenta (Yta *et al.* 2004). Sendo assim, o conhecimento da temperatura ideal na qual um animal terá o melhor desempenho é de suma importância, pois permitirá um manejo mais adequado nos sistemas de cultivo (Niu *et al.* 2003) e o planejamento do melhor período de produção, especialmente na realização da fase de berçário.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito das diferentes temperaturas no berçário e crescimento compensatório do camarão-rosa *F. brasiliensis* em sistema BFT.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de diferentes temperaturas no desempenho de *F. brasiliensis* em sistema de bioflocos durante a fase de berçário
- Determinar, a partir dos resultados obtidos de desempenho zootécnico, a faixa de temperatura adequada para a realização do berçário de *F. brasiliensis*.
- Avaliar a ocorrência de crescimento compensatório de *F. brasiliensis* após o berçário em sistema superintensivo em diferentes temperaturas
- Verificar o efeito das diferentes temperaturas na qualidade da água e sobre os bioflocos no cultivo de *F. brasiliensis*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem e qualidade dos animais

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (EMA-FURG). Foram utilizadas pós-larvas (PL₂₃) de *Farfantepenaeus brasiliensis* com aproximadamente 0,015g (\pm 0,004) de peso médio, produzidas na EMA-FURG a partir de matrizes capturadas no litoral de Santa Catarina.

3.2 Delineamento experimental

Experimento 1

O experimento foi conduzido em 25 unidades experimentais de 150L de volume útil e 0,49m² de área de fundo. Este teve duração de 30 dias, e foi composto por cinco tratamentos, com cinco repetições cada: 21°C, 24°C, 27°C, 30°C e 33°C. Para a estocagem das pós-larvas, os animais foram contados e transferidos para os tanques de berçário na densidade de estocagem de 600 camarões m⁻². A temperatura inicial dos tanques foi ajustada de acordo com o tanque de origem (27°C), sendo que o ajuste das diferentes temperaturas experimentais foi feito gradativamente com a utilização de aquecedores, gelo em sala climatizada.

Cada unidade experimental recebeu 135 litros de água marinha filtrada, previamente tratada com cloro a 10ppm e declorada com ácido ascórbico (relação de 1g para cada 1000L de água). O volume útil de cada tanque foi completado com 15 litros de um inóculo de bioflocos já formados, provenientes de um tanque matriz com cultivo de camarões em sistema BFT em andamento com 90 dias de duração. Portanto, cada tanque conteve 10% de inóculo de bioflocos com uma comunidade bacteriana já estabelecida. A manutenção dos bioflocos foi feita através de fertilizações orgânicas de acordo com as metodologias propostas por Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006). Para isto o melaço de cana de açúcar líquido foi utilizado como fonte de carbono.

Os camarões foram alimentados três vezes ao dia com ração comercial (Guabi®) constituída por 40% de proteína bruta. As taxas de arraçoamento foram adaptadas de acordo com a metodologia sugerida por Jory *et al.* (2001).

Experimento 2

Nesta fase foi avaliado o crescimento compensatório durante 15 dias após a fase de berçário. Para tanto, ao final do experimento 1 os camarões foram despescados, contados e pesados para posterior reestocagem a uma densidade de 100 camarões.m⁻² nas mesmas 25 unidades experimentais utilizadas previamente. Os animais foram mantidos a temperatura de 30°C. Essa temperatura foi ajustada gradativamente com a utilização de aquecedores e gelo em sala climatizada. A partir daí os tratamentos foram nomeados 21°C (30), 24°C (30), 27°C (30), 30°C (30) e 33°C (30).

Ao término do experimento 1, a água com bioflocos de cada unidade experimental foi transferida para cinco tanques reserva, de modo que cada tanque continha os bioflocos das unidades experimentais correspondentes a cada uma das cinco temperaturas testadas no berçário. Tal procedimento adotado para o reaproveitamento dos bioflocos, sendo que foram diluídos em uma proporção de 75% de bioflocos e 25% de água do mar filtrada. As fertilizações orgânicas para manutenção dos bioflocos foram feitas seguindo os mesmos procedimentos utilizados na fase de berçário. A frequência alimentar e o arraçoamento foram os mesmos utilizados no berçário, com a diferença que neste experimento foi utilizada ração comercial (Guabi®) com 38% de proteína bruta.

3.3 Variáveis Físicas e Químicas da Água

Em ambos os experimentos as concentrações de oxigênio dissolvido e temperatura da água com o auxílio de oxímetro digital (marca YSI®, modelo 55) foram monitoradas duas vezes ao dia. O pH foi analisado uma vez ao dia, utilizando-se um medidor de bancada (marca Mettler Toledo®, modelo FE20). A salinidade foi monitorada semanalmente, utilizando refratômetro (Atago®).

Amostras de água foram coletadas três vezes por semana para determinação dos níveis de amônia total e nitrito de acordo com as metodologias propostas por UNESCO (1983) e Strickland & Parsons (1972), respectivamente. As concentrações de nitrato foram medidas semanalmente seguindo também os métodos de Strickland & Parsons (1972). Com a mesma periodicidade, a alcalinidade da água foi estimada de acordo com metodologia de “American Public Health Association” (1989).

Os sólidos sedimentáveis (mL.L^{-1}) foram monitorados semanalmente utilizando-se cones Imhoff (Avnimelech 2007). Os sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}) também foram monitorados semanalmente. Para tanto, filtros de fibra de vidro com $0,45 \mu\text{m}$ de porosidade foram previamente secos por duas horas em estufa a 60°C para a posterior determinação de seu peso seco em balança analítica de precisão (Sartorius, Analytic AC 210S). Posteriormente, amostras de 20 mL de cada tanque foram filtradas em bomba a vácuo. Os filtros contendo o material filtrado foram secos novamente em estufa a 60°C até atingirem peso constante. Após esse período, os filtros foram novamente pesados em balança digital com $0,0001 \text{ g}$ de precisão. O resultado foi obtido através da diferença do peso seco final e inicial do filtro e a extrapolação desse valor para o volume da amostra filtrada (20 mL).

Quando as concentrações de nitrito (N-NO_2) atingiram valores acima dos níveis de segurança recomendados para a espécie (Campos *et al.* 2012), foram feitas renovações de 50% do volume útil dos tanques. Essas renovações foram feitas com água do mar filtrada, além da utilização de água com bioflocos já formados provenientes de um cultivo em andamento.

3.4 Desempenho zootécnico dos camarões

Quanto ao desempenho zootécnico, foi realizada uma biometria no início da fase de berçário ($n= 50$) para o registro do peso médio dos camarões estocados em cada unidade experimental. A fim de acompanhar o ganho de peso (g) e ajustar a quantidade de alimento fornecido a *F. brasiliensis* durante o primeiro experimento, foram realizadas biometrias semanais. Ao final dos 30 dias de berçário todos os animais foram contados, para o cálculo da sobrevivência, e pesados para a avaliação do ganho de peso final. Esta foi considerada a biometria inicial do segundo experimento, no qual os animais foram reestocados nas unidades experimentais. Também foram feitas biometrias semanais, e ao final dos 15 dias do segundo experimento foram adotados os mesmos procedimentos da biometria final realizada no berçário. A taxa de crescimento específico diário (TCE%) do segundo experimento foi calculada a partir da fórmula: $\text{TCE} = (\text{LnPf} - \text{LnPi}) \times 100 / \text{ND}$, na qual Pf representa o peso final, Pi o peso inicial e ND o número de dias de cultivo.

3.5 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada tratamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para a detecção de diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para a realização desta análise as premissas de normalidade e homocedasticidade foram checadas utilizando-se os testes Kolmogorov-Sminov e Levene, respectivamente. Quando observadas diferenças significativas ($p < 0,05$), foi aplicado o teste post-hoc de Tukey.

4. RESULTADOS

Experimento 1

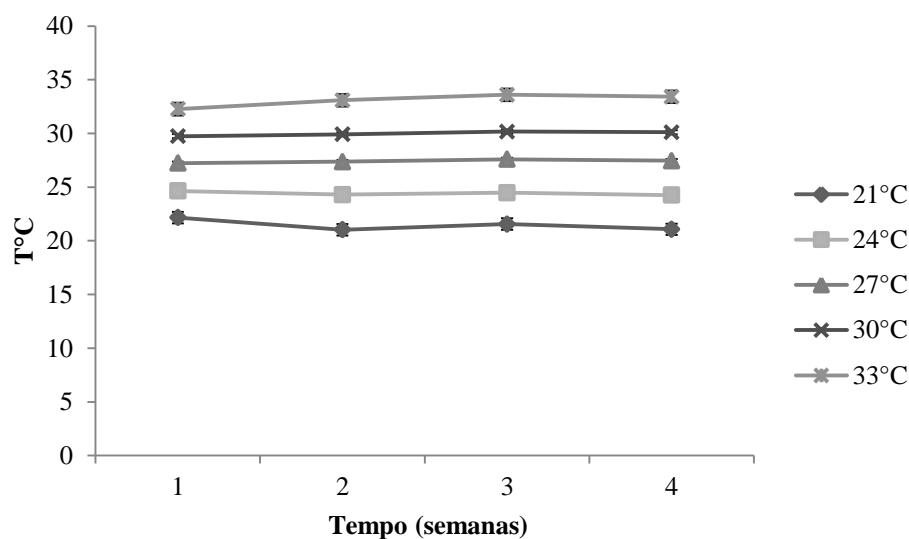
As médias dos parâmetros de qualidade da água estão expressas na Tabela 1. As temperaturas foram diferentes ($p < 0,05$) de acordo com os tratamentos estabelecidos em 21, 24, 27, 30 e 33°C. As concentrações de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) em todos os tratamentos foram diferentes entre si ($p < 0,05$), diminuindo com o aumento da temperatura. Os parâmetros pH, salinidade e alcalinidade (mg.L^{-1}) não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 1- Parâmetros físicos e químicos da água (média \pm desvio padrão) durante o berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

	21°C	24°C	27°C	30°C	33°C
T(°C)	21,3 \pm 0,18 ^a	24,3 \pm 0,10 ^b	27,4 \pm 0,09 ^c	30,0 \pm 0,32 ^d	33,2 \pm 0,12 ^e
O ₂ D (mg.L^{-1})	6,95 \pm 0,05 ^a	6,24 \pm 0,07 ^b	5,79 \pm 0,04 ^c	5,52 \pm 0,16 ^d	4,81 \pm 0,17 ^e
pH	7,99 \pm 0,14	7,96 \pm 0,15	7,90 \pm 0,22	7,92 \pm 0,22	7,91 \pm 0,26
Salin.	33,0 \pm 0,70	33,4 \pm 0,67	33,6 \pm 0,89	33,6 \pm 0,58	33,2 \pm 0,44
Alcal. (mg.L^{-1})	177 \pm 30,3	172 \pm 28,4	156 \pm 32,2	161 \pm 41,7	166 \pm 47,0

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas

A variação das temperaturas e a sua manutenção de acordo com os tratamentos ao longo do primeiro experimento estão expressas na figura 1.



