

UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TESE

**Avaliação da criação intensiva do camarão branco
Litopenaeus schmitti com a tecnologia de bioflocos**

Michelle Midori Sena Fugimura

2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DA CRIAÇÃO INTENSIVA DO CAMARÃO BRANCO
Litopenaeus schmitti COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS**

MICHELLE MIDORI SENA FUGIMURA

Sob a orientação da Professora
Lidia Miyako Yoshii Oshiro

e co-orientação do Professor
Wilson Wasielesky Jr.

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Dezembro de 2013

Dedico aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **NEY e CÁSSIA**, pelo amor e incentivo que sempre me deram durante toda minha vida.

A toda minha **FAMÍLIA**, por todo o apoio e amor.

Ao meu namorado, **LUCIANO**, pelos momentos felizes compartilhados e o apoio durante essa jornada.

A professora **LIDIA MIYAKO YOSHII OSHIRO**, pela orientação e amizade durante tantos anos de convívio, desde a graduação até o doutorado.

Ao professor **WILSON WASIELESKY**, pelas sugestões e contribuição para a realização deste estudo.

A **FAPERJ**, pela concessão de bolsa de estudo durante o período do curso e apoio financeiro para a execução dos estudos que compõem esta tese.

Aos pesquisadores da Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro (FIPERJ) **LUZIA TRIANI, RICARDO MARTINO e VANESSA MELO**, pelo auxílio em parte das análises realizadas neste estudo.

A todos os **professores da UFRRJ, FURG e UFRPE**, que contribuíram com a minha formação.

Aos professores **MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**, por aceitarem o convite e contribuírem com a melhoria do trabalho.

Aos amigos, **HELAINÉ, MANU e TIAGO**, pelo apoio na realização dos experimentos, os momentos alegres e de descontração, que desfrutamos dentro e fora do laboratório, e o mais importante, a amizade construída durante todos esses anos de convívio, que permanecerá.

A todos os queridos amigos, em especial, **ADRIANA, CINTIA, ESQUILO, FALCÃO, KARLA, KELY, LISE, LU e RAPHA**, que tornam minha vida muito mais feliz e entenderam minha ausência durante tantos momentos nesta jornada.

Ao funcionário aposentado da EBM, **Sr. CASEMIRO**, por estar sempre disposto a ajudar a resolver qualquer problema no laboratório, pelas conversas e amizade.

Aos estagiários, **RENATA, FELIPE e MARCELO**, pelo auxílio durante os experimentos.

E a todos que embora não mencionados contribuíram de alguma forma, para que eu chegasse até aqui.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO GERAL

FUGIMURA, Michelle Midori Sena. **Avaliação da criação intensiva do camarão branco *Litopenaeus schmitti* com a tecnologia de bioflocos**. 2013. 91p Tese (Doutorado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

A tecnologia de bioflocos (BFT) surgiu através da busca de técnicas a fim de tornar a aquicultura mais ambientalmente sustentável, mantendo a alta produção e lucratividade. Melhores crescimento e produtividades já foram verificados para diversas espécies de peneídeos criados no sistema BFT comparado aos sistemas convencionais, porém informações sobre a criação da espécie *Litopenaeus schmitti* utilizando essa tecnologia são limitadas. Este trabalho teve como objetivo principal verificar a viabilidade técnica da produção intensiva do camarão *L. schmitti* em sistema BFT. Para tanto foram realizados três experimentos na Estação de Biologia Marinha da UFRRJ (Mangaratiba, RJ). Os juvenis de *L. schmitti* selvagens foram capturados na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, e passaram por um período de aclimação de dez dias em tanques com água clara antes do início do estudo. No primeiro experimento, a contribuição dos agregados microbianos na alimentação (bioflocos e bioflocos com adição de ração comercial contendo 38 % de proteína) dos camarões *L. schmitti* criados em elevadas densidades de estocagem (100, 200 e 300 camarões/m²), foi avaliada durante um período de 60 dias. Os resultados sugerem que os juvenis *L. schmitti* usufruíram da disponibilidade da fonte nutricional extra, representada pelos bioflocos, entretanto, estes devem ser considerados como um recurso alimentar adicional à dieta com ração. As densidades de estocagem avaliadas afetaram a produtividade, o crescimento e a sobrevivência de *L. schmitti*, porém, as sobrevivências de aproximadamente 80 % demonstram o potencial de criação da espécie em condições intensivas. O segundo experimento foi realizado para verificar a possibilidade de uso do bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico na fertilização do sistema BFT, e para tal, comparou-se a fertilização com bagaço de cevada, melão de cana-de-açúcar e farinha de mandioca durante o período de 60 dias. Os resultados de qualidade de água, de composição proximal de bioflocos e de crescimento do camarão confirmaram que o bagaço de cevada pode ser uma opção adequada e de baixo custo, em locais próximos as indústrias cervejeiras. Já, no terceiro experimento, o desempenho zootécnico de *L. schmitti*, a qualidade de água e a formação de bioflocos foram avaliados em três salinidades (19, 26 e 33) e com o fornecimento de duas dietas comerciais (30 e 40 % de proteína) em um sistema de criação estático ao longo de 35 dias. Através do desempenho de *L. schmitti* obtido nas diferentes tratamentos ficou evidente que a criação pode ser feita em qualquer uma das salinidades avaliadas, e com o fornecimento da dieta comercial contendo o menor teor de proteína. Portanto, os resultados do presente estudo demonstram a viabilidade técnica da criação intensiva do camarão *L. schmitti* utilizando a tecnologia de bioflocos.

Palavras-chave: Agregados microbianos. Camarão peneídeo. Crescimento.

ABSTRACT

FUGIMURA, Michelle Midori Sena. **Evaluation of intensive farming of the white shrimp *Litopenaeus schmitti* with biofloc technology**. 2013. 91p Thesis (Doctorate in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013.

The biofloc technology (BFT) has emerged through the search for techniques to make aquaculture more environmentally sustainable, while maintaining the high production and profitability. Better growth and productivity have been checked for several species of cultured penaeid BFT system compared to conventional systems, but information on *Litopenaeus schmitti* farming using this technology are limited. This study aimed to verify the technical feasibility of the intensive farming of shrimp *L. schmitti* in BFT system. Three experiments were carried out at the Marine Biology Station of UFRRJ (Mangaratiba, RJ). Juvenile shrimps were wild caught in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, and underwent an acclimation period of ten days in tanks with clear water before the start of the studies. In the first experiment, the contribution of microbial aggregates in feeding (biofloc and biofloc with feed) of shrimp *L. schmitti* grown at high stocking densities (100, 200 and 300 shrimp/m²), was evaluated for 60 days. The results suggest that juvenile *L. schmitti* benefited from the availability of additional nutritional source, represented by biofloc, however, these should be regarded as a additional dietary to rations diet. Stocking densities evaluated affected the productivity, growth and survival of *L. schmitti*, but the survival of approximately 80 % showing the potential of the species in super intensive culture conditions. The second experiment was conducted to verify the possibility of using the barley bagasse as a source of organic carbon in the system BFT fertilization, and to this end, compared to fertilization with barley bagasse, sugar cane molasses and cassava flour during the period of 60 days. The results of water quality, biofloc composition and growth of shrimp confirmed that the barley bagasse can be a suitable option and cost in areas near the breweries. Already, in the third experiment, the growth performance of *L. schmitti*, water quality and the biofloc formation were evaluated at three salinities (19, 26 and 33) and using two commercial diets (30 and 40 % protein) in static farming system throughout 35 days. Through the performance of *L. schmitti* obtained in the different treatments was evident that the farming can be done in any of salinities evaluated and using the commercial diet containing the lower protein levels. Thus, the results of this study demonstrate the technical feasibility of intensive shrimp farming *L. schmitti* using biofloc technology.

Key words: Microbial aggregates. Penaeid shrimp. Growth.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* CRIADOS EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Densidade de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT de juvenis de *L. schmitti*, alimentados com bioflocos mais ração (A) e alimentados com bioflocos (B) aos 14 e 44 dias de estudo..... 19

Figura 2. Densidade de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT de juvenis de *L. schmitti*, alimentados com bioflocos mais ração (A) e alimentados com bioflocos (B) aos 14 e 44 dias de estudo..... 20

CAPÍTULO II: UTILIZAÇÃO DE BAGAÇO DE CEVADA COMO FONTE DE CARBONO ORGÂNICO NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Variações das concentrações de amônia total nos sistemas BFT de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melão de cana-de-açúcar (MC) durante os 60 dias de estudo..... 45

Figura 2. Variações das concentrações de nitrito nos sistemas BFT de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melão de cana-de-açúcar (MC) durante os 60 dias de estudo..... 45

Figura 3. Proporção de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistemas BFT de juvenis de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melão de cana-de-açúcar (MC) durante 60 dias de estudo..... 48

Figura 4. Proporção de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos em sistemas BFT de juvenis de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melão de cana-de-açúcar (MC) durante 60 dias de estudo..... 49

CAPÍTULO III: EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES E NÍVEIS PROTÉICOS NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus schmitti* COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

Figura 1. Variação da concentração de amônia total (média±erro padrão) do sistema BFT de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína..... 69

Figura 2. Variação da concentração do nitrito (média±erro padrão) do sistema BFT de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com rações contendo diferentes níveis de proteína..... 70

Figura 3. Densidade média de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT

de <i>L. schmitti</i> aos 7 e 35 dias de estudo.....	74
Figura 4. Densidade média de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT de <i>L. schmitti</i> aos 7 e 35 dias de estudo.....	75

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* CRIADOS EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) monitorados na criação de *L. schmitti* durante o período experimental..... 18

Tabela 2. Composição proximal do tecido do camarão *L. schmitti* (C) e dos bioflocos produzidos no sistema de BFT com bioflocos e ração (BR) em diferentes densidades de estocagem (100, 200 e 300 camarões/m²) ao final de 60 dias de estudo..... 19

Tabela 3. Resultados da Análise de Variância dos índices zootécnicos de *L. schmitti* criados em sistema BFT alimentados com bioflocos (B) e bioflocos mais ração (BR)..... 21

Tabela 4. Índices zootécnicos de juvenis de *L. schmitti* (0,57±0,26 g) criados em sistema BFT com bioflocos (B) durante os 44 dias e com bioflocos e ração (BR) durante os 60 dias de estudo..... 22

CAPÍTULO II: UTILIZAÇÃO DE BAGAÇO DE CEVADA COMO FONTE DE CARBONO ORGÂNICO NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

Tabela 1. Percentual de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes de carbono orgânico utilizadas na criação de *L. schmitti* em sistema BFT..... 41

Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água (médias±desvio padrão) monitorados nos sistemas BFT de juvenis de *L. schmitti* durante o período de estudo nos diferentes tratamentos..... 44

Tabela 3. Composição proximal dos bioflocos produzidos nos sistemas BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico ao final de 60 dias de estudo..... 46

Tabela 4. Composição e densidade média dos microorganismos presentes nos bioflocos da criação de *L. schmitti* em sistemas BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico coletados no 21º, 42º e 60º dia de estudo..... 47

Tabela 5. Índices zootécnicos (médias±desvio padrão) dos juvenis de *L. schmitti* em sistemas BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico..... 50

Tabela 6. Custos com a fertilização orgânica durante a criação de juvenis de *L. schmitti* em sistema BFT nos diferentes tratamentos..... 50

CAPÍTULO III: EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES E NÍVEIS PROTÉICOS NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus schmitti* COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

Tabela 1. Resultados de Análise de Variância dos parâmetros de qualidade de água monitorados em sistemas de criação com bioflocos de <i>L. schmitti</i> em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína na durante 35 dias de estudo.....	67
Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) monitorados em sistemas de criação com bioflocos de <i>L. schmitti</i> em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína durante 35 dias de estudo.....	68
Tabela 3. Composição proximal dos bioflocos produzidos nos sistemas BFT de <i>L. schmitti</i> em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.....	71
Tabela 4. Composição proximal do tecido dos camarões <i>L. schmitti</i> criados no sistema BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo diferentes níveis de proteína e ao final de 35 dias de estudo.....	72
Tabela 5. Composição e densidade média dos microorganismos dos bioflocos formados no sistema BFT de <i>L. schmitti</i> em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo diferentes níveis de proteína coletados aos 7 e 35 dias de estudo.....	73
Tabela 6. Resultados da Análise de Variância dos índices zootécnicos de <i>L. schmitti</i> criados em sistema BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.....	76
Tabela 7. Índices zootécnicos (média±desvio padrão) de <i>L. schmitti</i> criados em sistema BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo diferentes níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.....	77

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Aquicultura Mundial e Brasileira.....	3
2. Carcinicultura no Brasil.....	4
3. Tecnologia de Bioflocos.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO I: INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO <i>Litopenaeus schmitti</i> CRIADOS EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3. RESULTADOS.....	17
4. DISCUSSÃO.....	23
4.1. Qualidade de Água.....	23
4.2. Composição Proximal dos Camarões e dos Bioflocos.....	24
4.3. Composição Microbiana dos Bioflocos.....	25
4.4. Desempenho Zootécnico dos Juvenis de <i>L. schmitti</i>	26
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
CAPÍTULO II: UTILIZAÇÃO DE BAGAÇO DE CEVADA COMO FONTE DE CARBONO ORGÂNICO NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO <i>Litopenaeus schmitti</i> EM SISTEMA DE BIOFLOCOS	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3. RESULTADOS.....	43
4. DISCUSSÃO.....	50
5. CONCLUSÕES.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
CAPÍTULO III: EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES E NÍVEIS PROTÉICOS NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO <i>Litopenaeus schmitti</i> COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS	60
RESUMO.....	61
ABSTRACT.....	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	64

2.1 Delineamento Experimental.....	64
2.2 Formação dos Bioflocos.....	65
2.3 Monitoramento da Qualidade da Água.....	65
2.4 Análise de Composição Proximal	66
2.5 Avaliação do Desempenho Zootécnico de <i>L. schmitti</i>	66
2.6 Análises Estatísticas.....	66
3 RESULTADOS.....	67
4 DISCUSSÃO.....	78
4.1 Qualidade de Água.....	78
4.2 Composição Microbiana dos Bioflocos.....	79
4.3 Composição Proximal dos Bioflocos e de Camarões <i>L. schmitti</i>	80
4.4 Desempenho zootécnico de <i>L. schmitti</i>	81
5 CONCLUSÕES.....	83
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	91

INTRODUÇÃO GERAL

O camarão branco *Litopenaeus schmitti* apresenta ampla distribuição e ocorre no Atlântico continental desde as Antilhas até o estado do Rio Grande do Sul no Brasil (PÉREZ-FARFANTE & KENSLEY, 1997). No Brasil, essa espécie nativa, conhecida como camarão branco, cinza ou legítimo, é considerada um importante recurso pesqueiro, porém a sobrepesca e a degradação ambiental na costa brasileira tem afetado seus estoques naturais (D'INCAO, VALENTINI & RODRIGUES, 2002). Além disso, a valorização desses camarões para comercialização como isca viva para a pesca esportiva tem provocado o aumento da exploração em seu ambiente natural, como observado na Baía de Sepetiba, localizada no estado do Rio de Janeiro. Desta forma, a pesca intensa de animais cada vez mais jovens compromete o recrutamento e a manutenção das populações do camarão *L. schmitti*.