Figural 1: Variação média (\pm desvio padrão) da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

As concentrações médias de compostos nitrogenados (amônia, nitrito, nitrato) estão sumarizadas na Tabela 2. O tratamento 33°C apresentou a maior concentração média de amônia total (N-AT), sendo significativamente diferente ($p < 0,05$) das demais temperaturas. Os valores de nitrito e nitrato não foram diferentes entre os tratamentos ($p > 0,05$) ao longo do experimento.

Tabela 2- Concentrações (média \pm desvio padrão) de amônia total (N-AT), nitrito (N- NO_2) e nitrato (N- NO_3) da água durante o berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

	21°C	24°C	27°C	30°C	33°C
N-AT (mg.L^{-1})	$0,40 \pm 0,30^a$	$0,25 \pm 0,24^a$	$0,21 \pm 0,18^a$	$0,22 \pm 0,20^a$	$0,84 \pm 0,10^b$
N- NO_2 (mg.L^{-1})	$5,20 \pm 4,67$	$6,76 \pm 5,07$	$7,57 \pm 7,54$	$7,84 \pm 7,16$	$7,22 \pm 6,17$
N- NO_3 (mg.L^{-1})	$3,50 \pm 9,65$	$5,75 \pm 10,59$	$6,20 \pm 10,77$	$6,79 \pm 8,73$	$6,82 \pm 9,16$

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas

As variações médias de amônia total (N-AT mg.L^{-1}), nitrito (N- NO_2 mg.L^{-1}) e nitrato (N- NO_3 mg.L^{-1}) nos diferentes tratamentos ao longo do período experimental são demonstradas nas figuras 2, 3 e 4, respectivamente. Na temperatura 33°C , a concentração de amônia total atingiu um pico de $2,28 \text{ mg.L}^{-1}$ no 3 $^{\circ}$ dia de experimento, seguido de uma diminuição do 5 $^{\circ}$ ao 7 $^{\circ}$ dia e aumento na concentração no dia 9 ($3,77$

mg.L⁻¹). A partir do 10^o e 11^o dias essas concentrações diminuíram e houve uma estabilização a partir do 13^o dia. Estes picos iniciais de amônia total contribuíram para o incremento da sua concentração média neste tratamento (Fig. 2).

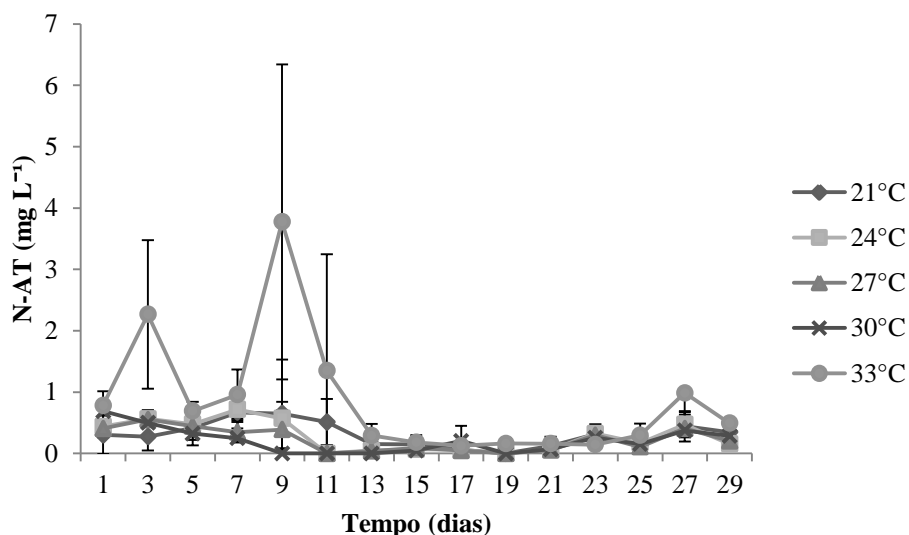


Figura 2: Variação média (\pm desvio padrão) das concentrações de amônia total (N-AT mg L⁻¹) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

Elevadas concentrações de nitrito foram observadas a partir do 8^o dia, sendo que no 9^o dia as unidades experimentais foram renovadas em 50% de seu volume com água do mar filtrada. No 11^o dia o nitrito voltou a atingir concentrações acima dos níveis de segurança em todos os tratamentos, os quais se mantiveram elevados por um período prolongado, o que gerou a necessidade de uma segunda renovação parcial (50%) da água dos tanques aproximadamente no 20^o dia de experimento. Neste procedimento os tanques foram renovados utilizando-se água com bioflocos previamente formados. A partir daí as concentrações diminuíram e se mantiveram estáveis.

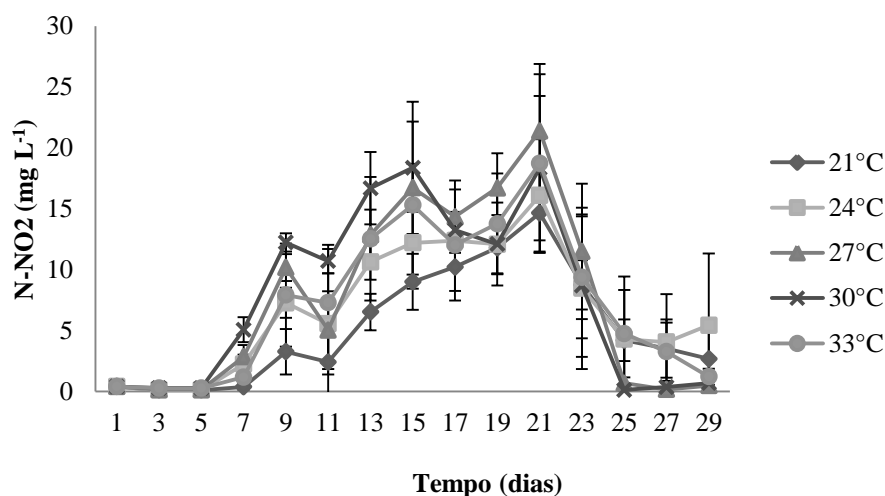


Figura 3: Variação média (\pm desvio padrão) das concentrações de nitrito (N-NO₂ mg L⁻¹) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

O incremento das concentrações de nitrato ocorreu a partir do 15^o dia de experimento, mantendo-se elevadas até o final do período experimental.

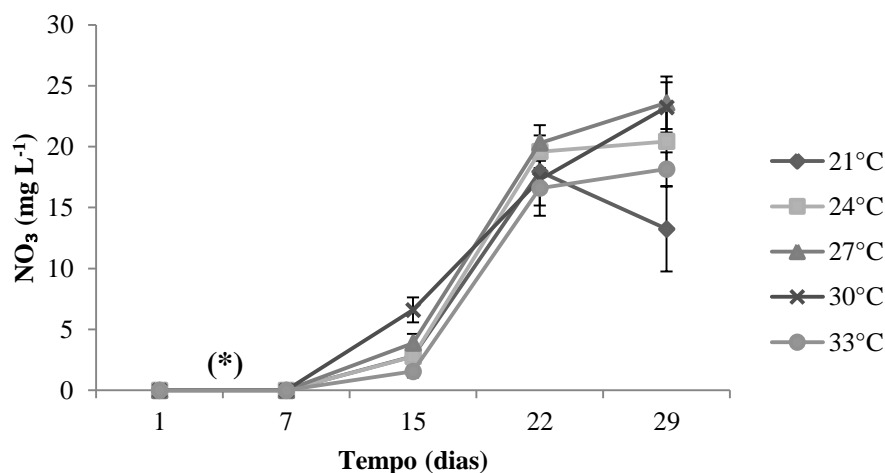


Figura 4: Variação média (\pm desvio padrão) das concentrações de nitrato (N-NO₃ mg L⁻¹) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT. (*) Concentrações não detectáveis pelo método utilizado.

Os valores médios de sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais obtidos no decorrer do experimento para cada tratamento estão sumarizados na Tabela 3. Os menores volumes de bioflocos foram encontrados nas temperaturas mais baixas (21 e

24°C). Os tratamentos 27°C e 30°C foram iguais entre si ($p>0,05$), com os maiores valores observados.

Para a concentração de sólidos suspensos totais verificou-se que as temperaturas de 21°C e 24°C apresentaram os menores valores, diferindo significativamente ($p<0,05$) dos tratamentos 30°C e 33°C, os quais registraram os maiores valores. O tratamento 27°C não demonstrou diferenças estatísticas ($p>0,05$) em relação às demais temperaturas para este parâmetro.

Tabela 3: Sólidos sedimentáveis (SS) e Sólidos suspensos totais (SST) (média \pm desvio padrão) durante o berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT

	21°C	24°C	27°C	30°C	33°C
SS (mL.L ⁻¹)	5,8 \pm 4,5 ^a	10,8 \pm 10,34 ^a	20,0 \pm 25,8 ^c	20,0 \pm 27,9 ^c	18,2 \pm 19,9 ^b
SST (mg.L ⁻¹)	751 \pm 76,1 ^a	699 \pm 104,6 ^a	837 \pm 421,0 ^{ab}	961 \pm 180,3 ^b	994 \pm 130,8 ^b

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas

A variação dos sólidos sedimentáveis ao longo do tempo, bem como o momento em que ocorreram as diferenças entre os tratamentos estão representados na figura 4. Nos dias 9 e 16, os valores de sólidos sedimentáveis não apresentaram diferença entre os tratamentos, mas na penúltima semana do estudo (dia 23) o tratamento 21°C apresentou valores inferiores às demais temperaturas. Os valores registrados no fim da fase de berçário (dia 30) destacam o aumento do volume dos bioflocos com a temperatura (Fig. 5).

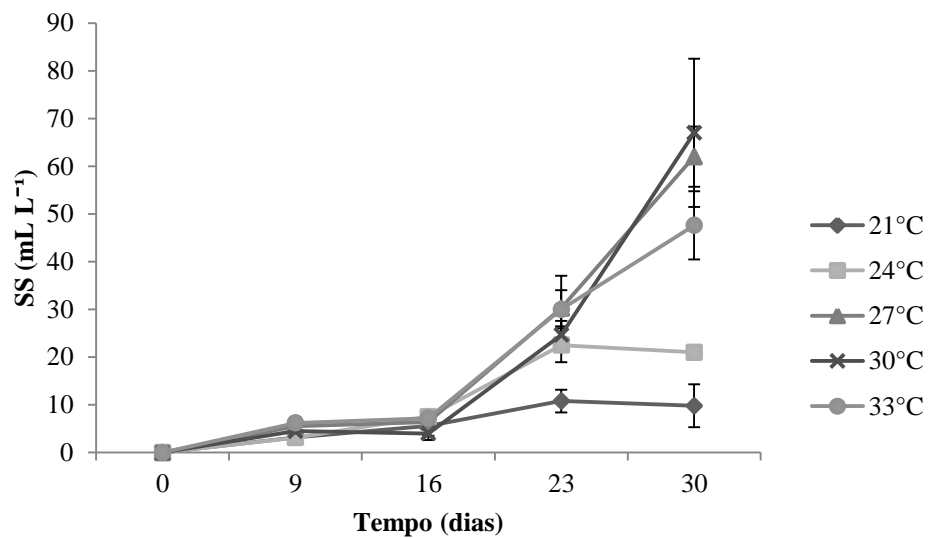


Figura 5: Variação média (\pm desvio padrão) dos sólidos sedimentáveis (mL L^{-1}) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

As variações da concentração de SST ao longo do período experimental estão representadas na figura 6. As diferenças significativas ($p < 0,05$) para este parâmetro foram detectadas somente nos valores referentes às concentrações finais (dia 30). Nos dias anteriores não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

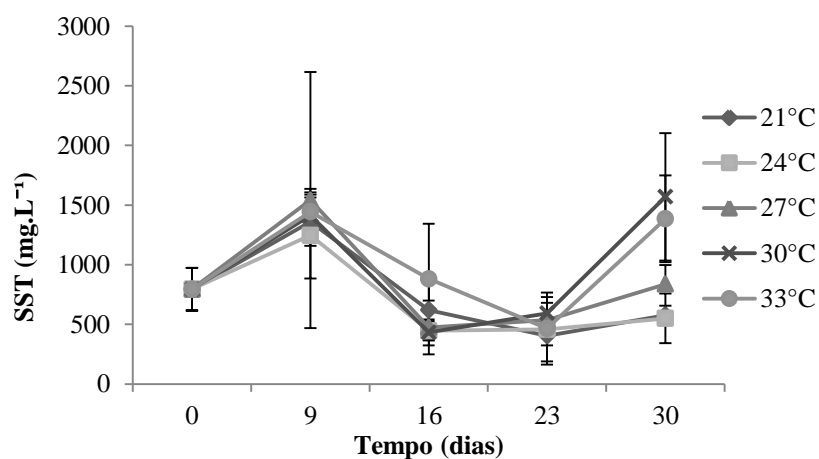


Figura 6: Variação média (\pm desvio padrão) das concentrações de sólidos suspensos totais (mg L^{-1}) ao longo do berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

Os resultados representados na tabela 4 resumam os principais parâmetros de desempenho dos camarões avaliados no estudo. O menor peso médio final foi

encontrado na temperatura 21°C, sendo que este parâmetro foi crescente com o aumento da temperatura.

A menor taxa de crescimento semanal foi verificada em 21°C. Em 24°C esse parâmetro se igualou ($p>0,05$) a 21 e 27°C. Esta última também se igualou ($p>0,05$) a 30 e 33°C, os quais apresentaram o maior crescimento semanal.

A menor produtividade foi registrada em 21°C. Em 24°C esses valores foram significativamente semelhantes a 33°C. As maiores produtividades foram encontradas nos tratamentos 27°C e 30°C.

Em 30 e 33°C as sobrevivências foram significativamente menores em relação aos demais tratamentos, sendo diferentes ($p<0,05$) também entre si. As maiores sobrevivências foram registradas em 21°C, 24°C e 27°C.

Tabela 4: Parâmetros de desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) durante o berçário de *F. brasiliensis* em sistema BFT

	21°C	24°C	27°C	30°C	33°C
Peso Final (g)	0,10 \pm 0,02 ^a	0,18 \pm 0,04 ^b	0,27 \pm 0,03 ^c	0,34 \pm 0,04 ^d	0,49 \pm 0,1 ^e
Cresc. sem.(g.sem ⁻¹)	0,02 \pm 0,003 ^a	0,04 \pm 0,01 ^{ab}	0,06 \pm 0,01 ^{bc}	0,08 \pm 0,01 ^c	0,11 \pm 0,03 ^c
Produtiv.(g.m ⁻²)	50,5 \pm 5,2 ^a	94,7 \pm 13,8 ^b	122,6 \pm 8,6 ^c	126,3 \pm 13,1 ^c	85,7 \pm 5,1 ^b
Sobrevivência (%)	81 \pm 7,1 ^a	80 \pm 5,0 ^a	80 \pm 2,8 ^a	65 \pm 5,1 ^b	26,2 \pm 5,8 ^c

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas.

O crescimento em peso dos animais no decorrer do berçário foi maior nas temperaturas mais elevadas, conforme variação do crescimento ao longo do experimento (Figura 7).

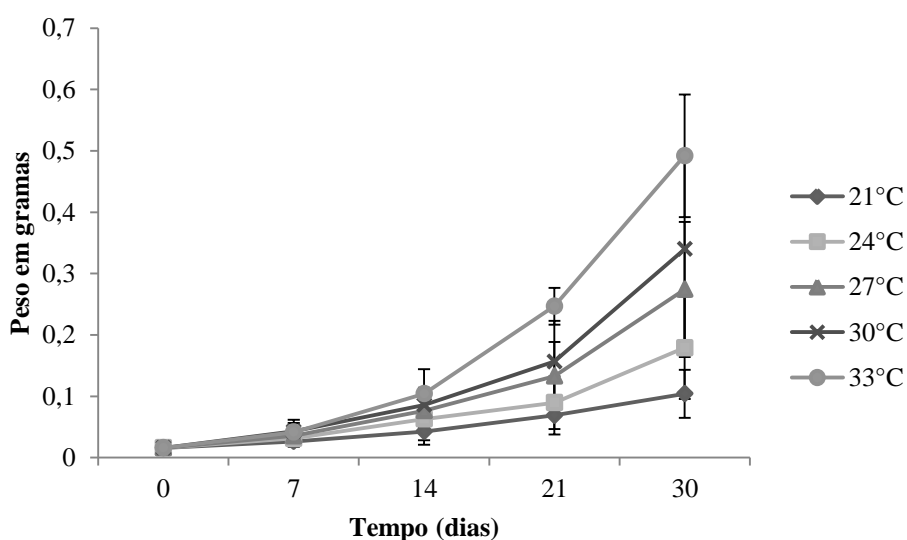


Figura 7: Crescimento médio(\pm desvio padrão) de *F. brasiliensis* ao longo do berçário em sistema BFT.

Experimento 2

Finalizada a fase de berçário, todos os animais foram reestocados em menor densidade (100 camarões m⁻²) e à temperatura de 30°C para avaliação do crescimento compensatório. Para facilitar a visualização e a discussão dos resultados, os tratamentos

foram nomeados da seguinte forma: 21°C (30), 24°C (30), 27°C (30), 30°C (30) e 33°C (30).

Os parâmetros ambientais registrados durante essa fase estão expressos na Tabela 5. As concentrações de oxigênio dissolvido foram significativamente iguais ($p>0,05$) entre os tratamentos, exceto para 33°C (30), o qual apresentou os menores valores. Os valores de pH registrados em 33°C(30) foram inferiores aos demais tratamentos. Os demais parâmetros (temperatura, salinidade e alcalinidade) não diferiram ($p>0,05$) durante o período experimental.

Tabela 5: Parâmetros físicos e químicos da água (médias \pm desvio padrão) durante o crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT

	21°C (30)	24°C(30)	27°C(30)	30°C(30)	33°C(30)
T (°C)	30,1 \pm 1,72	29,9 \pm 1,65	30,1 \pm 1,64	30,2 \pm 1,70	30,1 \pm 1,65
O ₂ D (mg L ⁻¹)	5,57 \pm 0,37 ^a	5,66 \pm 0,37 ^a	5,61 \pm 0,38 ^a	5,52 \pm 0,39 ^a	5,33 \pm 0,48 ^b
pH	8,07 \pm 0,08 ^a	8,07 \pm 0,10 ^a	8,05 \pm 0,09 ^a	8,03 \pm 0,09 ^a	7,90 \pm 0,13 ^b
Salinidade	33,3 \pm 0,70	33,4 \pm 0,56	32,9 \pm 0,14	33 \pm 0,28	33,2 \pm 0,28
Alcal. (mg L ⁻¹)	154 \pm 18,3	141 \pm 19,7	134 \pm 12,0	135 \pm 16,9	140 \pm 21,2

Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas

Os valores expressos na Tabela 6 indicam as concentrações dos compostos nitrogenados nos diferentes tratamentos. Não foram detectadas diferenças significativas ($p>0,05$) nas concentrações de amônia total, nitrito e nitrato entre os tratamentos, similarmemente as mesmas não variaram ao longo do tempo.