A intensa exploração sobre o recurso natural torna importante o estabelecimento da criação da espécie *L. schmitti*, tanto para fim de repovoamento, como comercial. Porém, nas últimas duas décadas, não há registros da criação desta espécie de camarão no estado do Rio de Janeiro, bem como no restante do país. As técnicas de criação para muitas das espécies nativas ainda não estão completamente estabelecidas, o que torna a criação arriscada e sujeitas a resultados negativos quanto à produção. O sucesso do estabelecimento da criação dessas espécies depende principalmente de mais investimento em pesquisas, principalmente no que tange a nutrição e reprodução das espécies de camarões nativos da nossa costa.

A criação intensiva em sistema de bioflocos (BFT) foi desenvolvida para a espécie de camarão peneídeo mais criada no mundo, o *Litopenaeus vannamei*, recebendo mais atenção em pesquisas avaliando diversos aspectos da criação neste sistema. Entretanto, os benefícios da criação em sistema BFT já foram verificados para outras espécies de camarões peneídeos, como *Farfantepenaeus brasiliensis* (EMERENCIANO et al., 2012), *Farfantepenaeus paulensis* (BALLESTER et al., 2010), *Marsupenaeus japonicus* (ZHAO et al., 2012), *Penaeus monodon* (ARNOLD et al., 2009).

Enfim, diversos estudos demonstraram que o sistema de criação BFT para camarões marinhos geram melhores produtividades, que podem ser explicadas pelo emprego de altas densidades de estocagem, além de maiores sobrevivências através da resistência a bactérias patogênicas (MICHAUD et al., 2006; CRAB et al., 2007) e pela melhor qualidade de água conferida pela presença dos bioflocos, e ainda uma maior produção pela possibilidade da produção de camarão peneídeo em sistemas *indoor* durante todo o ano em regiões com menor temperatura (BROWDY & MOSS, 2005; COHEN et al., 2005; CRAB et al., 2010).

Dessa forma, o presente estudo teve como principal objetivo obter informações que possibilitem verificar a viabilidade da criação de *L. schmitti* em sistema de bioflocos, e os objetivos específicos foram obtidos através de três capítulos:

- 1) Influência da alimentação do camarão branco *Litopenaeus schmitti* criado em diferentes densidades de estocagem utilizando a tecnologia de bioflocos (Capítulo 1), com objetivo de avaliar a utilização dos bioflocos na dieta alimentar e o efeito de diferentes densidades de estocagem sobre o desempenho de juvenis de *L. schmitti*, comparando os índices zootécnicos, peso final, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, produtividade e sobrevivência.
- 2) Utilização de bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico na criação do camarão branco *Litopenaeus schmitti* em sistema de bioflocos (Capítulo 2), com objetivo de verificar a possibilidade de utilização do bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico, e compará-lo com outras duas fontes de carbono, o melão de cana-de-açúcar e a farinha de mandioca, no

sistema de criação BFT de *L. schmitti*, através dos parâmetros de qualidade de água, composição microbiana dos bioflocos e índices zootécnicos dos camarões.

3) Efeito de diferentes salinidades e níveis proteicos na criação do camarão *Litopenaeus schmitti* com a tecnologia de bioflocos (Capítulo 3), com objetivo de analisar a possibilidade da utilização de rações comerciais com menores níveis de proteína em diferentes salinidades e a existência de interação entre a salinidade e o nível de proteína da dieta na criação de juvenis de *L. schmitti* em sistema BFT, comparando os parâmetros de qualidade de água, a composição microbiana dos bioflocos e os índices zootécnicos dos camarões.

REVISÃO DE LITERATURA

1 Aquicultura Mundial e Brasileira

A aquicultura está em plena expansão e é um dos setores de produção animal que vem apresentando rápido crescimento. Segundo os dados da FAO (2012), nas últimas três décadas (1980 - 2010), a aquicultura expandiu a uma taxa média anual de 8,8 %, alcançando um recorde histórico de 60 milhões de toneladas em 2010, com valor total estimado de US\$ 119 bilhões. A produção da aquicultura mundial no ano de 2010 foi composta por: peixes de água doce (56,4 % e 33,7 milhões de toneladas), moluscos (23,6 % e 14,2 milhões de toneladas), crustáceos (9,6 % e 5,7 milhões de toneladas), peixes diadromos (6 % e 3,6 milhões de toneladas), peixes marinhos (3,1 % e 1,8 milhões de toneladas) e outras espécies animais aquáticas (1,4 % e 814.300 toneladas).

Em relação a produção mundial de crustáceos, esta foi representada por 29,4 % de espécies de água doce e 70,6 % de espécies marinhas. Entre as espécies de crustáceos produzidas, o camarão branco *L. vannamei* apresentou destaque por atingir aproximadamente 72 % da produção mundial da carcinicultura. O camarão possui um alto valor econômico, representando aproximadamente 15 % do valor total de produtos pesqueiros comercializados internacionalmente em 2010.

Dados preliminares apontaram para um aumento no consumo *per capita* de pescado mundial de uma média de 9,9 kg na década de 1960 para 18,6 kg em 2010. Reconhecendo que as populações naturais de pescados se encontram em sua maioria sobre-exploradas (FAO, 2012) e que a população humana mundial continua aumentando em número, estima-se que será necessário um aumento de 23 milhões de toneladas da quantidade atual produzida até 2020 para manter no mínimo o mesmo nível atual de consumo *per capita* de produtos aquícolas (FAO, 2012). Torna-se então importante manter contínua a expansão da aquicultura com intuito de suprir a demanda do consumo humano de pescado, e contribuir com a demanda de proteína animal como um todo.

De acordo com a FAO (2012), a aquicultura na América do Sul, ao contrário do observado na América do Norte, tem apresentado um crescimento contínuo e forte nos últimos anos, destacando-se países como Brasil, Equador e Peru, que se tornaram produtores com importância significativa na região. Pelas estatísticas de produção aquícola da FAO para o ano de 2010, o Brasil situa-se em 3º lugar no *ranking* dos maiores países produtores do continente americano, ficando atrás apenas do Chile, em 1º lugar, e os Estados Unidos.

Segundo levantamento estatístico da produção aquícola brasileira de 2010 (MPA, 2012), a maior parcela produzida é oriunda da aquicultura continental (82,3 % da produção total). Entre as regiões produtoras aquícolas continentais do país, destaca-se a Região Sul como a mais representativa com aproximadamente 33,8 % da produção total (133.425 t) e a Região Norte com a menor produção em torno de 41.581 t. As espécies animais mais produzidas nacionalmente são a tilápia e a carpa, atingindo 63,4 % da produção da aquicultura continental. Em relação à aquicultura marinha, a Região Nordeste é a maior responsável pela produção brasileira, com aproximadamente 79 % do total produzido (63.328 t), e a Região Norte é identificada também como a menor produtora neste setor. Entretanto, ressaltando que a Região Centro-Oeste não teve representação neste setor da produção aquícola brasileira. A aquicultura marinha do país é representada pela produção de moluscos (mexilhão, ostra e vieira) e de camarão, sendo o último a espécie aquícola mais produzida por esta modalidade.

2 Carcinicultura no Brasil

No Brasil, a carcinicultura teve início na década de 70 com a introdução da espécie exótica *Marsupenaeus japonicus* (Bate, 1888) na região Nordeste do país (BARBIERI & OSTRENSKY, 2002). Entre a década de 80 e 90, teve início o investimento com a criação de espécies nativas de camarões peneídeos, *Farfantepenaeus subtilis*, *F. paulensis* e *L. schmitti*. Os resultados obtidos com a reprodução e larvicultura em cativeiro demonstraram o potencial de criação das espécies, porém, essas espécies nativas necessitavam de pesquisas para o fornecimento de maiores informações sobre os aspectos biológicos, reprodutivos e nutricionais, para o desenvolvimento da tecnologia de produção destas espécies (BUENO, 1990; MARCHIORI, 1996; BARBIERI & OSTRENSKY, 2002).

Na década de 90, a espécie exótica de camarão *L. vannamei* já estava sendo criado com sucesso no Equador e no Panamá, e acabou influenciando a decisão na escolha da espécie a ser criada no Brasil. Essa espécie de camarão é nativa da costa sul-americana do Pacífico, apresenta rápido crescimento, com taxas de crescimento uniforme e rusticidade, o que permitiu a sua adaptação às diferentes condições ambientais. Assim, praticamente toda a tecnologia na produção de camarão marinho em nosso país foi voltada para a criação de *L. vannamei* (ROCHA, 2005), ocasionando uma redução dos investimentos nas criações de espécies nativas.

A produção de espécies nativas de camarões peneídeos apresenta diversas vantagens, tais como, melhor tolerância às condições locais, disponibilidade de reprodutores na região costeira, larvas resistentes (SANDIFER et al., 1993) e ainda a possibilidade de criação em sistemas alternativos, como cercados e tanques-rede. Entretanto, atualmente não há produção comercial de nenhuma de nossas espécies nativas. Porém, pesquisas científicas têm sido realizadas por universidades e instituições de pesquisas com algumas destas espécies de camarões, como *Farfantepenaeus paulensis*, *F. brasiliensis* e *F. subtilis*, buscando melhorar os seus desempenhos zootécnicos, a fim de que possa se estabelecer produções comerciais economicamente viáveis.

A participação do camarão *L. vannamei* produzido no Brasil no mercado internacional começou a aumentar em 1995, atingindo taxas de crescimento superiores a 60 % ao ano até 2003, quando se registrou o marco de produção de 90.190 toneladas. Entretanto, a ocorrência de doenças provocadas pelo vírus da mancha branca (WSSV) na região Sul, e a mionecrose infecciosa viral (IMNV) no Nordeste, mudaram o cenário da carcinicultura brasileira. A ocorrência de doenças, somado as cheias nas regiões nordeste, as ações *antidumping* pelos Estados Unidos e a desvalorização do dólar levaram à queda no crescimento exponencial da atividade em 2004. Segundo dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2012), a produção brasileira foi de 69.422 toneladas de camarões no ano de 2010, sendo os estados do Rio Grande do Norte e Ceará, os maiores produtores do país.

3 Tecnologia de Bioflocos

O surgimento de entraves para a expansão da carcinicultura devido à preocupação ambiental em relação ao potencial impacto provocado por fazendas de camarão marinho, através da liberação de efluentes não tratados ao ambiente natural, a incidência de doenças e a forte dependência de óleo e farinha de peixe, tornaram necessário à busca por novas tecnologias de criação consideradas mais corretas ecologicamente (AVNIMELECH, 1999; DE SCHRYVER et al., 2008). Dentro desse contexto, o desenvolvimento da tecnologia de bioflocos (BFT) realizado com mínima ou sem troca de água durante a produção, baseado na formação de agregados microbianos, os bioflocos, através da manipulação dos nutrientes

nitrogenados inorgânicos e de carbono na água de criação, aparece como uma opção ideal na aquicultura (BURFORD et al., 2004).

A tecnologia de bioflocos (BFT) ou “ZEAH” (*Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems*) ou ainda criação heterotrófica, permitiu a união de benefícios econômicos aos ambientais, possíveis através da redução de uso da água, descarga de efluentes, fornecimento de rações com menor teor de proteína durante a produção, entre outros (WASIELESKY et al., 2006; AVNIMELECH, 2007; MISHRA et al., 2008).

Os bioflocos, constituídos de uma mistura heterogênea de microorganismos, partículas, coloides, polímeros orgânicos e células mortas, são formados através do estímulo gerado pela adição de carboidrato ao meio de criação para aumentar a relação C:N (JORAND et al., 1995). Diversos microorganismos foram encontrados participando da formação de bioflocos, como microalgas, bactérias, protozoários, rotíferos e nematódeos (CRAB et al., 2009), apresentando um papel importante na manutenção da qualidade da água e suplementação alimentar dentro do sistema BFT (EMERENCIANO et al., 2012).

Com relação à manutenção da qualidade da água de criação, esta é garantida pelo controle dos componentes nitrogenados inorgânicos, derivados principalmente da excreção animal e degradação de resíduos de ração, por três organismos: fitoplâncton, bactérias heterotróficas e bactérias nitrificantes. Os componentes nitrogenados inorgânicos podem ser mantidos dentro dos níveis adequados através da assimilação feita pelo fitoplâncton e as bactérias heterotróficas para construção de suas proteínas celulares estruturais, e pelas bactérias nitrificantes que são responsáveis pelo processo de nitrificação, imobilizando e oxidando a amônia para formação de nitrito e nitrato (HARGREAVES, 2006; EBELING; TIMMONS & BISOGNI, 2006) e convertendo nitrato ou nitrito em gás N₂, que pode ser liberado para a atmosfera (HAMLIN et al., 2008).

A importância nutricional dos bioflocos está relacionada com a constituição bioquímica dos diversos microorganismos que os constituem. O alimento natural pode contribuir de forma significativa com a nutrição de camarões peneídeos quando disponível no ambiente de criação (ANDERSON, PARKER & LAWRENCE, 1987; CHEN & CHEN, 1992). Portanto, a formação dos bioflocos permite o aumento da eficiência proteica de aproximadamente 23 para 45 %, pela reciclagem do nitrogênio inorgânico em proteína microbiana, que é consumida pelos camarões, permitindo então a utilização de dietas com menores teores de proteína bruta (BROWDY et al., 2001; MOSS, 2002; SAMOCHA et al., 2004) e ainda a redução do fornecimento de ração em até 30 % da quantidade fornecida em sistema de produção convencional (PANJAITAN, 2004 *apud* AVNIMELECH, 2007). Desta forma, a disponibilidade de agregados microbianos com alto valor nutricional representa uma vantagem econômica, visto que a ração que representa no mínimo 50 % do custo total de produção em sistemas de criação intensiva e semi-intensiva (SORGELOOS, 2001), pode ser utilizada de forma mais eficiente no sistema BFT (AVNIMELECH et al., 1999). A utilização de rações com menores teores de proteína bruta geram a redução dos custos de produção, através da utilização de farinha e óleo de peixe, ingredientes com elevados custos econômicos e também ambientais (BROWDY et al., 2001; MOSS, 2002; SAMOCHA et al., 2004).

Do ponto de vista ambiental, as vantagens da criação com bioflocos devem-se ao fato de ser realizado com reduzida ou nenhuma troca de água durante o ciclo de produção, permitindo a redução da descarga de efluentes, e conseqüentemente dos riscos de eutrofização do ambiente natural, a troca de patógenos entre estoques naturais e de cativeiro, e introdução de espécies exóticas da criação ao ambiente natural (RAY, DILON & LOTZ, 2011). Além disso, ocorre a otimização do uso de recursos naturais, como a água e a terra.

O sistema de criação em bioflocos é feito com uma mínima ou sem troca de água

durante o ciclo de produção gerando o menor uso de água comparado ao sistema convencional. Enquanto nos sistemas convencionais são necessários até 64.000 litros de água para produzir 1 kg de camarões (HOPKINS et al., 1993), a criação em sistema BFT pode ser realizado com apenas 160 litros de água para produzir a mesma quantidade de camarão (OTOSHI et al., 2006). Ainda existe a possibilidade da utilização da mesma água por mais de um ciclo de produção, manejo que pode reduzir o tempo necessário para a estabilização das comunidades microbianas e dos parâmetros de qualidade da água, e conseqüentemente diminuir o período de criação e os riscos de possíveis problemas com o acúmulo de compostos nitrogenados inorgânicos (MCABEE et al., 2003; SAMOCHA et al., 2010).