Tabela 6: Concentrações (média \pm desvio padrão) de amônia total (N-AT), nitrito (N-NO₂) e nitrato (N-NO₃) da água durante o crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

	21°C (30)	24°C (30)	27°C (30)	30°C (30)	33°C(30)
N-AT (mg L ⁻¹)	0,53 \pm 0,04	0,47 \pm 0,07	0,50 \pm 0,03	0,44 \pm 0,04	0,42 \pm 0,04
N-NO ₂ (mg L ⁻¹)	1,72 \pm 0,38	1,68 \pm 0,25	1,62 \pm 0,31	1,47 \pm 0,32	1,52 \pm 0,41

N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	17,47±1,25	19,87±5,71	19,98±1,97	20,34±2,36	18,43±2,89
---	------------	------------	------------	------------	------------

Os valores de sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais estão representados na tabela 7. Os valores médios finais dos tratamentos 21°C(30), 24°C(30) e 27°C(30) foram iguais entre si (p>0,05). O tratamento 30°C(30) foi significativamente diferente dos tratamentos 21°C(30) e 33°C(30) (p<0,05). No tratamento 33°C(30) foram registrados os maiores volumes de bioflocos, evidenciando diferenças significativas (p<0,05) em relação aos demais grupos. As concentrações de sólidos suspensos totais não diferiram significativamente (p>0,05) entre os tratamentos.

Tabela 7: Sólidos sedimentáveis (SS) e Sólidos suspensos totais (SST) (média ± desvio padrão) durante o crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT

	21°C (30)	24°C(30)	27°C(30)	30°C(30)	33°C(30)
SS (mL L ⁻¹)	28,7±25,0 ^a	31,2±27,5 ^{ab}	35,8±25,9 ^{ab}	41,8±32,1 ^b	50,5±45,9 ^c
SST (mg L ⁻¹)	887±461,0	855,6±411,0	896,8±506,4	963±471,5	916,2±370,7

Letras diferentes na mesma linha representam diferenças significativas

As variações dos sólidos sedimentáveis ao longo do tempo, bem como o período em que foi possível detectar as diferenças estão expressas na figura 8. No período entre os dias 0 e 7 as concentrações de sólidos sedimentáveis foram iguais entre os tratamentos, sendo que as diferenças ocorreram somente na última semana de experimento (dia 15).

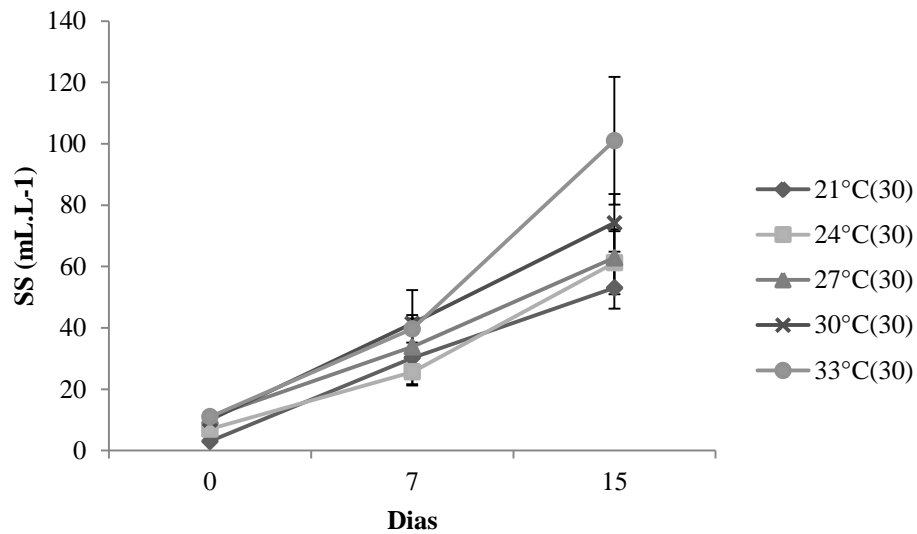


Figura 8: Variação média dos sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) ao longo do crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

As concentrações de sólidos suspensos totais não diferiram significativamente ao longo do experimento entre os tratamentos. No entanto, a variação deste parâmetro expressa na figura 9 evidencia o incremento significativo em todos os tratamentos entre os dias 7 e 15.

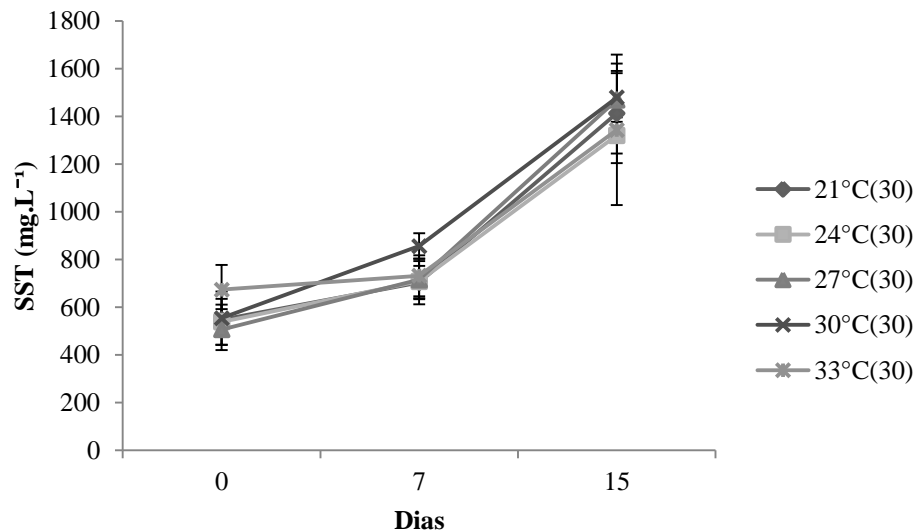


Figura 9: Variação média das concentrações de sólidos suspensos totais (mg.L⁻¹) ao longo do crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT.

Os principais parâmetros relacionados ao desempenho zootécnico dos camarões na fase de crescimento compensatório estão representados na Tabela 8. Os menores valores de peso final foram registrados em 21°C(30), 24°C(30) e 27°C(30). O

tratamento 30°C(30) foi igual ($p>0,05$) a todos os tratamentos, e 33°C(30) alcançou o maior peso final, diferindo significativamente ($p<0,05$) dos demais tratamentos. Da mesma forma, o ganho de peso foi menor em 21°C(30), 24°C(30) e 27°C(30), e significativamente maior em 33°C(30). O tratamento 30°C(30) não diferiu significativamente ($p>0,05$) dos demais tratamentos.

As médias de taxa de crescimento específico (TCE) foram iguais ($p>0,05$) entre si nos tratamentos 24°C(30), 27°C(30), 30°C(30) e 33°C(30), no entanto, no tratamento 21°C(30) foi observada a maior TCE em relação aos demais. A sobrevivência foi superior no tratamento 33°C(30) em relação aos tratamentos 21°C(30) e 24°C(30), sendo que 27°C(30) e 30°C(30) foram estatisticamente iguais ($p>0,05$) a todos os demais tratamentos.

Tabela 8: Parâmetros de desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) durante o crescimento compensatório de *F. brasiliensis* em sistema BFT

	21°C (30)	24°C(30)	27°C(30)	30°C(30)	33°C(30)
Peso Inicial(g)	0,10 \pm 0,02 ^a	0,18 \pm 0,04 ^b	0,27 \pm 0,03 ^c	0,34 \pm 0,04 ^d	0,49 \pm 0,1 ^e
Peso Final(g)	0,40 \pm 0,14 ^a	0,37 \pm 0,18 ^a	0,54 \pm 0,20 ^a	0,74 \pm 0,25 ^{ab}	0,98 \pm 0,29 ^b
Ganho de peso (g)	0,30 \pm 0,05 ^a	0,19 \pm 0,07 ^a	0,27 \pm 0,07 ^a	0,36 \pm 0,10 ^{ab}	0,49 \pm 0,10 ^b
TCE (%)	10,67 \pm 3,67 ^a	6,80 \pm 2,47 ^b	6,84 \pm 2,97 ^b	7,19 \pm 2,94 ^b	7,53 \pm 3,79 ^b
Sobrev. (%)	61,3 \pm 8,08 ^a	60 \pm 3,46 ^a	74,0 \pm 8,79 ^{ab}	64,66 \pm 11,72 ^{ab}	84,80 \pm 7,69 ^b

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa

A variação no ganho de peso, bem como os pesos finais de cada tratamento podem ser visualizados na figura 10.

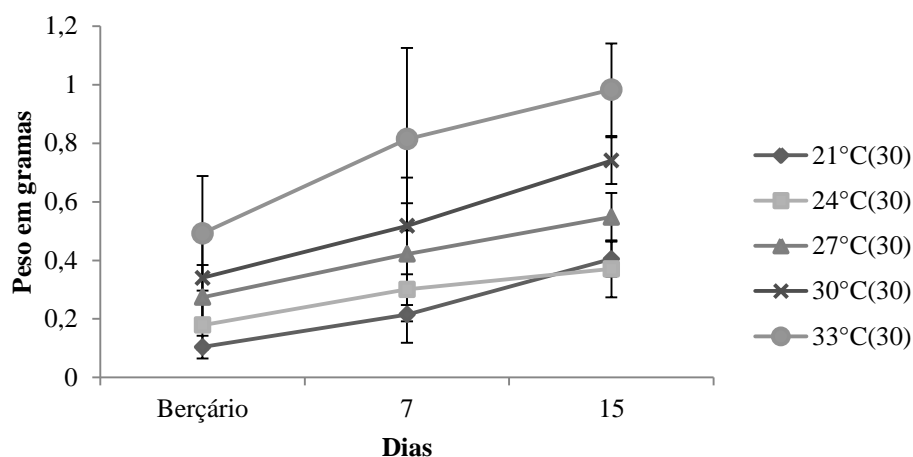


Figura 10: Crescimento médio (\pm desvio padrão) de *F. brasiliensis* ao longo do crescimento compensatório em sistema BFT.

Os resultados expressos na figura 11 demonstram a variação da TCE (%) ao longo do experimento. Na primeira semana (dia 7) o tratamento 21°C(30) superou as taxas de crescimento específico dos demais grupos, diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos mesmos. Esse padrão seguiu até o término dos 15 dias do estudo.

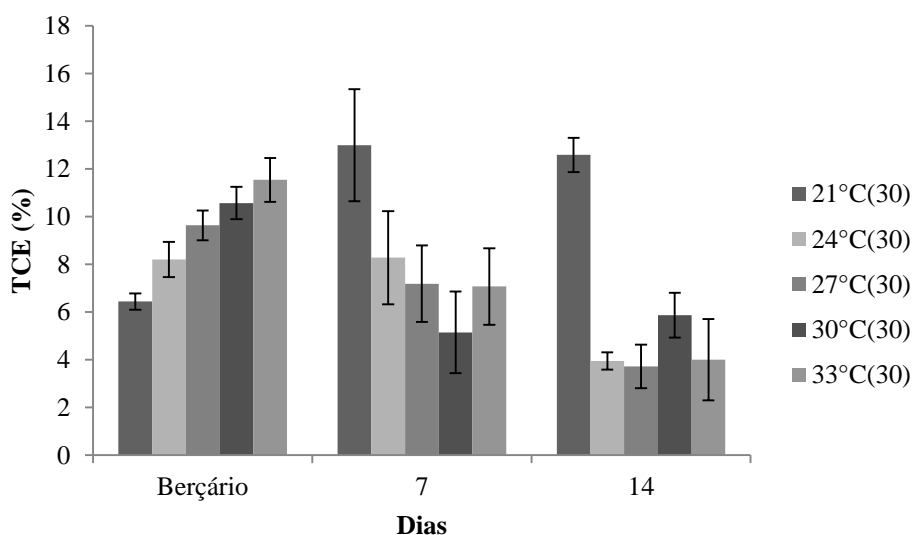


Figura 11: Variação na taxa de crescimento específico (%) de *F. brasiliensis* ao longo do crescimento compensatório em sistema BFT.

5. DISCUSSÃO

A manutenção dos parâmetros de qualidade da água em diferentes sistemas representa um dos fatores mais importante para o manejo dos cultivos, influenciando no desempenho zootécnico dos animais e no andamento da produção (Avnimelech 1995).

No sistema BFT, a estrutura e a atividade dos microrganismos que formam os bioflocos estão diretamente relacionados à temperatura. O metabolismo microbiano é crescente com o aumento da temperatura, aumentando também a produção de polímeros extracelulares envolvidos na formação dos agregados microbianos (Wilen *et al.* 2000; De Schryver 2008).

Outro parâmetro que exerce influência nos cultivos e principalmente em meio aos bioflocos é a concentração de oxigênio dissolvido. Tal influência se dá devido à necessidade de forte aeração da coluna d'água para manter os sólidos em suspensão e suportar a respiração da comunidade microbiana, fornecendo suporte às altas densidades de estocagem utilizadas nesse sistema de cultivo (Avnimelech 1999; McIntosh 2000; De Schryver *et al.* 2008; Ray *et al.* 2010).

No sistema BFT, a temperatura também interfere na concentração de oxigênio dissolvido na água, e conseqüentemente no consumo de oxigênio pelos animais (Brett 1987; Boyd 1998). Além disso, esses parâmetros podem afetar diretamente a taxa de outros processos biológicos tais como as taxas de crescimento, sobrevivência e consumo alimentar (Spanopoulos- Hernandez *et al.* 2005). No primeiro experimento as concentrações de oxigênio dissolvido diminuíram com o aumento da temperatura, estando de acordo com Boyd (1990), que afirma que a solubilidade desse gás na água decresce com o aumento da temperatura. No primeiro experimento os valores chegaram a atingir níveis abaixo de 5 mg.L^{-1} no tratamento 33°C , mínimo recomendado por Van Wyk & Scarpa (1999), principalmente nos momentos de fertilização com melaço como fonte de carbono orgânico. A adição de carbono orgânico na água provoca uma queda acentuada e temporária nos níveis de oxigênio dissolvido (De Schryver & Verstraete 2009), fato que combinado com a baixa solubilidade do O_2 nas altas temperaturas dificultou a manutenção deste parâmetro durante o primeiro experimento.

Os valores de pH se mantiveram acima de 7,80 e a alcalinidade acima de 100 mg.L⁻¹ estando assim dentro dos níveis ideais recomendados por Van Wyk & Scarpa (1999), assim como a salinidade (Brito *et al.* 2000).

Com respeito aos compostos nitrogenados, sabe-se que em cultivos intensivos a amônia é um dos compostos com maior toxicidade, sendo proveniente da excreção dos animais, além da mineralização de detritos como alimentos não consumidos e fezes (Lin & Chen 2001). Para juvenis de *F. brasiliensis* a concentração letal de amônia total (CL₅₀ 96h) é de 8,81 mg. L⁻¹, com níveis de segurança de 0,88 mg. L⁻¹ (Campos *et al.* 2012). No primeiro experimento as concentrações médias se mantiveram dentro do recomendado, com exceção do tratamento na temperatura de 33°C, onde as concentrações de amônia apresentaram picos acima do limite de segurança. Provavelmente a temperatura estimulou o metabolismo e maior taxa de excreção dos animais cultivados. Wasielesky (2000) verificou maiores taxas de excreção de amônia para juvenis de *F. paulensis* na temperatura de 30°C, quando comparado a animais submetidos a temperaturas inferiores.

Se por um lado a temperatura pode estar relacionada aos picos de amônia, por outro existe a ação dos microrganismos presentes no inoculo de bioflocos no sentido de assimilar estes nutrientes. Krummenauer *et al.* (2012) obtiveram menores concentrações de amônia com a reutilização de água com os bioflocos já formados em um cultivo prévio de *Litopenaeus vannamei*. Além disso, as constantes fertilizações com melaço líquido como fonte de carbono orgânico também contribuíram para a manutenção dos níveis de segurança de amônia total. Situação similar foi observada por Souza *et al.* (2012), que observaram concentrações menores de amônia total com adição de melaço em berçário de *F. brasiliensis*. Tal fato se deve a utilização da amônia e do melaço no processo de desenvolvimento de biomassa bacteriana (Samocho *et al.* 2007; Samocha *et al.* 2010; Gaona *et al.* 2011; Souza *et al.* 2012).

O nitrito é o produto intermediário proveniente da nitrificação da amônia, ou da denitrificação do nitrato, e sua acumulação pode causar redução no crescimento dos camarões, aumento do consumo de oxigênio e até mortalidade nos cultivos (Lin & Chen 2003). Para juvenis de *F. brasiliensis* o nível de segurança deste composto é de 10,5

mg.L⁻¹, porém em 5,3 mg.L⁻¹ a sobrevivência já é afetada negativamente (Campos 2012).

Na fase de berçário, as concentrações de nitrito se mantiveram acima dos níveis de segurança em todos os tratamentos, mesmo utilizando-se um inoculo de bioflocos. Provavelmente a quantidade de bactérias nitrificantes presentes no meio tenha sido insuficiente para manter baixas as concentrações de nitrito. Burford *et al.* (2003) e De Schryver & Verstraete (2009) determinaram que a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes é lenta, quando comparada às bactérias heterotróficas neste sistema. Desta forma, os altos valores deste composto levaram a uma primeira renovação com água salgada filtrada de 50% do volume útil no 9º dia de experimento, seguida de outra renovação de 50% com bioflocos já formados no 20º dia. É importante ressaltar que a primeira renovação com água salgada no 9º dia não foi eficiente na manutenção das concentrações de nitrito dentro dos níveis de segurança. Por outro lado, a renovação do 20º dia foi realizada utilizando-se um inóculo de bioflocos com uma comunidade microbiana já estabelecida. Como resultado, observou-se que as concentrações de nitrito diminuíram e as de nitrato aumentaram, estando diretamente relacionadas à atuação das bactérias nitrificantes no sistema.

O nitrato é o produto final do processo de nitrificação, sendo o menos tóxico dos compostos nitrogenados. Para *F. brasiliensis*, o nível de segurança é de 91,21 mg L⁻¹ (Campos *et al.* 2012), valor que não foi ultrapassado nas unidades experimentais usadas neste trabalho.

O volume de biofoco foi monitorado com o uso do cone Imhoff, seguindo recomendações de Avnimelech (2009). No primeiro experimento observou-se que nas temperaturas mais baixas (21 e 24°C) os valores médios de sólidos sedimentáveis estiveram dentro do recomendado. Nas maiores temperaturas (27, 30 e 33°C) foram encontrados volumes mais elevados de bioflocos. O aumento da temperatura resulta em maior volume dos flocos, fato causado pela produção excessiva de polissacarídeos extracelulares pelos microrganismos. Estes polímeros podem ter função de proteção das bactérias, facilitam o processo de formação dos agregados e também agem como um sistema de troca iônica para concentrar nutrientes do meio (Krishna & Von Loosdrecht 1999).