Além disso, devido à redução da troca de água somada à criação de espécies de camarões peneídeos eurialinas, tolerantes às salinidades baixas e moderadas, a criação em águas interiores torna-se viável, possibilitando assim o uso de áreas afastadas de ecossistemas costeiros, que tradicionalmente durante décadas foram utilizadas para a construção de fazendas de criação de camarões no sistema tradicional. Essa possibilidade de criação de camarões peneídeos em águas continentais é também interessante economicamente, devido ao maior custo de áreas costeiras e por permitir o fornecimento de camarões marinhos frescos a consumidores, que não teriam acesso a esse produto (BROWDY & MOSS, 2005). Com relação ao uso da terra, a sua otimização é possível pela intensificação da produção no sistema BFT, que permite a obtenção de uma melhor produtividade, ou seja, a maior produção em menor área, através da criação com o emprego de elevadas densidades de estocagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R. K.; PARKER, P. L.; LAWRENCE, A. L. A13C/12C tracer study of the utilization of presented feed by commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond grow out system. **Journal of the World Aquaculture Society**, 18, p. 148-155, 1987.

ARNOLD, S. J.; COMAN, F. E.; JACKSON, C. J. et al. High-intensivity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, 293, p. 42 – 48, 2009.

AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Israeli Journal of Aquaculture**, 46, p. 119-131, 1994.

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

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapiain minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, p. 140-147, 2007.

BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, 16, p. 163–172, 2010.

BARBIERI, R. C.; OSTRENSKY, A. **Camarões Marinho – Engorda**. Viçosa – MG: Aprenda Fácil Editora, 2002. 351 p.

BROWDY, C. L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A. D. et al. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: SPECIAL SESSION ON SUSTAINABLE SHRIMP CULTURE, 2001, Baton Rouge. **Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture**. Baton Rouge, LA, USA: E.D. Jory & C.L. Browdy, 2001, p. 20-34.

BROWDY, C. L.; MOSS, S. M. **Shrimp culture in urban, super-intensive closed systems**. In: URBAN AQUACULTURE, 2005, Oxford, UK: ed. by B.A. Costa Pierce, 2005, p.173-186.

BUENO, S. L. S. Maturation and spawning of the white shrimp *Penaeus schmitti* Burkenroad, 1936, under large scale rearing conditions. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 21, n. 3, p. 170-179, 1990.

BURFORD, M. A.; SELLARS, M. J.; ARNOLD, S. J. et al. Contribution of natural biota associated with substrates to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Penaeus esculentus* (Haswell) in high-density rearing systems. **Aquaculture Research**, 35, p. 508-515, 2004.

CHEN, Y. L.; CHEN, H. Juvenile *Penaeus monodon* as effective zooplankton predators. **Aquaculture**, 103, p. 35–44, 1992.

- CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, 270, p. 1 – 14, 2007.
- CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W. et al. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, 40, p. 105-112, 2009.
- CRAB, R.; LAMBERT, A.; DEFOIRDT, T. et al. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. **Journal of Applied Microbiology**, 109, p. 1643–1649, 2010.
- COHEN, J.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M. et al. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, 32, p. 425-442, 2005.
- DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T. et al. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, p. 125–137, 2008.
- D'INCAO, F.; VALENTINI, H.; RODRIGUES, L. F. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. **Atlântica**, v. 24, n. 2, p. 103-116, 2002.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257, p. 346–358, 2006.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, 43, p. 447–457, 2012.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2012. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e00.htm>> Acesso em: 20/07/2012.
- HAMLIN, H. J.; MICHAELS, J. T.; BEAULATON, C. M. et al. Comparing denitrification rates and carbon sources in commercial scale up flow denitrification biological filters in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, 38, p. 79–92, 2008.
- HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, 34, p. 344-363, 2006.
- HOPKINS, J. S.; HAMILTON, R. D.; SANDIFER, P. A. et al. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 24, p. 304–320, 1993.
- JORAND, F.; ZARTARIAN, F.; THOMAS, F. et al. Chemical and structural (2d) linkage between bacteria within activated-sludge flocs. **Water Research**, v. 29, n. 7, p. 1639–1647, 1995.

MARCHIORI, M. A. **Guia ilustrado de maturação e larvicultura do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Pérez- Farfante, 1967.** Rio Grande: FURG, 1996.

MCABEE, B. J. BROWDY, C.; RHODES, R. et al. The use of greenhouse-enclosed raceway systems for the superintensive production of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the United States. **Global Aquaculture Advocate**, 6, p. 40 – 43, 2003.

MICHAUD, L.; BLANCHETON, J. P.; BRUNI, V. et al. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. **Aquacultural Engineering**, 34, p. 224- 233, 2006.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura.** Brasília, 128 p., 2012.

MISHRA, J. K.; SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S. et al. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, 38, p. 2-15, 2008.

MOSS, S. M. Dietary importance of microbes and detritus in penaeid shrimp aquaculture. In: **Microbial Approaches to Aquatic Nutrition within Environmentally Sound Aquaculture Production Systems**, Baton Rouge, USA: World Aquaculture Society, 2002, p. 1-18.

OTOSHI, C.; TANG, L. R.; DAGDAGAN, D. V. et al. Super-intensive grow out of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Recent advances at the Oceanic Institute. In: International Conference on Recirculating Aquaculture, 6, 2006, VA. **Proceedings from the 6th International Conference on Recirculating Aquaculture.** VA, 2006, p. 1-5.

PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY, B. **Penaeid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnoses for the Families and Genera.** Éditions du Muséum Paris, p. 91, 1997.

RAY, A. J.; DILON, K. S.; LOTZ, J. M. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. **Aquacultural Engineering**, 45, p.127– 136, 2011.

ROCHA, I. P. Uma análise da produção, demanda e preços do camarão no mercado internacional. **Revista Brasileira da Associação de Criadores de Camarão**, Recife, v. 7, n. 2, p. 24-35, 2005.

SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; COLLINS, C. A. et al. Production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in high-density greenhouse-enclosed raceways using low salinity groundwater. **Journal of Applied Aquaculture**, 15, n. 3-4, p.1–19, 2004.

SAMOCHA, T. M. et al. Intensive raceways without water exchange analyzed for white shrimp culture. **Global Aquaculture Advocate**, 13, p. 22–24, 2010.

SANDIFER, P. A.; HOPKINS, J. S.; STOKES, A. D. et al. Preliminary comparisons of the native *Penaeus setiferus* and Pacific *Penaeus vannamei* white shrimp for pond culture in South Carolina, USA. **Journal World Aquaculture**, v. 24, n. 3, p. 295–303, 1993.

SORGELOOS, P. Technologies for sustainable aquaculture development, Plenary Lecture II. In: Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, NACA, Bangkok, Thailand, February 2000. Ed. by Subasinghe, R. P; Bueno, P.; Philips, M. J. et al. FAO, Rome, Italy, p. 23–28, 2001.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258, p. 396–403, 2006.

ZHAO, P.; HUANG, J.; WANG, X-H. et al. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, 354–355, p. 97–106, 2012.

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* CRIADO EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

RESUMO

A tecnologia de criação em bioflocos (BFT) realizada com mínima ou zero troca de água tem sido utilizada na aquicultura para diversas espécies apresentando resultados positivos. Embora, os benefícios da criação neste sistema já tenham sido definidos para outras espécies de camarões peneídeos, para *Litopenaeus schmitti* os estudos ainda são incipientes. Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes alimentares e densidades de estocagem no desempenho zootécnico de *L. schmitti* criados em sistema BFT. O estudo durou 60 dias, onde foram avaliadas duas fontes de alimento para os camarões (bioflocos e bioflocos com ração comercial), e três densidades de estocagem (100, 200 e 300 camarões/m²). O desempenho zootécnico foi superior para o camarão *L. schmitti* (0,57±0,26 g) criado em sistema de bioflocos com ração. O peso final variou entre 1,82 a 2,11 g para os camarões criados com os bioflocos com ração, e 0,72 a 0,86 g para os mantidos exclusivamente com bioflocos. A densidade de estocagem afetou positivamente a produtividade, e negativamente o crescimento e a sobrevivência dos camarões criados com bioflocos e adição de ração. Os resultados sugerem que a espécie se beneficiou da presença de bioflocos como fonte alimentar, entretanto, a produção deve ser realizada com a adição de ração.

Palavras-chave: Camarão marinho. Bioflocos. Criação intensiva.

ABSTRACT

Biofloc technology (BFT) performed with minimal or zero water exchange, it has been used in aquaculture for several species with positive results. Although the benefits of farming other penaeid shrimp species with this system have already been defined, studies are still incipient for *Litopenaeus schmitti*. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different food sources and stocking densities on the zootechnical performance of *L. schmitti* farmed under BFT. The study lasted 60 days, during which two food sources for shrimp (bioflocs and bioflocs plus feed) and three stocking densities (100, 200, and 300 shrimp/m²) were evaluated. The growth performance was higher for *L. schmitti* shrimp (0.57±0.26 g) farmed under the bioflocs system with feed supplied. The final weight ranged from 1.82 to 2.11 g for the shrimp farmed with bioflocs and commercial diet and from 0.72 to 0.86 g for those fed bioflocs alone. The stocking density positively affected the yield and negatively affected growth and survival in shrimp farmed with artificial diet. The results demonstrated that this shrimp species benefited from the presence of bioflocs as a food source, however the production must be carried out with the addition of artificial diet.

Keywords: Marine shrimp. Biofloc. Intensive farming.

1 INTRODUÇÃO

O camarão peneídeo *Litopenaeus schmitti* é uma espécie nativa da costa Atlântica Ocidental considerada um recurso pesqueiro de alto valor comercial (NETO, 1991). Porém, o atual esforço de pesca e aumento da degradação ambiental tem levado a uma diminuição na captura dos seus estoques naturais (D'INCAO; VALENTINI & RODRIGUES, 2002). A necessidade de compensação da queda global na pesca extrativista tem incentivado o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de criação na aquicultura, visando não só o aumento da quantidade produzida, mas também o estabelecimento de sistemas de produção sustentáveis, que gerem menor impacto ao meio ambiente (AVNIMELECH; KOCHVA & DIAB, 1994; SAMOCHA et al., 2004).

A criação de camarões realizada tradicionalmente em viveiros, com renovações diárias de água, apresenta problemas relacionados à eutrofização de ambientes naturais através da emissão de efluentes sem tratamento e a disseminação de doenças (BALLESTER et al., 2010). Por outro lado, o desenvolvimento da nova tecnologia de criação sem renovação de água “ZEAH” (Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems), também conhecida como tecnologia de criação com bioflocos (Biofloc Technology – BFT) (AVNIMELECH, 2007), surgiu como uma alternativa para uma aquicultura responsável e ambientalmente correta, por ser realizado com pouca ou sem renovação de água durante o ciclo de produção e pelo aproveitamento dos microorganismos como alimento natural para os organismos criados (WASIELESKY et al., 2006).

Dentre os diversos aspectos a serem estudados nesta nova tecnologia, o estabelecimento da densidade de estocagem ideal apresenta extrema importância para o gerenciamento das instalações de criação, em busca de obter maior lucratividade através da máxima produtividade sustentada pelo sistema. A densidade de estocagem ideal pode variar em função da espécie, das técnicas de manejo empregadas durante a criação ou ainda devido à ação de parâmetros ambientais (WASIELESKY et al., 2001). O emprego de altas densidades de estocagem, em sistemas convencionais provoca a degradação da qualidade da água e um comportamento de estresse nos organismos produzidos, gerando a redução do crescimento e sobrevivência ao final da criação (FRAGA et al., 2002; DECAMP et al., 2007). Porém, a criação de camarões peneídeos em meio aos bioflocos tem sido realizada de forma intensiva ou superintensiva, e vem obtendo bons resultados (COHEN et al., 2005; ARNOLD et al., 2009). A contribuição nutricional dos bioflocos já foi verificada para diversas espécies produzidas pela aquicultura como peixes (NOOTONG & PAVASANT, 2011; GREEN; SCHRADER; PERSCHBACHER, 2012) e camarões (ARNOLD et al., 2009; CRAB et al., 2010; ZHAO et al., 2012). BURFORD et al. (2003) reportaram que mais de 29 % do alimento consumido diariamente por *L. vannamei* pode ser proveniente dos bioflocos demonstrando, assim, a importância destes na alimentação do camarão. Entretanto, a espécie animal criada somente acessa efetivamente os benefícios nutricionais dos bioflocos, quando possui a habilidade de captação, digestão e assimilação da proteína microbiana (AVNIMELECH, 1999).

A tecnologia de produção em sistema BFT é mais desenvolvida e utilizada para a espécie de camarão peneídeo mais criada mundialmente, o *Litopenaeus vannamei* (COHEN et al., 2005). Embora, os benefícios da criação neste sistema já tenham sido identificados para outras espécies de camarões peneídeos como *Penaeus monodon*, *Farfantepenaeus paulensis*, *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Marsupenaeus japonicus* (ARNOLD et al., 2009; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012; ZHAO et al., 2012), para a espécie *L. schmitti* os estudos ainda são incipientes.

Portanto, o trabalho teve como objetivo verificar a possibilidade da criação intensiva

com a tecnologia de bioflocos, através da avaliação da utilização de duas alimentações, bioflocos e bioflocos com adição de ração comercial, e de diferentes densidades de estocagem sobre o desempenho zootécnico de juvenis de *L. schmitti*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizada em Itacuruçá, Rio de Janeiro, Brasil (22°55'45.42" S e 43°54'25.13" O). O experimento teve a duração de 60 dias e foram avaliadas duas fontes de alimento para os camarões *L. schmitti* (bioflocos e bioflocos com ração comercial) em três diferentes densidades de estocagem (100, 200 e 300 camarões/m²). O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, composto por seis tratamentos com três repetições cada, totalizando 18 unidades experimentais, denominados: (1) BR100 - bioflocos e ração comercial, com densidade de 100 juvenis/m²; (2) BR200 – bioflocos e ração comercial, com densidade de 200 juvenis/m²; (3) BR300 – bioflocos e ração comercial, com densidade de 300 juvenis/m²; (4) B100 – bioflocos, com densidade de 100 juvenis/m²; (5) B200 – bioflocos, com densidade de 200 juvenis/m² e (6) B300 – bioflocos, com densidade de 300 juvenis/m².

Para a realização do experimento, dois sistemas independentes de criação com recirculação de água foram utilizados, sendo um para os tratamentos em que os camarões foram alimentados com bioflocos e ração, e outro para os tratamentos em que os camarões foram criados com bioflocos como fonte alimentar. Cada sistema consistiu de um tanque de polietileno (1,88 m² de área de fundo) denominado de macrocosmo, mantido com volume útil de 1200 L de água salgada com biofloco, ao qual foram interligadas nove unidades experimentais (tanques de polietileno com 0,23 m² de área de fundo e volume útil de 70 L), denominadas de microcosmos. O sistema de recirculação de água foi mantido com a utilização de uma bomba submersa (1950 L/h), o qual permitiu uma recirculação de aproximadamente 65 vezes/dia do volume total de água de cada microcosmo. A água do mar captada passou por filtros mecânico e biológico, radiação ultravioleta, e após o abastecimento nas unidades experimentais foi clorada (10 ppm) e declorada com ácido ascórbico (1 ppm). No fundo de cada macro e microcosmo foi montado um sistema de aeração ligado a um compressor de ar do tipo *blower*, o que forneceu uma aeração constante e uniforme permitindo assim a manutenção dos bioflocos em suspensão na coluna d'água. Para manter a temperatura da água dentro da faixa adequada de 28 a 32° C para a criação de camarões peneídeos (VAN WYK & SCARPA, 1999), foram utilizados aquecedores submersos com termostato nos tanques macrocosmos. Não houve renovação de água durante o período do estudo, somente foi adicionada água doce declorada nos macrocosmos, quando necessário para reposição das perdas por evaporação, mantendo assim a salinidade de aproximadamente 33 e o mesmo nível de água durante o período de estudo.

Os juvenis de *L. schmitti* selvagens foram capturados na Baía de Sepetiba, Itaguaí, Rio de Janeiro, e passaram por um período de aclimação de dez dias em tanques com água clara antes do início do estudo. Nos tanques macrocosmos foram mantidos 176 camarões juvenis (1,31±0,36 g) até o final do estudo, em uma densidade de aproximadamente 93,6 camarões/m², para auxiliar a formação dos bioflocos (FERREIRA, 2008). Nos tanques microcosmos foram adicionados 23, 46 e 69 camarões (0,57±0,26 g) nas densidades de 100, 200 e 300 camarões/m², respectivamente. Antes do início do estudo, diatomáceas *Chaetoceros gracilis* foram inoculadas (16 x 10⁶ células/mL) nos macrocosmos, com objetivo

de manter a qualidade da água antes da formação do bioflocos.

O crescimento das *C. gracilis* inoculada foi acompanhado através de coleta diária de amostras da água dos tanques macrocosmos para contagem em microscópio óptico, utilizando a câmara de Neubauer. Após o crescimento exponencial das microalgas, iniciou-se o estudo com a indução inicial de formação dos bioflocos através da fertilização orgânica com melão de cana-de-açúcar (em pó) nos tanques macrocosmos durante os três primeiros dias. A quantidade de carbono e nitrogênio da ração comercial, melão de cana-de-açúcar e farelo de trigo foram determinadas através da análise de espectrometria de massa (aparelho CHN). Baseando-se nos resultados desta análise foi determinada a quantidade necessária de melão a ser adicionada ao sistema experimental para atingir uma relação de C:N de 20:1 (AVNIMELECH, 1999). Por essa razão, a ração foi fornecida para os camarões do macrocosmo dos tratamentos em que foram mantidos somente com bioflocos, em quantidade igual a 6,5 % da biomassa estocada, apenas durante esse período de fertilização inicial. O farelo de trigo foi adicionado em uma quantidade equivalente a 5 % do melão de cana-de-açúcar. Após a indução inicial de formação dos bioflocos, a fertilização orgânica com melão de cana-de-açúcar foi realizada com base no controle diário do nível de amônia total. Quando verificado esse nível ≥ 1 mg/L, a adição realizou-se na proporção de 6 g de carbono para cada 1 g de amônia total (AVNIMELECH, 1999).

No sistema de recirculação com os tratamentos BR100, BR200 e BR 300, os camarões foram alimentados com uma dieta comercial contendo, segundo o fabricante, 38 % de proteína bruta (mínimo), 7,5 % de lipídios (mínimo), 13 % de cinzas (máximo) e 10 % de umidade (máximo). A quantidade diária foi fornecida em bandejas teladas, sendo equivalente a 10 % da biomassa de cada microcosmo (JORY et al., 2001), e dividida em três vezes ao dia às 08:00, 15:00 e 20:00 h. Semanalmente, 15 camarões eram capturados aleatoriamente de cada unidade experimental, pesados (balança de precisão de 0,01 g) e repostos às respectivas estruturas. Com base nas biometrias, realizou-se o ajuste da quantidade de ração fornecida aos camarões dos tratamentos BR100, BR200 e BR300.

O monitoramento da qualidade da água foi realizado diariamente às 08:00 e 15:00 h, através da coleta de dados de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e salinidade (YSI modelo Proplus, Bernauer Aquacultura). Diariamente, também foram coletadas amostras para análise de amônia total (KOROLEFF & PALMORK, 1972). Já a transparência da água, foi mensurada uma vez por semana, através do disco de Secchi. Além disso, amostras da água dos macrocosmos foram coletadas duas vezes por semana para análise de nitrito (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983), ortofosfato (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983) e alcalinidade (APHA, 1998). O volume de bioflocos foi mensurado duas vezes por semana pelo cone graduado Imhoff, a fim de determinar a concentração dos sólidos totais sedimentáveis (mL/L).

Amostras de 100 mL da água dos tanques macrocosmos foram coletadas aos 14 e 44 dias de estudo, e fixadas com 4 % de formaldeído, para posterior avaliação preliminar da composição dos microorganismos nos bioflocos. A análise em laboratório consistiu na tomada de três sub-amostras de 0,05 mL e observações com 400 e 100 x de aumento total em microscópio óptico (CH30, Olympus) para identificação e contagem do zooplâncton, respectivamente. A contagem das microalgas foi realizada através de quatro sub-amostras em câmara de Neubauer (aumento total de 400 x). Adicionou-se lugol (2 %) às amostras, para facilitar a visualização dos microorganismos, que foram identificados ao nível de táxon mais baixo possível, com o auxílio de chaves de identificação (GRIFFITH, 1967; NEEDHAM, 1973; PALMER, 1977).

Ao final de 60 dias experimentais, o número de camarões e seus pesos individuais

foram verificados para cada unidade experimental. A avaliação do desempenho zootécnico dos juvenis de *L. schmitti* foi realizada através dos índices de sobrevivência, conversão alimentar aparente, ganho de peso, taxa de crescimento específico e produtividade, calculados usando as seguintes fórmulas:

Sobrevivência (%) = (número final de animais/número inicial de animais)*100

Conversão alimentar aparente = Quantidade de ração fornecida (g)/Ganho de biomassa (g)

Ganho de peso (g) = peso final médio – peso inicial médio

Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(média de peso final - média de peso inicial)*100]/dias de experimento

Produtividade (g/m²) = biomassa (g)/ área de criação utilizada (m²)

Os bioflocos foram filtrados da água do macrocosmo (malha de 50 µm), secos em estufa (60° C) até atingirem pesos constantes, e posteriormente congelados. Todos os camarões sobreviventes e os bioflocos dos tratamentos BR foram submetidos à análise de composição proximal quanto aos teores de proteína bruta, cinzas, lipídio total e umidade (FOLCH; LEES & SLOANE-STANLEY, 1957; AOAC, 2000) no Laboratório de Tecnologia de Pescado da FIPERJ. As análises das composições proximais dos bioflocos e camarões nos tratamentos em que os animais foram criados com bioflocos como alimento exclusivo (B), foram inviabilizadas devido à elevada mortalidade e conseqüentemente pequena quantidade coletada.

Para realização da análise estatística, a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias, premissas da Análise de Variância, foram analisadas através do teste de Cochran e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, os índices zootécnicos foram analisados pela ANOVA – two way. Enquanto, os parâmetros de qualidade de água e a composição proximal dos bioflocos e do tecido do camarão foram analisados pela ANOVA – one way. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram identificadas através do teste de Tukey, e consideradas significativas em nível de 5 % de probabilidade. Os dados em porcentagem (sobrevivência e taxa de crescimento específico) foram transformados em arco-seno da raiz quadrada antes de serem analisados (ZAR, 1996), mas somente os dados originais são apresentados. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistica 7.0.

3 RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade de água monitorados durante o período do presente estudo podem ser observados na Tabela 1. Não foram verificadas diferenças significativas na temperatura e salinidade da água entre os diferentes tratamentos (p>0,05). A concentração de oxigênio dissolvido e o pH foram significativamente diferentes entre os tratamentos (p<0,05), sendo que esses dois parâmetros apresentaram menores valores no tratamento em que os camarões foram alimentados com bioflocos mais ração comercial (BR). Já a transparência da água foi maior nos tratamentos B comparado aos tratamentos BR (p<0,05). Quanto ao volume de bioflocos, os valores foram significativamente maiores nos tratamentos BR (p<0,05).

Tanto os compostos nitrogenados inorgânicos (amônia total e nitrito), quanto o ortofosfato e alcalinidade não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p>0,05$).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) monitorados na criação de *L. schmitti* durante o período experimental.

Parâmetros	BR	B	Valor F	Valor P
Temperatura manhã (° C)	26,21±0,79	25,80±3,59	1	0,2452
Temperatura tarde (° C)	28,00±3,79	28,51±1,41	1,2	0,2834
Salinidade	33±1,50	33±1,00	2,13	0,1205
Oxigênio dissolvido manhã (mg/L)	6,35±0,42 ^b	6,59±0,31 ^a	182,9	0,0001
Oxigênio dissolvido tarde (mg/L)	6,39±0,32 ^b	6,54±0,35 ^a	45,3	0,0002
pH manhã	7,88±0,40 ^b	8,10±0,44 ^a	113,8	0,0001
pH tarde	7,91±0,32 ^b	8,12±0,41 ^a	518	0,0001
Amônia total (mg/L)	0,73±0,93	0,77±0,93	1,15	0,5192
Nitrito (mg/L)	0,17±0,19	0,18±0,19	0,01	0,9124
Fosfato (P-PO ₄ ³⁻ mg/L)	4,24±3,05	3,20±3,04	5,59	0,0676
Alcalinidade (CaCO ₃ mg/L)	96,93±46,48	98,93±21,36	1,29	0,8661
Volume de bioflocos (mL/L)	5,17±2,60 ^a	0,42±0,80 ^b	42,34	0,0001
Transparência da água (cm)	18,62±3,14 ^b	25,16±4,09 ^a	32,90	0,0001

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P<0,05$). Tratamentos: BR, sistema BFT com bioflocos e ração; B, sistema BFT com bioflocos.

A composição proximal do tecido dos camarões criados no sistema BFT com bioflocos mais ração (BR) variou entre as densidades de estocagem avaliadas (Tabela 2), porém não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$). O menor teor de proteína bruta (16,05 %) no tecido dos juvenis *L. schmitti* foi encontrado no tratamento BR100. O conteúdo de cinzas variou no tecido do camarão entre 1,65 % no tratamento BR300 e 2,29 % no tratamento BR200. Já o teor de lipídio variou de 0,85 a 2,15 % na composição proximal do tecido do camarão criados nas diferentes densidades, sendo que os maiores níveis foram encontrados nos camarões do tratamento BR100. Foi encontrada diferença significativa entre a composição proximal do tecido dos camarões *L. schmitti* e dos bioflocos formados durante o período de estudo ($p<0,05$), sendo os níveis de proteína, lipídio e cinzas superiores na composição dos bioflocos.

Tabela 2. Composição proximal do tecido do camarão *L. schmitti* (C) e dos bioflocos produzidos no sistema BFT com bioflocos e ração (BR) em diferentes densidades de estocagem (100, 200 e 300 camarões/m²) ao final de 60 dias de estudo.

	Proteína bruta (% MS)	Lipídio bruto (% MS)	Cinzas (% MS)	Matéria úmida (%)
C100	16,05 ^b	2,15 ^b	1,84 ^b	80,22 ^a
C200	16,40 ^b	0,85 ^b	2,29 ^b	80,30 ^a
C300	17,08 ^b	0,90 ^b	1,65 ^b	79,29 ^a
Bioflocos	29,22 ^a	3,13 ^a	44,04 ^a	11,98 ^b
Valor F	51,741	14,062	5370,259	864,56
Valor P	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000

MS, matéria seca. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ($P < 0,05$).

Na formação microbiológica dos bioflocos, os protistas autotróficos foram representados principalmente pelas diatomáceas (*C. gracilis*, *Skeletonema* sp. e *Denticula* sp.), clorófitas (*Tetraselmis chuii*) e cianobactérias (*Phormidium* sp. e *Lyngbya* sp.). Dentre esses grupos de organismos autotróficos, as diatomáceas foram as mais abundantes, tanto nos tratamentos onde a ração foi disponibilizada ($39,60 \times 10^3$ células/mL) quanto nos tratamentos onde os camarões se alimentaram somente de bioflocos ($60,31 \times 10^3$ células/mL). Nos tratamentos B, a densidade de diatomáceas foi 34,34 % superior à encontrada nos tratamentos BR (Figura 1). Avaliando a variação temporal das densidades dos grupos de organismos autotróficos, pode ser observado que a densidade de cianobactérias permaneceu constante nos tratamentos com bioflocos e ração, enquanto as diatomáceas reduziram em 85,58 % (Figura 1A). Já no sistema BFT onde os camarões tiveram como alimento exclusivamente os bioflocos, a redução na densidade de diatomáceas e cianobactérias foram de 90,51 % e 36,97 % aos 44 dias, respectivamente (Figura 1B).

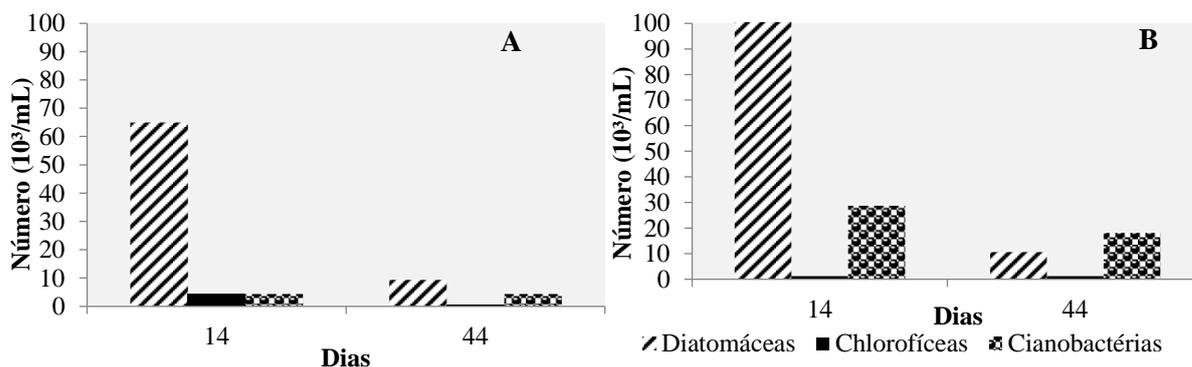


Figura 1. Densidade de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT de juvenis de *L. schmitti*, alimentados com bioflocos mais ração (A) e com bioflocos (B) aos 14 e 44 dias de estudo

A análise microscópica dos bioflocos permitiu identificar a presença de dois grupos de organismos heterotróficos: nematódeos e protozoários ciliados (*Euplotes* sp., *Vorticella* sp. e *Diophrys* sp.) A maior densidade de protozoários foi observada no sistema em que os camarões tiveram os bioflocos e a ração disponibilizada na alimentação, sendo cerca de 54,20 % superior aos tratamentos nos quais os bioflocos foram o alimento exclusivo (Figura 2). Ao contrário, os nematódeos foram mais representativos no sistema de criação em que os

camarões tiveram os bioflocos como a única fonte alimentar. Assim como verificado para os organismos autotróficos, uma variação na densidade dos microorganismos heterotróficos foi observada durante o decorrer do estudo. Nos tratamentos em que os camarões foram alimentados com bioflocos e ração, um aumento de 14,75 % na densidade de protozoários ocorreu aos 44 dias de estudo (Figura 2A). Nos mesmos tratamentos, a presença de nematódeos na constituição dos bioflocos somente foi notada ao final do período experimental. Já nos tratamentos em que os camarões foram criados com os bioflocos como a única fonte alimentar, tanto a densidade dos protozoários como os nematódeos apresentaram uma redução aos 44 dias experimentais (Figura 2B). A densidade de protozoários apresentou uma queda de 63,64 %, enquanto, a redução da densidade de nematódeos foi de 60,01 %. Em geral, após a formação dos bioflocos (14 dias), a diatomácea foi o grupo mais abundante na constituição dos bioflocos formados em ambos os tratamentos. Enquanto, no final do estudo (44 dias), a cianobactéria foi o grupo mais representativo também nos dois tratamentos.