No sistema BFT, os principais fatores que afetam a concentração dos sólidos suspensos totais são a composição orgânica e inorgânica dos agregados, a turbidez da água, colonização por microrganismos e a temperatura (Brinker & Rosch 2005). Quanto ao último fator, Wilen *et al.* (2000) constataram que quanto maior a temperatura, maior será a atividade microbiana, produção de biomassa e conseqüentemente um maior acúmulo de matéria orgânica. Fato semelhante ocorreu na fase de berçário do presente estudo. Com a elevação da temperatura, os valores de SST observados foram maiores, chegando a concentrações no final do período experimental muito acima das recomendadas por Samocha *et al.* (2007) ($< 500 \text{ mg.L}^{-1}$) nos tratamentos 27, 30 e 33°C.

Cabe ressaltar que a concentração inicial de SST na fase de berçário já estava acima do recomendado por conta da utilização do inoculo inicial. Todavia, esses valores reduziram nos primeiros dias em função das menores temperaturas dos tratamentos 21 e 24°C, o que pode ser atribuído à diminuição do metabolismo microbiano quando submetido a baixas temperaturas, características já reportadas por alguns autores (Nedwell 1999; Wilén *et al.* 2000; Szukics *et al.* 2010), além das menores taxas de excreção dos animais nessas temperaturas, que tem por conseqüência o menor acúmulo de matéria orgânica no sistema (Wasielesky 2000).

A queda que ocorreu na concentração de SST a partir do 9º dia de berçário é reflexo da primeira renovação realizada nesta data. É importante salientar que para a primeira renovação foi utilizado água do mar filtrada, fato que pode explicar então queda no SST nesse período como conseqüência da diluição desses bioflocos. Em contrapartida, a renovação realizada no 20º dia com um biofoco proveniente de um cultivo já em andamento contribuiu para o aumento dos sólidos suspensos totais, indicando uma alta produção da comunidade de bactérias heterotróficas, principais responsáveis pelo incremento dos SST. Os valores elevados de SST podem ter afetado a sobrevivência e as concentrações de oxigênio dissolvido no tratamento 33°C, visto que elevadas concentrações de SST podem afetar a sobrevivência dos animais cultivados (Cripps & Bergheim 2000; Ray *et al.* 2011; Gaona *et al.* 2011).

O segundo experimento foi conduzido à temperatura média de 30°C para todos os tratamentos no decorrer dos 15 dias de experimento, e os parâmetros de O₂ dissolvido, pH, alcalinidade e salinidade se mantiveram dentro dos valores

recomendados (Van Wyk & Scarpa 1999), assim como a concentração dos compostos nitrogenados (amônia total, nitrito e nitrato). Cabe ressaltar que os bioflocos da fase de berçário foram reutilizados no segundo experimento, sendo possivelmente os responsáveis pela manutenção dos compostos nitrogenados em concentrações de acordo com os níveis recomendados por Campos *et al.* (2012).

A elevação da temperatura para 30°C nos tratamentos 21°C(30), 24°C(30) e 27°C(30) durante o período de crescimento compensatório provocou o incremento no volume dos bioflocos, principalmente na última semana do experimento. Da mesma forma, o aumento nas concentrações de SST em todos os tratamentos foi evidente entre os dias 7 e 15. O rápido incremento dessas concentrações, em um curto intervalo de tempo, é possivelmente atribuído às altas taxas de crescimento das bactérias heterotróficas. Hargreaves (2006) infere que a taxa de crescimento e a produção por unidade de biomassa das bactérias heterotróficas é 10 vezes superior à comunidade fotoautotróficas, por exemplo. Nesse sistema, a produção de biomassa de bactérias heterotróficas aderidas ou suspensas é grande, havendo conseqüentemente um incremento significativo na concentração de sólidos suspensos totais (Ebeling *et al.* 2006; De Schryver & Verstraete 2009). Neste estudo, os valores médios se mantiveram muito acima do recomendado por Samocha *et al.* (2007).

Além de interferir nos parâmetros de qualidade da água, a temperatura influencia diretamente nos processos fisiológicos (Guo *et al.* 2010), inclusive nas taxas de crescimento dos camarões cultivados (Jackson & Wang 1998). Especialmente na região sul do Brasil, ocorre uma diminuição acentuada da temperatura nos meses de outono/inverno, podendo afetar o crescimento e a sobrevivência dos camarões cultivados (Wasielesky 2000).

Não há registros de publicações que indiquem valores ideais de temperatura para o crescimento de *F. brasiliensis*, no entanto, Boff & Marchiori (1984) recomendam uma faixa termal ideal entre 20 e 30°C para o cultivo de *F. paulensis*. Com a mesma espécie na fase de berçário em água clara, Hennig & Andreatta (1998) encontraram o maior peso final na temperatura de 28°C. Da mesma forma, Fóes *et al.* (2011) verificaram uma redução no crescimento de *F. paulensis* em sistema BFT com a redução da temperatura do ambiente. O declínio no crescimento ocorre porque os animais geralmente entram

em um estado de torpor em temperaturas mais baixas, confirmado por menores taxas metabólicas (Walker *et al.* 2011). Esse estado de “descanso metabólico”, combinado com a utilização de alguns mecanismos de regulação específica de enzimas, provavelmente é uma estratégia para reduzir a duração efetiva do estresse causado pelas baixas temperaturas (Ocampo & Ezquerria 2002).

Trabalhando com juvenis de *F. californiensis* em diferentes temperaturas, Vilarreal *et al.* (2000) registraram taxas de crescimento crescentes com a elevação da mesma. Da mesma forma, Portillo-Clarck *et al.* (2012) também verificaram taxas de crescimento semanal crescentes com o aumento da temperatura no cultivo da mesma espécie. Da mesma forma, os resultados de peso final e ganho de peso semanal obtidos no primeiro experimento estão em concordância com os resultados de outros estudos. Os valores de peso médio final da fase de berçário foram crescentes com a temperatura, e o ganho de peso semanal foi maior nas temperaturas mais elevadas (27, 30 e 33°C). Esse crescente ganho de peso com o aumento da temperatura pode ser atribuído ao aumento da atividade metabólica dos camarões. Uma evidência desta aceleração na atividade metabólica foi verificada por Ocampo & Ezquerria (2002), que avaliaram a atividade de proteases digestivas de juvenis de *F. californiensis* em três temperaturas. Esses autores constataram que a atividade dessas enzimas aumenta com o incremento da temperatura, o que pode ter como consequência o aumento do consumo alimentar, conforme verificado por Wasielesky *et al.* (2003) em cultivo de *F. paulensis* em diferentes temperaturas.

Assim como nas taxas de crescimento, a temperatura também exerce influência na sobrevivência dos animais cultivados. Neste estudo, observou-se que apesar de a elevação da temperatura promover maiores taxas de crescimento, o incremento da mesma provocou a queda na sobrevivência. Tal fato também foi observado em estudos com outras espécies do gênero *Farfantepenaeus*. Portillo-Clark *et al.* (2012) registraram uma redução na sobrevivência de *F. californiensis* com a elevação da temperatura. Jensen (2012) observou a menor sobrevivência em transporte de *F. brasiliensis* em água clara na temperatura mais elevada, e atribuiu a maior mortalidade à queda no oxigênio dissolvido em função do aumento da temperatura. A baixa sobrevivência em temperaturas acima do limite de tolerância pode ser explicada por diversas alterações

metabólicas como falha no sistema de enzimas, desnaturação de proteínas, estresse respiratório ou deterioração das estruturas de membrana (Hewitt & Duncan 2001).

A elevação na temperatura também alterou outros parâmetros que podem ter afetado negativamente a sobrevivência. As menores concentrações de oxigênio dissolvido, bem como o incremento nos sólidos suspensos totais e na concentração de amônia total na temperatura de 33°C representam fatores que podem desencadear maior estresse nos animais, influenciando na sobrevivência final.

Os resultados obtidos de sobrevivência e crescimento dos camarões refletiram na produtividade final. As melhores produtividades foram encontradas nos tratamentos 27 e 30°C. Nos tratamentos 21 e 33°C foram registradas as menores produtividades, devido às baixas taxas de crescimento nas temperaturas baixas e alta mortalidade na temperatura de 33°C.

A temperatura mais baixa apresentou crescimento inferior durante o berçário. No entanto, quando houve a elevação da temperatura na fase de crescimento compensatório, os camarões que foram expostos de 21 para 30°C praticamente quadruplicaram seu peso em 15 dias de cultivo, igualando-se aos tratamentos 24 e 27°C na fase de crescimento. Esse incremento no peso dos camarões pode ser confirmado pelos valores de taxa de crescimento específico (TCE %) diário, a qual é um parâmetro indicativo de crescimento compensatório (Wu & Dong 2002). O tratamento que foi exposto a 21°C durante o berçário compensou o baixo crescimento quando foi submetido a 30°C, apresentando a maior TCE em relação aos demais tratamentos nos 15 dias de experimento. Não há informações disponíveis sobre o crescimento compensatório para *F. brasiliensis*. No entanto essa compensação no crescimento já foi reportada por outros autores, com estudos em diferentes condições e espécies de peneídeos. Wu & Dong (2002) verificaram compensação no crescimento em 15 dias após um período de restrição alimentar para *Fanneropenaeus chinensis*. Após berçário em elevadas densidades e posterior reestocagem em densidades menores também foi constatado o crescimento compensatório para *Litopenaeus vannamei* (Fóes 2008; Froes 2012), sendo que este último utilizou também o sistema BFT durante o cultivo.

A reestocagem dos camarões em 30°C ao fim do berçário representa a saída de uma condição estressante para uma zona de conforto, promovendo assim o crescimento compensatório. Esse incremento no crescimento ocorre principalmente entre 10 a 30 dias após a reestocagem (Ali *et al.* 2003) e é desencadeado por hiperfagia e um consequente aumento na eficiência de aproveitamento do alimento, investindo a energia no crescimento, diminuindo assim a perda pelas fezes e mudas (Van Dijk *et al.* 2005; Huang *et al.* 2008; Hanssen *et al.* 2012). O período em que ocorreu a compensação do crescimento esteve dentro do tempo já reportado por outros autores.

O crescimento compensatório pode ser classificado em três tipos: i) Parcial, no qual não se observa incremento no peso final dos animais em relação à condição anterior; ii) Pleno, havendo uma igualdade entre os tratamentos; e iii) Sobre compensação (Ali *et al.* 2003). Neste experimento houve crescimento compensatório pleno dos camarões que saíram da temperatura 21°C (30) em relação às temperaturas de 24°C(30) e 27°C(30), igualando os pesos entre si. No entanto em relação às temperaturas de 30°C(30) e 33°C(30) a compensação de 21°C(30) foi parcial, mantendo o peso final inferior no período de 15 dias. Além do peso final, o ganho de peso dos camarões também corroborou na definição dos tipos de compensação. Os tratamentos 21°C(30), 24°C(30) e 27°C(30) apresentaram ganhos de peso iguais seguidos de 33°C(30), o qual evidenciou ganho de peso significativamente maior. A elevação da temperatura também pode ter contribuído para o aumento da taxa de crescimento específico nas menores temperaturas, visto que há um incremento nas taxas metabólicas que é diretamente proporcional à temperatura.

Em 33°C(30) foi registrada a maior sobrevivência, que pode ser justificada pela redução na temperatura de 33 para 30°C, diminuindo o estresse metabólico em decorrência da alta temperatura. Os resultados obtidos nesse estudo estão em concordância com outros autores, visto que temperaturas muito altas podem influenciar negativamente na sobrevivência em virtude de um desgaste fisiológico (Coman *et al.* 2002; Portillo-Clarck *et al.* 2012). As menores sobrevivências foram observadas em 21°C(30) e 24°C(30), apresentando uma redução significativa na fase de crescimento compensatório em relação ao berçário. Neste caso, os animais possivelmente não se recuperaram do estresse fisiológico causado pelas temperaturas baixas durante o

berçário. Wang *et al.* (2011) afirmam que baixas temperaturas podem induzir o estresse oxidativo, causar danos no DNA e mudanças na osmolalidade dos camarões. Além disso, a mudança de temperatura altera a produção de enzimas antioxidantes que são indicativas de estresse térmico (Zhou *et al.* 2010). Neste sentido, pode-se sugerir que o tempo de aclimação entre o berçário e a engorda nesses casos seja maior, evitando danos metabólicos.

6. CONCLUSÕES

Durante a fase de berçário, os melhores valores de desempenho zootécnico foram encontrados nas temperaturas entre 27 e 30°C. Todavia, os resultados de sobrevivência nesta fase em 21 e 24°C podem ser relevantes, visto que este é um dos principais parâmetros considerados no berçário, e que os camarões estão aptos a compensar o baixo crescimento do berçário na fase de engorda.

Temperaturas muito elevadas aumentaram as taxas de crescimento durante o berçário, no entanto afetaram negativamente os parâmetros de qualidade da água com picos altos de amônia, aumento na concentração de sólidos suspensos e baixos valores de oxigênio dissolvido, os quais contribuíram para a queda na sobrevivência na temperatura de 33°C.

As informações obtidas neste estudo podem ser importantes para o incremento do pacote tecnológico de cultivo de *F. brasiliensis* principalmente em regiões que apresentam temperaturas mais baixas, nas quais a fase de berçário pode ser realizada durante a primavera, para posterior estocagem nas estruturas de engorda com o aumento da temperatura do ambiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M, A NICIEZA, RJ WOOTTON, R. J. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4(2): 147–190.
- AVNIMELECH, Y, N MOZES, S DIAB, M KOCHBA. 1995. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. *Aquaculture*, 134(3-4): 211–216.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176:227-335.
- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264:140-147.
- AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology: A practical Hand Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.
- AZIM, ME, DC LITTLE. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283: 29-35.
- BALLESTER, ELC, PC ABREU, RO CAVALLI, M EMERENCIANO, L ABREU, W WASIELESKY. 2010. Effect of practical diets wit different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive systems. *Aquaculture Nutrition*, 16:163-172.
- BALLESTER, ELC, W WASIELESKY, CAVALLI RO, PC ABREU. 2007. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269: 355-362.
- BOFF, MH, MA MARCHIORI. 1984. Effect of temperature on larval development of the pink shrimp *Penaeus paulensis*. *Atlântica* 7: 7-13.

- BOYD, CE. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. Alabama, 482 pp.
- BOYD, CE. 1998. Pond Water Aeration Systems. *Aquacult. Eng.* 18(1): 9-40
- BRAGA, AL, DR LOPES, D KRUMMENAUER, LH POERSCH, W WASIELESKY, 2011. A Comparison of the Reproductive Performance of the Wild Pink Shrimp Species *Farfantepenaeus paulensis* and *Farfantepenaeus brasiliensis* in Captivity. *Journal of Shellfish Research*, 30(3): 963–967.
- BRETT, J. 1987. Environmental factors affecting growth. In: Hoare, W.H., Randall, D.J., Brett, S.R. (Eds.), *Fish Physiology*, 8.:252–259.
- BRINKER, A, R RÖSCH. 2005. Factors determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm. *Aquacultural Engineering*, 33(1):1–19.
- BRITO, R, ME CHIMAL, C ROSAS. 2000. Effect of salinity in survival, growth, and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (decapoda: penaeidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244(2): 253-263.
- BURFORD, M A, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, DC PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393–411.
- BURFORD, MA, PJ THOMPSON, RP MCINTOSH, RH BAUMAN, DC PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232(1-4): 525–537.
- CAMPOS, BR, KC MIRANDA, FD'INCAO, LH POERSCH, W WASIELESKY. 2012. Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda). *Atlântica*, 34(1): 75-81.

- CAMPOS, BR. 2012. Efeito dos compostos nitrogenados em juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis*. Tese (Doutorado em Aquicultura) Universidade Federal do Rio Grande- FURG.
- COHEN, JM, TM SAMOCHA, JM FOX, RL GANDY, AL LAWRENCE. 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.
- COMAN, GJ, PJ CROCOS, NP PRESTON, D FIELDER. 2002. The effects of temperature on the growth, survival and biomass of different families of juvenile *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 214(1-4):185–199.
- CRIPPS, SJ, A BERGHEIM. 2000. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering*, 22(1-2): 33–56.
- CUZON, G, A LAWRENCE, G GAXIOLA, C ROSAS, J GUILLAUME. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235(1-4): 513–551.
- DE SCHRYVER, P, R CRAB, T DEFOIRDT, N BOON, W VERSTRAETE. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4): 125–137.
- DE SCHRYVER, P, W VERSTRAETE. 2009. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource technology*, 100(3): 1162–1167.
- D'INCAO F, H VALENTINI, LF RODRIGUES. 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. *Atlântica* 20: 103–116.
- EBELING, JM, MB TIMMONS, JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture* 257:346–358.

- EMERENCIANO, M, ELC BALLESTER, RO CAVALLI, W WASIELESKY. 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43: 447-457.
- FÓES, GK, C FRÓES, D KRUMENNAUER, L POERSCH, W WASIELESKY. 2011. Nursery of Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Biofloc Technology Culture System: Survival and Growth at Different Stocking Densities. *Journal of Shellfish Research*, 30:367-373.
- FÓES, GK. 2008. Crescimento compensatório do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) no extremo sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande-FURG.
- FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION. 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture. Roma: FAO.
- FOSS, A, AK IMSLAND. 2002. Compensatory growth in the spotted wolffish *Anarhichas minor* (Olafsen) after a period of limited oxygen supply. *Aquaculture Research*, 3(13): 1097–1101.
- FRÓES, C.N. ABE MP WASIELESKY W PRENTICE-HERNANDEZ C CAVALLI RO 2006 Efeitos de dietas práticas com diferentes níveis de proteína bruta na sobrevivência e crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967). *Atlântica* 29(1):25-34.
- FRÓES, CN. 2012. Aprimoramento das técnicas de manejo do cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* (Boone) em sistema de bioflocos. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Federal de Rio Grande-FURG.
- GAONA, CAP, LH POERSCH, D KRUMMENAUER, GK FOES, W WASIELESKY. 2011. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *Int. J. Recirc. Aquacult.* vol.11 (in press).

- GAXIOLA, G, P GALLARDO, N SIM. 2010. A Red Shrimp, *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille , 1817), Larvae Feeding Regime Based on Live Food. *Journal of the World Aquaculture Society* 41(3):402–410.
- GUO, B, F WANG, S DONG, Y DONG, X TIAN. 2010. The effects of cyclical temperature changes on growth and physiological status of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International*, 18(5): 921–932.
- HANSSEN, H, AK IMSLAND, A FOSS, E VIKINGSTAD, M BJØRNEVIK, C SOLBERG, B ROTH. 2012. Effect of different feeding regimes on growth in juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture*, 364-365: 298–304.
- HARGREAVES, JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3): 344–363.
- HENNIG, OL & ER ANDREATTA. 1998. Effect of temperature on an intensive nursery system for *Penaeus paulensis* (Pérez Farfante, 1967). *Aquaculture*, 164: 167-172.
- HEWITT, DR, PF DUNCAN. 2001. Effect of high water temperature on the survival, moulting and food consumption of *Penaeus (Marsupenaeus) japonicus* (Bate, 1888). *Aquaculture Research*, 32:305-313.
- HUANG, G, L WEI, X ZHANG, T GAO. 2008. Compensatory growth of juvenile brown flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel) following thermal manipulation. *Journal of Fish Biology*, 72(10): 2534–2542.
- JACKSON, C J, Y WANG, Y. 1998. Modelling growth rate of *Penaeus monodon* Fabricius in intensively managed ponds: effects of temperature, pond age and stocking density, *Aquaculture Research*, 29:27–36.
- JENSEN, LV. 2012. Produção e transporte do camarão - rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* para a pesca amadora. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos-UFSCar.