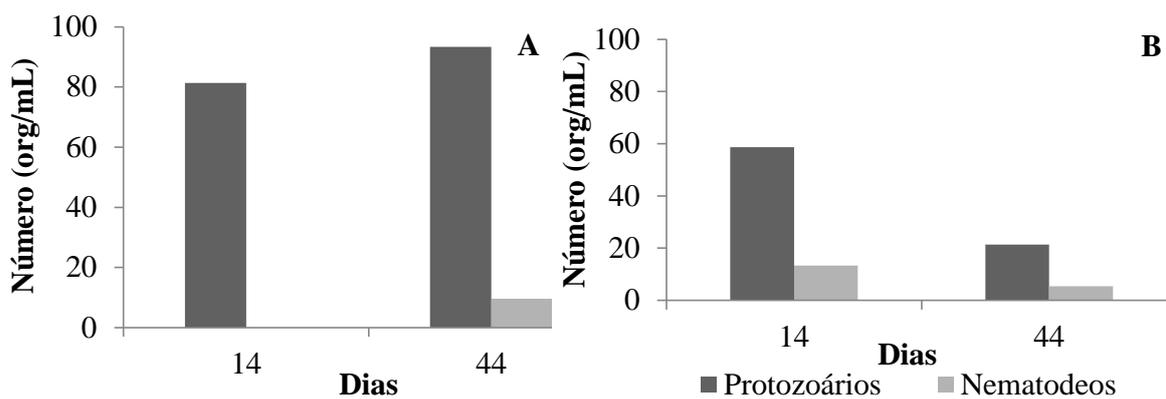


Figura 2. Densidade de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos em sistema BFT de juvenis de *L. schmitti*, alimentados com bioflocos mais ração (A) e com bioflocos (B) aos 14 e 44 dias de estudo.

Não houve diferença significativa para a interação dos fatores alimentação (bioflocos e bioflocos com ração) e densidade de estocagem para ambos os tratamentos ($p > 0,05$), sendo encontrada apenas diferença significativa ($p < 0,05$) no desempenho zootécnico com relação aos fatores independentes alimentação e densidade de estocagem (Tabela 3). O desempenho zootécnico foi superior para o camarão *L. schmitti* criado em sistema BFT com bioflocos e adição de ração, o que pode ser constatado através dos maiores valores de peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico e sobrevivência dos camarões criados nesses tratamentos (Tabela 4).

Quanto à densidade de estocagem, somente a produtividade apresentou diferença significativa entre as diferentes densidades avaliadas ($p < 0,05$). A produtividade tendeu a uma superioridade com o aumento da densidade estocagem utilizada, apresentando nos tratamentos BR300 uma superioridade de 24,01 % em relação à densidade de 200 camarões/m² e de 65,90 % em relação à densidade de 100 camarões/m². Os demais índices zootécnicos foram semelhantes dentro das diferentes densidades de estocagem avaliadas. Para os camarões alimentados com bioflocos mais ração, o ganho de peso apresentou uma superioridade de 7,86 % na menor densidade de estocagem (100 camarões/m²) comparada à maior densidade (300 camarões/m²). A conversão alimentar se elevou à medida que a densidade de estocagem aumentou, apresentando o melhor resultado ($3,76 \pm 0,04$) na densidade de 100 camarões/m².

Tabela 3. Resultados da Análise de Variância dos índices zootécnicos de *L. schmitti* criados em sistema BFT alimentados com bioflocos (B) e com bioflocos mais ração (BR).

Índices Zootécnicos	Valor F			Valor P		
	A	D	A x D	A	D	A x D
Peso final (g)	284,281	1,607	0,595	0,000	0,241	0,567
Ganho de peso (g)	374,996	1,189	0,533	0,074	0,000	0,338
TCE (%/dia)	50,660	0,710	0,545	0,000	0,331	0,593
Conversão alimentar		0,007		–	0,992	–
Produtividade (g/m²)	284,281	1,607	0,595	0,000	0,001	0,479
Sobrevivência (%)	1384,57	0,679	0,561	0,000	0,597	0,547

A, Efeito da alimentação; D, Efeito das densidades de estocagem; A x D, Efeito da interação da alimentação e densidade de estocagem. TCE, taxa de crescimento específico.

Nos tratamentos B, como os camarões tiveram como fonte alimentar apenas os bioflocos, o índice conversão alimentar não foi calculado.

A sobrevivência dos camarões entre os tratamentos BR e B apresentou uma ampla variação, como observado na densidade de 100 camarões/m², com um valor máximo de 82,61 % e mínimo de 8,70 % nos tratamentos BR e B, respectivamente. A sobrevivência reduzida de juvenis de *L. schmitti* nos tratamentos, que não receberam ração como alimento fez com que a criação nesses tratamentos fosse finalizada no 44º dia de estudo. O peso ao final de 60 dias de estudo foi similar entre os tratamentos BR, atingindo 1,82 g na densidade de 100 camarões/m² e 2,11 g na densidade de 200 camarões/m². Entre os tratamentos B, o ganho de peso foi notavelmente inferior durante o período experimental, sendo o menor peso final de 0,72 g obtido dos camarões criados na densidade de 100 camarões/m² e o maior peso de 0,86 g dos camarões na densidade de 300 camarões/m² aos 44 dias de estudo.

Tabela 4. Índices zootécnicos de juvenis de *L. schmitti* ($0,57\pm 0,26$ g) criados em sistema BFT nos tratamentos B durante aos 44 dias e BR durante os 60 dias de estudo.

Densidades	B			BR		
	100	200	300	100	200	300
Índices						
Peso final (g)	$0,72\pm 0,01^b$	$0,76\pm 0,12^b$	$0,86\pm 0,09^b$	$1,82\pm 0,07^a$	$2,11\pm 0,25^a$	$1,84\pm 0,19^a$
Ganho de peso (g)	$0,11\pm 0,05^b$	$0,21\pm 0,14^b$	$0,30\pm 0,12^b$	$1,40\pm 0,14^a$	$1,45\pm 0,17^a$	$1,29\pm 0,12^a$
TCE (%/dia)	$0,27\pm 0,07$	$0,49\pm 0,33$	$0,71\pm 0,30$	$2,51\pm 0,26^a$	$2,59\pm 0,30^a$	$2,30\pm 0,21^a$
Conversão alimentar	-	-	-	$3,76\pm 0,59^a$	$4,22\pm 0,40^a$	$4,27\pm 0,68^a$
Produtividade (g/m²)	$6,23\pm 1,09^{Cb}$	$13,42\pm 6,90^{Bb}$	$12,03\pm 2,92^{Ab}$	$151,34\pm 8,31^{Ca}$	$337,33\pm 29,26^{Ba}$	$443,91\pm 57,19^{Aa}$
Sobrevivência (%)	$8,70\pm 3,64^b$	$8,70\pm 2,21^b$	$4,83\pm 3,35^b$	$82,61\pm 8,65^a$	$79,71\pm 9,48^a$	$80,19\pm 4,85^a$

TCE, taxa de crescimento específico. Tratamentos: B, sistema BFT com bioflocos; BR, sistema BFT com bioflocos e ração. Letras diferentes minúsculas e maiúsculas indicam diferenças significativas em relação à alimentação (bioflocos e bioflocos mais ração) e densidades de estocagem, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de Água

A manutenção dos parâmetros de qualidade de água dentro das faixas ideais ou no mínimo de tolerância para a espécie produzida é de fundamental importância, visto que os fatores físicos e químicos da água podem interferir diretamente no desempenho e sobrevivência dos organismos aquáticos (VINATEA, 1997).

A temperatura da água afeta diretamente o metabolismo dos camarões marinhos, bem como o seu consumo alimentar e conseqüentemente o crescimento dos mesmos (VAN WYK & SCARPA, 1999). Durante o período do estudo, a temperatura não apresentou grandes flutuações entre o período da manhã (8:00 h) e o período da tarde (15:00 h), permanecendo próximo aos níveis ideais para a criação de camarões peneídeos (28 a 32° C), em ambos os tratamentos experimentais. Assim como a temperatura, a salinidade também é um dos parâmetros de qualidade de água importante para os organismos aquáticos (VINATEA, 1997). No presente estudo, a salinidade média em ambos os tratamentos foi mantida próximo a 33, através da adição periódica de água doce, permanecendo dentro da faixa considerada ideal (0,5 a 35) para a criação (VAN WYK & SCARPA, 1999).

Da mesma forma que a salinidade, as concentrações de oxigênio dissolvido permaneceram dentro da faixa considerada adequada para a criação de camarões peneídeos (entre 5 e 9 mg/L) (VAN WYK & SCARPA, 1999). Nos tratamentos com alimentação à base de bioflocos mais ração, as concentrações de oxigênio dissolvido foram inferiores em relação aos tratamentos com bioflocos, provavelmente, devido à densidade mais elevada de organismos heterotróficos e de camarões (maior sobrevivência) nesses tratamentos, o qual exigiu uma demanda maior do gás para os processos respiratórios. Com relação ao pH esteve dentro da faixa aceitável (entre 7 e 9) para o crescimento de camarões marinhos e apresentou valores próximos, principalmente nos tratamentos BR, da faixa de 7,2 a 7,8, a qual favorece o desenvolvimento das bactérias nitrificantes, que atuam na manutenção da qualidade da água (VAN WYK & SCARPA, 1999). Os valores de pH mais baixos encontrados no sistema de bioflocos com fornecimento de ração, pode ser explicado pelo volume de bioflocos superior e conseqüentemente uma maior taxa respiratória pelos organismos heterotróficos nesses tratamentos (WASIELESKY et al., 2006).

Os sistemas de criação intensivos são geralmente associados à maior produção e acúmulo de compostos nitrogenados inorgânicos, e a conseqüente necessidade de utilização de técnicas para sua remoção (AVNIMELECH, 1999). Amônia total e nitrito devem ser mantidos em concentrações abaixo de 3,95 e 25,7 mg/L, respectivamente, em criação de *L. vannamei*. Concentrações acima das estipuladas podem afetar negativamente o crescimento e a saúde dos camarões (VAN WYK & SCARPA, 1999; LIN & CHEN, 2001; LIN & CHEN, 2003). Apesar de existir diferenças de toxicidade com relação às fases do ciclo de vida e entre espécies de camarões, as concentrações dos compostos nitrogenados inorgânicos mantiveram-se dentro da faixa recomendável, provavelmente não interferindo no crescimento e na sobrevivência de *L. schmitti* no presente estudo. A manutenção dos compostos nitrogenados inorgânicos dentro das faixas de segurança nesse estudo demonstra a eficiência do processo de assimilação dos nitrogenados inorgânicos, para formação da biomassa bacteriana heterotrófica em sistema BFT, favorecendo a manutenção da qualidade de água (AVNIMELECH, 1999).

Além disso, os organismos autotróficos presentes nos bioflocos também podem ter auxiliado na manutenção da boa qualidade de água de produção, através da assimilação de nitrogênio e fósforo acumulados no sistema, para a construção de novas células (KHATOON

et al., 2007). Embora as concentrações de fósforo não tenham apresentado diferença significativa entre os tratamentos, verificou-se um maior acúmulo nos tratamentos com ração. E de acordo com Penaflorida (1999), o acúmulo de fósforo durante a criação ocorre pela decomposição das fezes excretadas e da ração não consumida, explicando assim o maior acúmulo desse nutriente nos tratamentos BR.

De acordo com Furtado; Poersch & Wasielesky (2011), em sistemas de produção sem troca de água existe uma tendência à diminuição da alcalinidade devido ao processo de transformação de nitrogênio amoniacal em biomassa microbiana heterotrófica. No presente estudo, a alcalinidade também diminuiu durante o período experimental em ambos os tratamentos, apresentando valores médios abaixo do recomendável para sistemas com troca de água limitada (100 a 150 mg CaCO₃/L) (EBELING; TIMMONS & BISOGNI, 2006). Nos tratamentos BR, a alcalinidade apresentou valores abaixo do recomendado a partir do 34º dia de estudo e nos tratamentos B, somente a partir do 39º dia.

O volume de bioflocos aferido foi significativamente diferente entre os tratamentos, sendo uma maior concentração verificada para os tratamentos em que os camarões foram criados em sistema BFT com bioflocos e ração. A maior formação de bioflocos nos tratamentos BR, possivelmente está relacionada à maior disponibilidade de nutrientes lixiviados da ração fornecida para os camarões, favorecendo o desenvolvimento de microorganismos. Além disso, Avnimelech (2007) afirmou que uma diminuição do volume de bioflocos durante a criação, pode ocorrer devido ao seu consumo pelos organismos produzidos. Portanto, os menores volumes de bioflocos observados nos tratamentos B, sugerem um maior consumo pelos camarões dos tratamentos sem fornecimento de ração, pelo fato de ter sido a única fonte de alimento disponível. Em geral, os volumes de bioflocos apresentaram-se dentro do valor recomendado de até 10 mL/L para o sistema BFT (SAMOCHA et al., 2007).

4.2 Composição Proximal dos Camarões e dos Bioflocos

No presente estudo, os valores da composição proximal obtidos para *L. schmitti* foram semelhantes aos encontrados por outros autores, que também trabalharam com produções de camarão em sistema BFT. Wasielesky et al. (2006) avaliaram a composição proximal do tecido do camarão *L. vannamei* criado em sistema BFT na densidade de 300 camarões/m², e encontraram níveis de 18,51, 1,86, 0,34 e 76,31 % para proteína bruta, lipídio bruto, cinzas e umidade, respectivamente, em camarões juvenis alimentados com uma ração contendo 35 % de proteína bruta. Já Tacon et al. (2002) para a mesma espécie criada na densidade de 55 camarões/m², registraram variações de 17,86 a 19,82 % de proteína bruta, 1,41 a 1,67 % de lipídio bruto, 2,51 a 2,88 % de cinzas e 73,89 a 76,65 % de umidade no tecido dos camarões.