- JIWYAM, W. 2010. Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocourti* Sauvage, 1880 relative to ration. *Aquaculture*, 306(1-4): 393–397.
- JOBLING, M, OH MELOY, J DOS SANTOS, B CHRISTIANSEN B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquac. Int.* 2: 75–90.
- JORY, DE, TR CABRERA, DM DUGGER, D FEGAN, PG LEE, AL LAWRENCE, CJ JACKSON, RP MCINTOSH, J CASTAÑEDA. 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.
- KRISHNA, C, MCM VAN LOOSDRECHT. 1999. Effect of temperature on storage polymers and settleability of activated sludge. *Water Res.* 33 (10): 2374–2382.
- KRUMMENAUER, D, CA SEIFERT, LH POERSCH, GK FÓES, GR LARA, W WASIELESKY. 2012. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos : análise da reutilização da água. *Atlântica* 34(2): 103–111.
- KRUMMENAUER, D, S PEIXOTO, RO CAVALLI, LH POERSCH, W WASIELESKY. 2011. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *Aquaculture Research*, 42:726-733.
- 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, JC CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 259(1), 109–119.

- LIN, Y.C, JC CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1-4): 193–201.
- LOPES, DLA, S SUITA, C BUENO, W WASIELESKY, LH POERSCH. 2012. Determinação da densidade de estocagem ótima do camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* produzindo em tecnologia de bioflocos durante a fase de berçário. *Atlântica*, 34(2): 113-120.
- LOPES, DLA, WJ WASIELESKY, EC BALLESTER & SRM PEIXOTO. 2009. Comparative analysis of pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* and *Farfantepenaeus paulensis* reared in estuarine cage culture system. *Ciência Rural*, 39:1540-1546.
- MARCHIORI, MA. 1996. Guia ilustrado de maturação e larvicultura do camarão rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Perez Farfante, 1967). Rio Grande, Brazil: Editora da FURG. 79 pp.
- MCINTOSH, RP. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: III. Pond design and operation considerations. *Global Aquaculture Advocate* 3:42–45.
- MCINTOSH, RP. 2001. Changing paradigms in shrimp farming: establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquaculture Advocate* February: 53–58.
- MISHRA, JK, TM SAMOCHA, S PATNAIK, M SPEED, RL GANDY, AM ALI. 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural engineering*, 38: 2-15.
- MOSS, KRK, SM MOSS. 2004. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the Aquaculture Society*, 35:536-542.

- NEDWELL, D.1999. Effect of low temperature on microbial growth: lowered affinity for substrates limits growth at low temperature. *FEMS Microbiology Ecology*, 30(2), 101–111.
- NICIEZA, AG, NB METCALFE .1997. Growth compensation in juvenile atlantic salmon : responses to depressed temperature and food availability, *Ecology* 78(8): 2385–2400.
- NIU, C, D LEE, S GOSHIMA, S NAKAO. 2003. Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1979) postlarvae. *Aquaculture Research*, 34:501-506.
- OCAMPO, L, H VILLARREAL, M VARGAS, G PORTILLO, F MAGALLON. 2000. Effect of dissolved oxygen and temperature on growth, survival and body composition of juvenile *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes). *Aquaculture Research*, 31(2): 167–171.
- OCAMPO, L, JM EZQUERRA. 2002. Digestive protease activity in juvenile *Farfantepenaeus californiensis* as a function of dissolved oxygen and temperature. *Aquaculture Research*, 33(13): 1073–1080.
- PEIXOTO, S, WJ WASIELESKY & LJ LOUZADA. 2003. Comparative analysis of pink shrimp, *Farfantepenaeus paulensis*, and Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, culture in extreme southern Brazil. *Journal of Applied Aquaculture*, 14:101-111.
- PEREZCASTANEDA, R, O DEFEO. 2005. Growth and mortality of transient shrimp populations (spp.) in a coastal lagoon of Mexico: role of the environment and density-dependence. *ICES Journal of Marine Science*, 62(1): 14–24.
- PEREZ-VELAZQUEZ, M, DA DAVIS, LA ROY, ML GONZÁLEZ-FÉLIX. 2012. Effects of water temperature and Na⁺:K⁺ ratio on physiological and production parameters of *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. *Aquaculture*, 342-343: 13–17.

- PORTILLO-CLARK, G, R CASILLAS-HERNÁNDEZ, R SERVÍN- VILLEGAS, FJ MAGALLÓN-BARAJAS. 2012. Growth and survival of the juvenile yellowleg shrimp *Farfantepenaeus californiensis* cohabiting with the green feather alga *Caulerpa sertularioides* at different temperatures. *Aquaculture Research*, 44(1): 22–30.
- QIU, J, WN WANG, NJ WANG, WF LIU, AL WANG. 2011. Oxidative stress, DNA damage and osmolality in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* exposed to acute low temperature stress. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 154: 36–41.
- RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE, A LAWSON, CL BROWDY. 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *AquaCulture*, 310:130-138.
- RAY, AJ, KS DILLON, JM LOTZ. 2011. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. *Aquacultural Engineering*, 45(3): 127–136.
- SAMOCHA, T, J CORDOVA, T BLANCHER, A WIND. 2000. Raceway nursery production increases shrimp survival and yields in Ecuador. *Glob. Aquac. Advocate* 3: 66–68.
- SAMOCHA, TM, S PATNAIK, M SPEED, AM ALI, JM BURGER, RV ALMEIDA, Z AYUB. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2): 184–191.
- SANDIFER, PA, JS HOPKINS, AD STOKES & CL BROWDY. 1993. Preliminary comparison of the native *Penaeus setiferus* and the pacific white shrimp *Penaeus vannamei* for pond culture in South Carolina, USA. *Journal at World Aquaculture Society*, 24:295-303.

- SANTOS, MHS. Alimentação do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decápoda Penaeidae) cultivado. 2003. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.
- SEVGILI, H, B HOŞSU, Y EMRE, KANYILMAZ, M. 2012. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 344-349:126–134.
- SOUZA, DM, SM SUITA, FPL LEITE, LA ROMANO, W WASIELESKY, ELC BALLESTER. 2012. The use of probiotics during the nursery rearing of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a zero exchange system. *Aquaculture Research*, 43(12): 1828–1837.
- SOUZA, DM, SM SUITA, LA ROMANO, W WASIELESKY, ELC BALLESTER. 2012. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. *Aquaculture Research*
- SPECK, RC. 1993 Efeito da densidade no crescimento e sobrevivência de pós-larvas de *Penaeus Paulensis*, Pérez- Farfante, 1967, em sistema de berçário. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CULTIVO DE CAMARÃO, 4., João Pessoa. Anais... João Pessoa: MCR Aquacultura, p. 369-383.
- STIMPSON, L, M SPANOPOULOS-HERNA, CA MARTI, RC VANEGAS-PE, C ROSAS, LG ROSS. 2005. The combined effects of salinity and temperature on the oxygen consumption of juvenile shrimps, 244: 341–348.
- STRICKLAND, JDH, TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310p.
- SZUKICS, U, GCJ ABELL, V HÖDL, B MITTER, A SESSITSCH, E HACKL, S ZECHMEISTER-BOLTENSTERN.2010. Nitrifiers and denitrifiers respond

rapidly to changed moisture and increasing temperature in a pristine forest soil. *FEMS microbiology ecology*, 72(3): 395–406.

UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.

VAN DIJK, PLM, I HARDEWIG, F HOLKER. 2005. Energy reserves during food deprivation and compensatory growth in juvenile roach : the importance of season and temperature, *journal of fish biology* 66:167–181.

VANWYK, P, J SCARPA. 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.

VELAZQUEZ, MP, DA DAVIS, LA ROY, MLG FELIX. 2012. Effects of water temperature and Na⁺:K⁺ ratio on physiological and production parameters of *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. *Aquaculture*, 343:13-17.

VIAU, VE, DM SOUZA, EM RODRÍGUEZ, W WASIELESKY, PC ABREU, ELC BALLESTER. 2012. Biofilm feeding by postlarvae of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda, Penaidae). *Aquaculture Research* DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03087.x: 1-12.

WALKER, S J, WH NEILL, AL LAWRENCE, DM GATLIN. 2011. Effects of temperature and starvation on ecophysiological performance of the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 319(3-4): 439–445.

WASIELESKY, W, A BIANCHINI, CC SANCHEZ, LH POERSCH. 2003. The effect of temperature, salinity and nitrogen products on food consumption of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Braz. Arch. Biol. Techn.* 46:135–141.

WASIELESKY, W, H ATWOOD, A STOKES, CL BROWDY. 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.
- WASIELESKY, WJ. 2000. Cultivo de juvenis do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Decapoda, Penaeidae) no estuário da Lagoa dos Patos: Efeitos dos parâmetros ambientais. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Fundação Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande.
- WILEN, BM, JL NIELSEN, K KEIDING, PH NIELSEN. 2000. Influence of microbial activity on the stability of activated sludge flocs. *Colloid Surf. B.* 18 (2): 145–156.
- WU, L, S DONG. 2002. Effects of protein restriction with subsequent realimentation on growth performance of juvenile Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Aquaculture*, 210(1-4): 343–358.
- WYBAN, J, WA WALSH, DM GODIN. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*, 138:267-179.
- XU, WJ, LQ PAN. 2012 Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, 356-357:147-152.
- YTA, GA, DB ROUSE, DA DAVIS. 2004. Influence of nursery period on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei* under pond production conditions. *Journal of the Aquaculture Society*, 35(3):357-365.
- ZHAO, P, J HUANG, XH WANG, XL SONG, CH YANG, XG ZHANG, GC WANG. 2012. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero Exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 354-355:97-106.
- ZHOU, J, L WANG, Y XIN, WN WANG, WY HE, AL WANG, Y LIU. 2010. Effect of temperatura on antioxidant enzyme gene expression and stress protein response in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Thermal Biology* 35:284–289.
- ZHU, X, S XIE, W LEI, Y CUI, Y YANG, RJ WOOTTON. 2005. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed

deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Aquaculture*, 248(1-4): 307–314.