O alto valor nutritivo dos bioflocos já foi demonstrado através de análises de sua composição bioquímica em diversos estudos (JU et al., 2008; KUHN et al., 2009; EMERENCIANO et al., 2012.) Os níveis elevados de proteína, ácidos graxos poli-insaturados e lipídios são considerados os parâmetros nutricionais mais importantes determinando a importância e viabilidade da utilização dos bioflocos como alimento dentro da aquicultura (DE SCHRYVER et al., 2008). No presente estudo, os bioflocos apresentaram um valor médio de proteína bruta de 29,22 %, semelhante ao encontrado por alguns pesquisadores (TACON et al., 2002; WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012) e inferior a outros, que encontraram níveis acima de 40 % (JU et al., 2008; KUHN et al., 2009). Emerenciano et al. (2012) relataram que os bioflocos produzidos durante a criação de *F. brasiliensis* continham 30,4 % de proteína bruta e foi suficiente para suportar o crescimento de pós-larvas da espécie sem a suplementação de ração

por 30 dias. Ju et al. (2008) associaram a dominância de grupos de microalgas ao nível de proteína bruta, e encontraram um maior nível em bioflocos com dominância de clorofíceas (41,9 %) comparado ao de diatomáceas (26 – 34,2 %). No presente estudo, as diatomáceas foi o grupo mais abundante, e os valores de conteúdo de proteína bruta foram próximos (29,22 %) aos registrados por Ju et al. (2008). O teor de cinzas dos bioflocos formado neste estudo foi alto e semelhante ao encontrado em outros estudos com sistema BFT (WASIELESKY et al., 2006; EMERENCIANO et al., 2007, 2012). Wasielesky et al. (2006) relacionaram o alto teor de cinzas a maior quantidade de matéria fecal do camarão, devido à alta densidade empregada na criação (300 camarões/m²), semelhante às utilizadas neste estudo. Já os níveis de lipídios foram superiores, aos valores abaixo de 1 % encontrados por Wasielesky et al. (2006), Ballester et al. (2010), Emerenciano et al. (2012); e aos valores entre 1,2 a 2,3 % encontrado por Ju et al. (2008), possivelmente relacionado a elevada densidade de protozoários e nematódeos nos bioflocos (SILVA et al., 2008)

Estudos nutricionais realizados com camarões *L. schmitti* determinaram que os requerimentos nutricionais de juvenis são atendidos com uma dieta contendo entre 25 e 35 % de proteína bruta e entre 6 a 8 % de lipídios (GALINDO et al., 1992; PARRA & HERNANDEZ, 1992). Portanto, a composição bioquímica dos bioflocos produzidos nos tratamentos BR pode ter contribuído de forma significativa para suprir parte das exigências nutricionais dos juvenis da espécie.

4.3 Composição Microbiana dos Bioflocos

O valor nutricional dos bioflocos é diretamente associado à constituição bioquímica dos microorganismos, o que torna interessante a avaliação da sua composição microbiológica. Silva et al. (2008) ao avaliarem a qualidade nutricional do biofilme (formação de um complexo de microorganismos sob uma matéria orgânica aderida a superfície submersa) encontraram uma correlação entre a presença de diatomáceas e nematódeos e o nível de proteína bruta do biofilme formado em tanques-rede. Segundo esses mesmos autores, um maior número de microorganismos como nematódeos, protozoários, cianobactérias filamentosas e bactérias heterotróficas, contribuiu para elevar o nível de lipídios do biofilme.

As microalgas são consideradas importantes para a nutrição de camarões pelo seu elevado valor nutricional e pela habilidade de síntese e acúmulo de grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados (PATIL et al., 2007). No presente estudo, o grupo das diatomáceas foi a que apresentou a maior abundância entre os organismos autotróficos. A inoculação da diatomácea *C. gracilis* no início do estudo contribuiu para a dominância de diatomáceas na formação dos bioflocos. Essa microalga é considerada adequada para criação na aquicultura pelo tamanho, taxa de crescimento e características nutricionais (RENAULD; VAN THINH & PARRY, 1999). A dominância de diatomáceas é desejável durante a criação devido ao fato de proporcionar um maior crescimento aos camarões (RAY et al., 2010).

Cianobactérias foi outro grupo de organismo autotrófico representativo no presente estudo. Entretanto, essas possuem diversas características negativas, devido a algumas espécies produzirem substâncias tóxicas letais, que podem diminuir o crescimento ou provocar mortalidades, além de desencadear problemas respiratórios pela obstrução das brânquias e por conferirem sabores desagradáveis aos organismos produzidos (ALONSO-RODRIGUEZ & PAES-OSUNA, 2003). Apesar disso, esses organismos possuem altos níveis de lipídios e ácidos graxos (KUMARLY; DA JONES & EAST, 1989) e podem auxiliar na manutenção da qualidade da água (KHATOON et al., 2007). Embora a presença de cianobactérias não seja desejável, ela é geralmente encontrada na formação dos bioflocos (JU et al., 2008; EMERENCIANO et al., 2012). Ballester et al. (2010) verificaram que

cianobactérias filamentosas apresentaram um papel estrutural na formação dos bioflocos, concordando com as observações microscópicas do presente estudo, onde foi constatada a inserção de cianobactérias filamentosas no interior dos bioflocos. Nos tratamentos em que os camarões foram mantidos somente com bioflocos foi observada uma densidade superior de cianobactérias. Já a clorofíceas foi o grupo menos abundante, mas são consideradas de menor importância nutricional, por não serem efetivamente consumidas pelo zooplâncton e pelos camarões (BOYD, 1989).

Os organismos autotróficos, em geral, foram mais abundantes nos tratamentos sem o fornecimento da ração para os camarões. As variações temporais na composição desses organismos podem ocorrer em resposta às condições ambientais como a intensidade de luz, concentração de nutrientes dissolvidos e temperatura (BURFORD, 1997). Nesse estudo, a transparência da água diminuiu principalmente nos tratamentos BR, onde a produção de bioflocos foi superior, desfavorecendo o crescimento das algas. A estrutura da cadeia alimentar também é um fator, que provoca mudanças na composição e abundância dos microorganismos. Os microorganismos formam uma cadeia trófica com transferência de energia até atingir o maior consumidor do sistema, que neste caso é o camarão. As bactérias e microalgas são consumidas por protozoários e nematódeos, e por sua vez, os protozoários são fonte alimentar de organismos metazoários, como nematódeos e rotíferos (DECAMP et al., 2007; RAY et al., 2010). A diminuição da abundância de organismos autotróficos nos tratamentos em que os juvenis de *L. schmitti* foram alimentados com ração pode estar relacionada com o aumento da densidade de protozoários e nematódeos no decorrer do período de estudo.

Semelhante a outros estudos, um maior número de protozoários foi verificado entre os diversos microorganismos constituintes dos bioflocos (BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012). E de acordo com Thompson; Abreu & Wasielesky (2002), a elevada abundância de protozoários pode contribuir para o melhor desempenho dos camarões criados no sistema BFT. Já Decamp et al. (2007) encontraram abundância elevada desse microorganismo de até 6258 células/mL em sistema BFT de *L. vananmei*.

Por sua vez, os nematódeos também são organismos considerados nutritivos para camarões e seu uso na dieta da fase larval de peneídeos demonstrou bons resultados (BIEDENBACH et al., 1989; KUMLU & FLETCHER, 1997). O perfil nutricional de nematódeos foi comparável ao de *Artemia* em relação ao conteúdo de lipídios, proteína, carboidratos e aminoácidos essenciais (BIEDENBACH et al., 1989).

No presente estudo, variações temporais nas densidades dos microorganismos foram observadas dentro dos mesmos tratamentos e entre os tratamentos. Segundo Decamp et al. (2007), a composição da biota natural no sistema de bioflocos pode ser afetada pelo aumento da pressão de predação, principalmente em altas densidades de estocagem, devido às alterações na qualidade de água, provocadas pelo acúmulo de resíduos metabólicos dos camarões e a lixiviação da ração ofertada em grande quantidade em sistema intensivo.

4.4 Desempenho Zootécnico dos Juvenis de *L. schmitti*

No presente estudo, os juvenis de *L. schmitti* criados nos tratamentos sem a ração como fonte alimentar, apesar da baixa sobrevivência apresentaram um ganho de peso até a 4ª semana de estudo, sugerindo que estes podem ter consumido os bioflocos. Além disso, o volume inferior de bioflocos produzido nestes tratamentos também sugere o consumo destes pelos camarões.

Concordando com os resultados obtidos neste estudo, Wasielesky et al. (2006) ao avaliarem o crescimento de juvenis de *L. vannamei*, comparando a criação em sistema BFT,

com e sem ração, encontraram a menor sobrevivência e ganho de peso para os camarões sem a ração na alimentação, após 20 dias de estudo. Também, Emerenciano et al. (2007) criando pós-larvas de *F. paulensis* em sistema BFT, com e sem ração, obtiveram pós-larvas com um menor ganho de peso quando produzidas sem a ração em sua alimentação. Porém, ao contrário do presente estudo, não encontraram diferenças significativas com relação à sobrevivência. Mas, Emerenciano et al. (2012) relacionaram a menor sobrevivência de pós-larvas de *F. brasiliensis* no sistema BFT sem adição de ração, à ocorrência da prática de canibalismo entre os camarões. O canibalismo é um comportamento comum em situação de estresse como a produção intensiva, e possivelmente contribuiu para a redução da sobrevivência dos camarões *L. schmitti* mantidos somente com bioflocos durante o presente estudo. Fugimura (2009) ao criar juvenis de *L. schmitti* ($0,38 \pm 0,09$ g) em uma densidade de 220 camarões/m² em sistema de água clara, ao final de 42 dias, obteve camarões com crescimento inferior aos do presente estudo criados em sistema BFT com ração e estocados em densidade semelhante de 200 camarões/m² (ganho de peso de 0,38 g e taxa de crescimento específico de 0,85 %/dia). Esse fato fortalece a idéia de que assim como para outras espécies de peneídeos, os bioflocos contribuíram com o crescimento de *L. schmitti* cultivados em sistema BFT com adição de ração.

De acordo com Maguire & Leedow (1983), a contribuição da produtividade natural para atender os requerimentos nutricionais dos camarões, provavelmente diminui à medida que se eleva a densidade de estocagem empregada na produção. Em produções extensivas, o alimento natural produzido nos tanques, suplementado com pequena quantidade ou sem ração, pode atender a demanda nutricional e permitir o crescimento do camarão peneídeo por algumas semanas (RUBRIGHT et al., 1981; ALLAN; MORIARTY & MAGUIRE, 1995; FRAGA et al., 2002). De acordo com Lanari et al. (1989) o alimento natural produzido em viveiros fertilizados poderia permitir o crescimento de *M. japonicus* por até 40 dias, quando criados com densidade de estocagem de 3 camarões/m². E segundo Allam; Moriarty & Maguire (1995), ao criarem juvenis de *Penaeus monodon* em uma densidade de 15 camarões/m², com alimento natural disponível observaram uma diminuição no crescimento somente após 1 mês. Já em produção extensiva de juvenis de *L. schmitti*, Fraga et al. (2002) estimaram que a contribuição do alimento natural para o crescimento do camarão foi entre 58,2 e 87,9 %. Os últimos autores encontraram uma alta relação entre a densidade de estocagem e a abundância de microorganismos, devido ao aumento da pressão de predação exercida pelos camarões criados em maiores densidades. Em alguns estudos, a redução no crescimento do camarão foi associada a essa diminuição da abundância de microorganismos, devido à predação exercida pelos camarões (RUBRIGHT et al., 1981; LANARI; BALLESTRAZZI & TIBALDI, 1989). Neste estudo, não pode ser verificada a variação da abundância de microorganismos nas diferentes densidades de estocagem de criação de *L. schmitti*, devido à realização do experimento em um sistema de recirculação de água entre o tanque macrocosmo e as unidades experimentais (microcosmos).

A intensificação dos sistemas de produção através do aumento das densidades de estocagem empregadas tem demonstrado provocar uma redução do crescimento e/ou sobrevivência dos camarões. Diversos fatores influenciam esses efeitos negativos como: a deterioração da qualidade de água (NGA; LQRLING & PEETERS, 2005), estresse animal provocado pela diminuição da disponibilidade do espaço (AGUILAR et al., 2012) e redução das fontes de alimento natural (MAGUIRE & LEEDOW, 1983). No presente estudo, o desempenho zootécnico de juvenis de *L. schmitti* em altas densidades de estocagem não foi afetado pela degradação da qualidade da água, pois, além dos bioflocos terem atuado na manutenção dos níveis adequados dos compostos nitrogenados inorgânicos para a criação, o

experimento foi realizado em sistema de recirculação de água.

Apesar de somente a produtividade ter apresentado diferença significativa, em geral, variações no desempenho zootécnico de juvenis de *L. schmitti* estocados em diferentes densidades foram encontradas e apresentando uma tendência de melhores resultados na menor densidade. Contrariamente, os juvenis de *L. schmitti* alimentados exclusivamente com bioflocos, apresentaram melhor crescimento na maior densidade de estocagem. Nesses tratamentos B, uma expressiva superioridade no ganho de peso de 63,33 % foi encontrada na densidade de 300 camarões/m² com relação à densidade de 100 camarões/m². O fato pode ser explicado pela menor sobrevivência (4,83 %) na densidade de estocagem de 300 camarões/m² comparada às outras densidades (8,7 %). O ganho de peso superior possivelmente está associado ao comportamento de canibalismo mais pronunciado na maior densidade de estocagem, no qual os camarões mortos serviram de fonte alimentar para os sobreviventes.

Os resultados encontrados nesse estudo são semelhantes aos observados por Márquez et al. (2012) em criação em tanques com água clara para pós-larvas de *L. schmitti* (0,08 g) com três densidades de estocagem (8, 20 e 50 camarões/m²). Os autores relataram efeitos negativos da densidade sobre o crescimento e positivo sobre a produtividade. Ao final do estudo, os camarões criados na menor densidade de estocagem (8 camarões/m²) apresentaram o maior crescimento semanal (0,55 g) e menor produtividade (463,2 kg/ha). Fraga et al. (2002) trabalharam em viveiros com juvenis da mesma espécie (0,18 g) nas densidades de estocagem (10, 15, 20 e 25 camarões/m²) e similarmente, observaram o mesmo padrão de redução do crescimento e aumento da produtividade nas maiores densidades de estocagem. Esses autores avaliaram a participação da produtividade natural como alimento para camarões sem acesso a ração e encontraram um crescimento semanal entre 0,44 e 0,72 g para a maior e menor densidade, respectivamente, após 72 dias de criação. Afirmaram que a diferença de 38 % de crescimento entre as densidades de estocagem refletiram o aumento da competição pelo alimento natural na maior densidade e a importância da produtividade natural no crescimento de *L. schmitti*. O crescimento encontrado por estes autores foi expressivamente superior ao encontrado para os juvenis *L. schmitti* criados no presente estudo. As diferenças de crescimento provavelmente estão relacionadas à composição e abundância do alimento natural disponível nos diferentes sistemas de produção e densidades de estocagem utilizadas.

Pesquisas avaliando a densidade de estocagem para outras espécies de camarões peneídeos em sistema BFT resultaram em um padrão semelhante ao observado neste estudo com juvenis de *L. schmitti*. Neal; Coyle & Tidwell (2010) em estudo com juvenis de *L. vannamei* (0,40 g) em sistema BFT estocados em densidades de 182 e 364 camarões/m², encontraram um maior peso final e sobrevivência dos camarões criados na menor densidade após 12 semanas. Já a produtividade apresentou superioridade na maior densidade. Fôes et al. (2011) em criação de pós-larvas de *F. paulensis* com diversas densidades de estocagem (500, 1000, 1500 e 2000 camarões/m²) não encontraram diferenças significativas para a sobrevivência após 30 dias, mas obtiveram maior ganho de peso na menor densidade e produtividade mais elevada na maior densidade. Arnold et al. (2009) ao avaliarem a criação de pós-larvas de *P. monodon* em duas densidades de estocagem (2500 e 5000 camarões/m³) concluíram que o crescimento e sobrevivência não foram afetados pela densidade de estocagem, mas a maior produtividade foi obtida na maior densidade de estocagem empregada.

5 CONCLUSÕES

O desempenho zootécnico dos juvenis de *L. schmitti* obtido no presente estudo demonstrou a possibilidade da criação da espécie em sistema BFT, quando realizada a suplementação alimentar com ração. Os resultados de produtividade e sobrevivência de *L. schmitti* criados em altas densidades de estocagem e alimentados com ração demonstram a viabilidade técnica de sua produção em sistemas intensivos. Entretanto, torna-se necessária a realização de estudos futuros, a fim de verificar a viabilidade econômica da produção em sistema BFT e permitir a melhoria do desempenho zootécnico da espécie.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, V.; RACOTTA, I. S.; GOYTORTÚA, E. et al. The influence of dietary arachidonic acid on the immune response and performance of Pacific whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at high stocking density. **Aquaculture Nutrition**, 18, p. 258-271, 2012
- ALLAN, G. F.; MORIARTY, D. J. W.; MAGUIRE, G. B. Effects of pond preparation and feeding rate on production of *Penaeus monodon* Fabricius, water quality, bacteria and benthos in model farming ponds. **Aquaculture**, 130, p. 329–349, 1995.
- ALONSO-RODRIGUEZ, R.; PAEZ-OSUNA, F. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. **Aquaculture**, 219, p. 317–336, 2003.
- AOAC. **Official methods of analysis**, 17^a Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1998, 1193 p.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: Cnexo, 1983, 395 p.
- ARNOLD, S. J.; COMAN, F. E.; JACKSON, C. J. et al. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: An evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, 293, p. 42 – 48, 2009.
- AVNIMELECH, Y.; KOCHVA, M.; DIAB, S. Development of controlled intensive aquaculture systems with limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. **Israeli Journal of Aquaculture**, 46, p. 119-131, 1994.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, 176, p. 227–235, 1999.
- _____. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, p. 140-147, 2007.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, 16, p. 163- 172, 2010.
- BIEDENBACH, J. M.; SMITH, L. L.; THOMSEN, T. K. et al. Use of nematode *Panagrellus redivivus* as an *Artemia* replacement in a larval penaeid diet. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 20, n. 2, p. 61–71, 1989.
- BOYD, C. E. **Water quality management and aeration in shrimp farming**. Fisheries and Allied Aquacultures Department, Series No. 2, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama Birmingham., 183 p., 1989.

- BURFORD, M. A. Phytoplankton dynamics in shrimp ponds. **Aquaculture Research**, 28, p. 351-360, 1997.
- BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P. et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, 219, p. 393-411, 2003.
- COHEN, J.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M. et al. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, 32, p. 425-442, 2005.
- CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M. et al. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, 41, p. 559-567, 2010.
- D'INCAO, F.; VALENTINI, H.; RODRIGUES, L. F. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. **Atlântica**, v. 24, n. 2, p. 103-116, 2002.
- DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J. et al. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, p. 395 – 406, 2007.
- DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T. et al. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, p. 25–137, 2008.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257, p. 346–358, 2006.
- EMERENCIANO, M. G. C.; WASIELESKY, W. JR.; SOARES, R. B. et al. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, p. 1-7, 2007.
- EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, 43, p. 447–457, 2012.
- FERREIRA, L. M. M. H. M. **Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei***. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura), Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2008.
- FÓES, G. K.; FRÓES, C.; KRUMMENAUER, D. et al. Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities, **Journal of Shellfish Research**, v. 30, n.2, p. 367-373, 2011.
- FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, 226, p. 497-507, 1957.

FRAGA, I.; GALINDO, J.; ARAZOZA, M. et al. Evaluación de niveles de proteína y densidades de siembra en el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. **Revista de Investigaciones Marinas**, v. 3, n. 2, p. 141-147, 2002.

FUGIMURA, M. M. S. **Efeito da temperatura e densidade de estocagem no crescimento e sobrevivência de juvenis de *Litopenaeus schmitti* criado em cativeiro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 45 p, 2009.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. 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**, 231, p. 130-135, 2011.

GALINDO, J.; ALVAREZ, J. S.; FRAGA, I. et al. Influencia de los niveles inclusion de lipidos em dietas para juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*. **Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras**, 17, p. 23-36, 1992.

GREEN, B. W.; SCHRADER, K. K.; PERSCHBACHER, P. W. Effect of stocking biomass on solids, phytoplankton communities, common off-flavors, and production parameters in a channel catfish biofloc technology production system. **Aquaculture Research**, p. 1 – 17, 2012.

GRIFFITH, R. E. **Phytoplankton of Chesapeake Bay**: An illustrated guide to the genera. University of Maryland Natural Resources Institute, 1967, 78 p.

JORY, D. E.; CABRERA, T. R.; DUGGER, D. M. et al. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: **Special Session on Sustainable Shrimp Culture**, 2001, Baton Rouge, L.A. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Baton Rouge, L.A: The World Aquaculture Society, 2001, p. 135.

JU, Z. Y.; FORSTER, I.; CONQUEST, L. et al. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. **Aquaculture Research**, 39, p. 118-133, 2008.

KHATOON, H.; YUSOFF, F. M.; BANERJEE, S. et al. Use of periphytic cyanobacterium and mixed diatoms coated of *Penaeus monodon* Fabricius postlarvae. **Aquaculture**, 271, p. 196-205, 2007.

KUHN, D. D.; BOARDMAN, G. D.; LAWRENCE, A. L. et al. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, 296, p. 51-57, 2009.

KUMARLY, K.; DA JONES, A. B.; EAST, J. Comparative analysis of the growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) larvae, from protozoa I to postlarvae I, on live feeds, artificial diets and combinations of both. **Aquaculture**, 81, p. 27-45, 1989.

KUMLU, M.; FLETCHER, D. J. The Nematode *Panagrellus redivivus* as an alternative live feed for larval *Penaeus indicus*. **Israeli Journal of Aquaculture**, v. 49, n. 12, p., 1997.

KOROLEFF, F.; PALMORK, K. H. **Report on the Ices/Scor Nutrient Intercalibration Experiment**. ICES, C.M. Hydr.Comm, 1972.

- LANARI, D.; BALLESTRAZZI, R.; TIBALDI, E. Effects of fertilization and stocking rate on the performance of *Penaeus japonicus* (Bate) in pond culture. **Aquaculture**, 83, p. 269–279, 1989.
- LIN, Y.C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 259, p. 109–119, 2001.
- LIN, Y. C; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, 224, p. 193–201, 2003.
- MAGUIRE, G.B.; LEEDOW, M. I. A study of the optimum stocking density and feeding rates for school prawns *Metapenaeus macleayi* (Haswell) in some Australian brackish water farming ponds. **Aquaculture**, 30, p. 285-297, 1983.
- MÁRQUEZ, J. E. Q.; ANDREATTA, E. R.; VINATEA, L. et al. Efeito da densidade de estocagem nos parâmetros zootécnicos da criação de camarões *Litopenaeus schmitti*. **Boletim do Instituto de Pesca**, 38, p. 145-153, 2012.
- NAGANO, N.; DECAMP, O. Ingestion of a ciliated protozoa by first-feeding larval stage of Pacific white shrimp, *Litopennaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, 35, p. 516–518, 2004.
- NEAL, R. S., COYLE, S. D.; TIDWELL, J. H. Evaluation of stocking density and light level on the growth and survival of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in zero-exchange systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, n. 4, p. 533-544, 2010.
- NEEDHAM, P. R. **Guias para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuicolas**. 5ª edição, p. 3 – 225, 1973.
- NETO, J. D. Pesca de camarões na costa norte do Brasil. **Atlântica**, 13, p. 21-28, 1991.
- NGA, B. T.; LQRLING, M. PEETERS, E. T. H. M. Chemical and physical effects of crowding on growth and survival of *Penaeus monodon* Fabricius post-larvae. **Aquaculture**, 246, p. 455-465, 2005.
- NOOTONG, K.; PAVASANT, P. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 3, p. 339-346, 2011.
- PALMER, C. M. **Algae and water pollution an illustrated manual on the identification, significance, and control of algae in water supplies and in polluted water**. U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio. 124 pp, 1977.
- PARRA, R.; HERNANDEZ, L. Estudio preliminar de los requerimientos nutricionales de juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti* (Burkenroad). **Boletín Red Acuicultura**, v. 6, n. 1, p. 12-16, 1992.
- PATIL, V.; KÄLLQVIST, T.; OLSEN, E. et al. Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. **Aquaculture International**, 15, p. 1-9, 2007.

- PENAFLOIDA, V. D. Interaction between dietary levels of calcium and phosphorus on growth of juvenile shrimp, *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, 172, p. 281–289, 1999.
- RAY, J. A.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, 299, p. 89–98, 2010.
- RENAULD, S. M.; VAN THINH, L.; PARRY, D. L. The gross chemical composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture. **Aquaculture**, 170, p. 147–159, 1999.
- RUBRIGHT, J. S.; HARRELL, J. L.; HOLCOMB, H. W. et al. Responses of planktonic and benthic communities to fertilizer and feed applications in shrimp mariculture ponds. **Journal of World Mariculture Society**, 12, p. 281–299, 1981.
- SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; COLLINS, C. A. et al. Production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in high-density greenhouse-enclosed raceways using low salinity groundwater. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 15, n. 3-4, p. 1–19, 2004.
- SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, 36: 184–191, 2007.
- SILVA, C. F.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J. et al. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, 15, p. 507-514, 2008.
- TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D. et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, 8, p. 121–137, 2002.
- THOMPSON, F. L.; ABREU, P. C.; WASIELESKY, W. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, 203, p. 263–278, 2002.
- VAN WYK, P.; SCARPA, J. **Water quality and management**. In: Van Wyk, P., M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K.L. Main, J. Mountain & J. Scarpa. *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, pp. 128–138, 1999.
- VINATEA, L.A. **Princípios químicos da qualidade de água em aquicultura**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 166 pp, 1997.
- WASIELESKY, W.; POERSCH; L. H.; JENSEN, L. et al. Effect of stocking density on pen reared pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) (Decapoda, Penaidae). **Nauplius**, v. 9, n. 2, p. 163-167, 2001.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258, p. 396–403, 2006.
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

ZHAO, P.; HUANG, J.; WANG, X-H. et al. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, 354–355, p. 97–106, 2012.

CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DE BAGAÇO DE CEVADA COMO FONTE DE CARBONO ORGÂNICO NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO BRANCO *Litopenaeus schmitti* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

RESUMO

O sistema com bioflocos (BFT) fundamenta-se na formação de agregados microbianos (bioflocos), através da adição de uma fonte de carbono orgânico ao sistema, a fim de manter uma relação ideal de C:N. Todavia, a escolha da fonte de carbono orgânico a ser utilizada na fertilização do sistema é importante por influenciar a composição nutricional dos bioflocos, e deve levar em consideração fatores como custo, disponibilidade local e biodegradabilidade. Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de bagaço de cevada, um subproduto industrial, como fonte de carbono orgânico no sistema BFT, sobre o desempenho zootécnico de juvenis de *Litopenaeus schmitti* (peso inicial de $0,64 \pm 0,36$ g) e compará-lo com outras duas fontes já utilizadas para este fim, o melaço de cana-de-açúcar e a farinha de mandioca. Após 60 dias de estudo, o desempenho zootécnico foi superior para *L. schmitti* criado em sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada. O peso final variou significativamente de 2,07, 2,38 e 2,47 g, respectivamente, para os camarões criados em sistema BFT fertilizados com melaço, farinha de mandioca e bagaço de cevada. As composições nutricional e microbiológica dos bioflocos variaram de acordo com a fonte de carbono, com maiores concentrações de proteína bruta para o melaço e de cinzas para o bagaço de cevada. Os resultados demonstraram a viabilidade do uso de bagaço de cevada para a formação dos agregados microbianos e a manutenção da qualidade de água, apresentando a vantagem de baixo custo comparado às outras fontes.

Palavras-chave: Bioflocos. Fertilização. Desempenho zootécnico.

ABSTRACT

The system BFT bases itself on the formation of microbial aggregates (bioflocs) by adding organic carbon source to the system in order to maintain an optimum ratio of C:N. However, the choice of organic carbon source to be used in the fertilization system is important to influence the nutritional composition of bioflocs and it should take into consideration factors such as cost, local availability and biodegradation. Therefore, the study aimed to evaluate the effect of barley bagasse, an industrial by-product, as a source of organic carbon in BFT system, on the performance of juvenile *Litopenaeus schmitti* (initial weight of 0.64 ± 0.36 g) and compare it with two other sources used for this purpose, sugar cane molasses and cassava flour. After 60 days of study, growth performance was higher for *L. schmitti* grown in BFT system fertilized with barley bagasse. The final weight varied significantly in 2.07, 2.38 and 2.47 g for the shrimp in BFT system fertilized with molasses, cassava flour and barley bagasse, respectively. The nutritional composition and microbiological bioflocs varied according the carbon source, with higher concentrations of crude protein for molasses and ash for the barley bagasse. The results demonstrated the feasibility of barley bagasse for bioflocs formation and maintenance of water quality, with the advantage of low cost when compared to other sources.

Key words: Bioflocs. Fertilization. Zootechnical performance.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia de bioflocos (BFT) é realizada com pouca ou sem renovação de água durante o ciclo de produção e fundamenta-se na formação de agregados (bioflocos), compostos principalmente por microorganismos e matéria orgânica particulada (AVNIMELECH, 2007; CRAB et al., 2009). Os bioflocos auxiliam na manutenção da qualidade de água através do estabelecimento e desenvolvimento de populações de bactérias heterotróficas, autotróficas e microalgas, que realizam a assimilação e nitrificação dos nitrogenados inorgânicos dissolvidos no meio. Estes processos propiciam uma reciclagem e um melhor aproveitamento dos nutrientes presentes no meio de criação pelos organismos produzidos (AZIM & LITTLE, 2008; NOOTONG & PAVASANT, 2011). Além disso, os bioflocos atuam como um suplemento alimentar, permitindo a redução dos custos de produção ao possibilitar o uso de rações com menores níveis de proteína bruta e ainda a redução da quantidade de ração oferecida aos animais em relação ao sistema de criação convencional (SAMOCHA et al., 2007; BALLESTER et al., 2010).

As fontes de carbono orgânico são adicionadas ao sistema BFT para manter uma proporção ideal de Carbono:Nitrogênio (C:N), entre 15:1 a 20:1, (AVNIMELECH, 1999; ASADUZZAMAN et al., 2008), a qual estimula o crescimento e desenvolvimento das bactérias e demais microorganismos, que compõem os bioflocos. As bactérias heterotróficas metabolizam os carboidratos introduzidos, enquanto o nitrogênio inorgânico dissolvido na água de criação é assimilado para formação de novas células (AVNIMELECH, 2006). Diversas fontes de carbono orgânico, como farinha de trigo (MAHANAND; MOULICK & SRINIVASA RAO, 2012), farinha de mandioca (HARI et al., 2004), farinha de milho (ASADUZZAMAN et al., 2010), farelo de arroz (VILANI, 2011; SERRA, 2013), melaço de cana-de-açúcar (SAMOCHA et al., 2007; EMERENCIANO et al., 2012; GODOY et al., 2012) e amido (AVNIMELECH, 2007; CRAB et al., 2009), já foram utilizadas e consideradas eficientes na formação dos bioflocos e na redução dos nitrogenados inorgânicos. Segundo Crab et al. (2010), a fonte de carbono utilizada durante o ciclo de produção apresenta influência direta na composição nutricional dos bioflocos, e estes autores encontraram diferenças nos níveis de proteína bruta, cinzas, carboidratos e ácidos graxos entre os agregados microbianos formados no criação do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, com a utilização de diferentes fontes de carbono tais como: acetato, glicerol e glicose.

A escolha da fonte de carbono a ser utilizada no sistema BFT deve levar em consideração vários aspectos, entre eles o custo, a disponibilidade local, biodegradabilidade e assimilação eficiente pelas bactérias (DE SCHRYVER et al., 2008; EMERENCIANO et al., 2012). Assim, o uso de fontes de baixo valor econômico como os subprodutos industriais torna-se interessante por representar uma diminuição do custo de produção do sistema de bioflocos (DE SCHRYVER et al., 2008). Dentro desse contexto, a utilização de bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico na criação de *Litopenaeus schmitti* em sistema BFT apresenta um grande potencial, por ser o principal subproduto do beneficiamento da cevada pela indústria cervejeira, e pelo seu alto potencial de uso na alimentação, já ter sido comprovado para o camarão peneídeo *Litopenaeus vannamei*, como uma fonte proteica alternativa em dietas formuladas (GADELHA, PRADO & CAVALHEIRO), e para outras espécies animais, como caprinos e suínos, através de melhores desempenhos zootécnicos (VIEIRA & BRAZ, 2009; SILVA et al. 2010).

A espécie nativa *L. schmitti* encontra-se distribuído no Atlântico continental, desde as Antilhas ao sul do Brasil (PÉREZ-FARFANTE & KENSLEY, 1997) e apresenta grande importância para a pesca extrativista. As capturas deste camarão afetam fases diferentes do

seu ciclo de vida, com os adultos sendo capturados pela pesca indústria, enquanto os juvenis, pela pesca artesanal para a comercialização como isca-viva (SANTOS; SEVERINO-RODRIGUES & VAZ-DOS-SANTOS, 2008). Entretanto, o impacto da intensa atividade pesqueira, a degradação dos seus ambientes naturais e a ausência de criação comercial torna importante a realização de estudos com a espécie *L. schmitti* que viabilizem a sua produção a fim de possibilitar ações de repovoamento assim como a comercialização deste camarão.

Portanto, o trabalho teve como objetivo comparar a utilização do bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico no sistema BFT, com outras duas fontes de carbono já utilizadas para este fim, como o melaço de cana-de-açúcar e a farinha de mandioca, através do desempenho zootécnico da espécie *L. schmitti*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação de Biologia Marinha (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), localizada em Itacuruçá, Rio de Janeiro, Brasil (22°55'45.42" S e 43°54'25.13" O). Foram avaliadas três diferentes fontes de carbono orgânico na formação dos bioflocos na criação de *L. schmitti*: bagaço de cevada, farinha de mandioca e melaço de cana-de-açúcar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições, denominados: (1) **BC** – sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada; (2) **FM** – sistema BFT fertilizado com farinha de mandioca e (3) **MC** - sistema BFT fertilizado com melaço de cana-de-açúcar.

Utilizou-se um sistema de criação com recirculação de água independente para cada uma das fontes de carbono orgânico avaliadas. Cada sistema era composto por um tanque de polietileno (1,88 m² de área de fundo), denominado de macrocosmo, mantido com volume útil de 1200 L, ao qual foram interligados cinco tanques menores com volume útil de 80 L e área de fundo de 0,23 m², denominados de microcosmos. O sistema de recirculação de água foi mantido com a utilização de uma bomba submersa (1950 L/h), a qual permitiu uma recirculação de aproximadamente 65 vezes/dia do volume total de água de cada microcosmo. A água do mar captada passou por filtros mecânico e biológico, radiação ultravioleta, e após o abastecimento nas unidades experimentais foi clorada (10 ppm) e declorada com ácido ascórbico (1 ppm). No fundo de cada macro e microcosmo foi montado um sistema de aeração ligado a um compressor radial, o qual forneceu uma aeração constante e uniforme permitindo assim a manutenção dos bioflocos em suspensão na coluna d'água. Buscando manter a temperatura da água dentro da faixa ideal de 28 a 32° C (VAN WYK & SCARPA, 1999), utilizou-se aquecedores submersos com termostato nos macrocosmos. Quando necessário realizou-se a adição de água doce declorada nos macrocosmos, para a reposição das perdas por evaporação, mantendo assim a salinidade em aproximadamente 35 e o mesmo nível de água durante o período de estudo.

Os juvenis de *L. schmitti* selvagens foram capturados na Baía de Sepetiba, Itaguaí, Rio de Janeiro, e passaram por um período de aclimação de dez dias em tanques com água clara antes do início do estudo, sendo alimentados com a mesma ração comercial utilizada durante o experimento. Para auxiliar na qualidade de água antes da formação dos bioflocos, microalgas *Tetraselmis chuii* foram inoculadas (6×10^4 células/mL) nos macrocosmos. Após o período de aclimação e crescimento exponencial das microalgas, foi realizada a pesagem dos camarões em balança com precisão de 0,01 g. Em cada unidade experimental (microcosmo) foram acondicionados 14 camarões (0,64±0,36 g) em uma densidade de 60 camarões/m². Nos tanques macrocosmos foram mantidos 35 camarões juvenis (2,15±13,01 g)

até o final do estudo, em uma densidade de aproximadamente 18 camarões /m², para auxiliar a formação dos bioflocos no sistema (FERREIRA, 2008).

A indução inicial de formação dos bioflocos começou no mesmo dia em que os camarões foram distribuídos em suas respectivas unidades experimentais, e consistiu da adição das fontes de carbono orgânico testadas nos respectivos tanques macrocosmos de cada sistema de criação, durante os três primeiros dias experimentais. Antes do início do estudo, o bagaço de cevada foi seco em estufa e posteriormente triturado, a fim de facilitar o seu manuseio e conservação. As quantidades de carbono e nitrogênio presentes em: bagaço de cevada, farinha de mandioca, melaço de cana-de-açúcar (em pó), farelo de trigo e ração, foram obtidas através da análise de espectrometria de massa (aparelho CHN), para permitir o cálculo da fertilização orgânica durante o período experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de carbono (C) e nitrogênio (N) das fontes de carbono orgânico utilizadas na criação de *L. schmitti* em sistema BFT.

Fontes de carbono	% C	% N
Bagaço de cevada	45,78	3,08
Melaço de cana-de-açúcar	31,65	0,68
Farinha de mandioca	41,84	0,17
Farelo de trigo	39,59	2,8

A quantidade do fertilizante orgânico necessário foi calculada com base na quantidade de nitrogênio e carbono introduzidos no sistema através da ração, fonte de carbono orgânico e farelo de trigo, buscando atingir uma relação de C:N de 15:1. O farelo de trigo foi adicionado em uma quantidade equivalente a 5 % da fonte de carbono orgânico como substrato para a formação dos bioflocos. Após a indução inicial de formação dos flocos microbianos, a fertilização orgânica foi realizada com base no controle do nível de amônia total. Quando verificado valores ≥ 1 mg/L, foi realizada a adição de uma fonte de carbono, considerando que 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de amônia total em biomassa bacteriana (AVNIMELECH, 1999).

Os camarões foram alimentados duas vezes ao dia, às 08:00 e 17:00 h, com uma dieta comercial (35 % de proteína bruta). A quantidade diária de ração fornecida em bandejas teladas variou de 10 a 4,5 % da biomassa de cada microcosmo, durante o período experimental (JORY et al., 2001). A cada dez dias, todos os camarões de cada unidade experimental foram pesados e repostos aos respectivos microcosmos. Com base nas biometrias e observação de consumo alimentar, realizou-se o ajuste da quantidade de ração fornecida aos camarões.

O monitoramento da qualidade da água nos macrocosmos foi realizado diariamente às 08:00 e 15:00 h, através da coleta de dados de temperatura, oxigênio dissolvido e pH (YSI modelo Proplus, Bernauer Aquacultura). Já a transparência da água, foi mensurada uma vez por semana, através do disco de Secchi, e a salinidade foi verificada, com auxílio de um salinômetro, a cada dois dias. Além disso, amostras da água dos macrocosmos foram coletadas a cada dois dias para análise da amônia total (KOROLEFF & PALMORK, 1972), duas vezes por semana para análise de nitrito (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983) e uma vez por semana para alcalinidade (APHA, 1998). O volume de bioflocos foi mensurado duas vezes por semana utilizando-se o cone graduado Imhoff (mL/L) e através da concentração de sólidos suspensos totais (mg/L) no 7º, 20º, 40º e 58º dia de estudo, através da metodologia de

gravimetria de volatilização (STRICKLAND & PARSONS, 1972), a fim de determinar a concentração dos sólidos totais sedimentáveis. Já a concentração de clorofila *a* foi verificada no 7º e 55º dia de estudo, através do método de absorção espectrofotométrica de Richards & Thompson (1952), utilizando a equação matemática de Jeffrey & Humphrey (1975).

Amostras de 100 mL da água dos tanques macrocosmos foram coletadas aos 21º, 42º e 60º dia de estudo, e fixadas com 4 % de formaldeído, para posterior avaliação da composição preliminar dos microorganismos dos bioflocos. A análise em laboratório consistiu na tomada de três sub-amostras de 0,05 mL e observações de cinco campos em cada uma das sub-amostras. A identificação e contagem do zooplâncton foram realizadas com 400 e 100 x de aumento total em microscópio óptico (CH30, Olympus) e adicionando-se lugol (2 %) nas amostras para facilitar a visualização dos microorganismos. A contagem das microalgas foi feita através de quatro sub-amostras em câmara de Neubauer (aumento total de 400 x). Esses foram identificados ao nível de táxon mais baixo possível com o auxílio de chaves de identificação (GRIFFITH, 1967; NEEDHAM, 1973; PALMER, 1977).

Ao final dos 60 dias experimentais, os bioflocos de cada sistema de criação foram coletados através de filtração da água (malha de 100 µm) e posteriormente secos, em estufa a 60º C até atingir peso constante. Após a secagem, estes foram congelados e posteriormente submetidos à análise de composição proximal no Laboratório de Tecnologia de Pescado da FIPERJ (FOLCH; LEES & SLOANE-STANLEY, 1957; AOAC, 2000).

Para comparar os custos com a fertilização em cada sistema, os valores comerciais das diferentes fontes de carbono orgânico avaliadas foram pesquisados na região de realização do estudo. A partir destes valores e através do cálculo da quantidade total das fontes de carbono utilizadas ao longo do estudo para a redução dos níveis de amônia total, foi possível estimar os custos com a fertilização para cada fonte de carbono avaliada.

Ao final do experimento, o número de camarões e seus pesos individuais foram verificados para cada unidade experimental. A avaliação do desempenho zootécnico foi realizada através do cálculo do peso final, sobrevivência, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico e produtividade, através das seguintes fórmulas:

Sobrevivência (%) = (número final de animais/número inicial de animais)*100

Conversão alimentar aparente = Quantidade de ração fornecida (g)/ Ganho de biomassa (g)

Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(média de peso final - média de peso inicial)*100]/dias de experimento

Produtividade (g/m²) = biomassa (g)/ área de criação utilizada (m²)

Os índices zootécnicos, dados de qualidade de água, composição proximal dos bioflocos foram analisados quanto à homogeneidade e normalidade através do teste de Cochran e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, todos os dados foram analisados pela Análise de Variância – one way (ANOVA). As diferenças entre as médias dos tratamentos foram identificadas através do teste de Tukey, e consideradas significativas em nível de 5 % de probabilidade. Os dados em percentagem (sobrevivência e taxa de crescimento específico) foram transformados em arco-seno da raiz quadrada antes de serem analisados (ZAR, 1996), porém somente os valores originais são apresentados. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistica 7.0.

3 RESULTADOS

Entre os parâmetros de qualidade de água monitorados durante o estudo, somente a temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido aferidos na parte da manhã, além da salinidade, sólidos suspensos totais e clorofila *a* apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 2). A temperatura da manhã registrada foi semelhante nos tratamentos em que se utilizaram as fontes de carbono: bagaço de cevada ($25,56 \pm 1,34$ °C) e farinha de mandioca ($25,69 \pm 1,34$ °C), e inferior no tratamento com melaço de cana-de-açúcar ($24,77 \pm 1,32$ °C). Quanto à concentração de oxigênio dissolvido e pH da manhã, os menores valores foram encontrados no tratamento com bagaço de cevada ($5,17 \pm 0,66$ mg/L e $8,04 \pm 0,12$, respectivamente) e os maiores para o tratamento com melaço de cana-de-açúcar ($5,31 \pm 0,69$ mg/L e $8,27 \pm 0,14$, respectivamente) como fontes de carbono orgânico. Já os sólidos suspensos totais apresentaram níveis superiores no tratamento em que a fertilização foi feita com bagaço de cevada ($346,50 \pm 262$ mg/L), enquanto o menor valor foi encontrado no tratamento fertilizado com farinha de mandioca ($117,50 \pm 85,4$ mg/L). A clorofila *a* apresentou concentração superior no tratamento fertilizado com melaço de cana-de-açúcar ($369,60 \pm 25,51$ µg/L), e concentração inferior quando a fertilização ocorreu com farinha de mandioca ($174,60 \pm 10,04$ µg/L).

Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água (médias±desvio padrão) monitorados nos sistemas com bioflocos de juvenis de *L. schmitti* durante o período de estudo nos diferentes tratamentos.

Parâmetros	BC	FM	MC	F	P
Temperatura manhã (° C)	25,56±1,34 ^b	25,69±1,34 ^b	24,77±1,32 ^a	88,2	0,0139
Temperatura tarde (° C)	27,29±1,17	27,60±1,38	27,49±1,17	0,15	0,3888
Salinidade	35,95±2,18 ^{ab}	34,61±2,48 ^b	36,29±1,21 ^a	6,22	0,0153
Oxigênio dissolvido (mg/L) manhã	5,17±0,66 ^b	5,27±0,68 ^a	5,31±0,69 ^a	423	0,0013
Oxigênio dissolvido (mg/L) tarde	4,85±0,48	5,06±0,49	4,70±0,61	3,89	0,1171
pH manhã	8,04±0,12 ^c	8,14±0,12 ^b	8,27±0,14 ^a	22,0	0,0002
pH tarde	7,90±0,48	8,08±0,16	8,07±0,22	2,40	0,0672
Alcalinidade (CaCO ₃ mg/L)	130±21,00	135±25,50	138±31,50	1,22	0,0681
Transparência (cm)	14,30±3,80	15,90±3,17	13,80±2,68	0,39	0,6876
Amônia total (mg/L)	0,93±1,54	0,49±0,52	0,31±0,34	1,31	0,3656
Nitrito (mg/L)	5,45±2,79	3,95±2,57	5,65±2,93	1,35	0,3005
Sólidos suspensos totais (mg/L)	346,50±262	117,50±85,4	132,20±71,9	4,04	0,0758
Volume de bioflocos (mL/L)	5,30±6,20	0,94±0,68	2,82±2,45	2,34	0,1269
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	245,35±14,45 ^{ab}	174,60±10,04 ^b	369,60±25,51 ^a	5,32	0,0147

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$). Tratamentos: BC, sistema BFT com bagaço de cevada; FM, sistema BFT com farinha de mandioca; MC, sistema BFT com melaço de cana-de-açúcar.

A concentração de amônia total apresentou níveis mais elevados durante as três primeiras semanas de estudo, principalmente nos sistemas BFT fertilizados com bagaço de cevada e farinha de mandioca (Figura 1). A partir da terceira semana, ocorreu uma redução e estabilização da concentração da amônia total em todos os tratamentos. No mesmo período, o nitrito apresentou os níveis mais elevados em todos os três sistemas BFT, reduzindo somente na sétima semana (Figura 2).

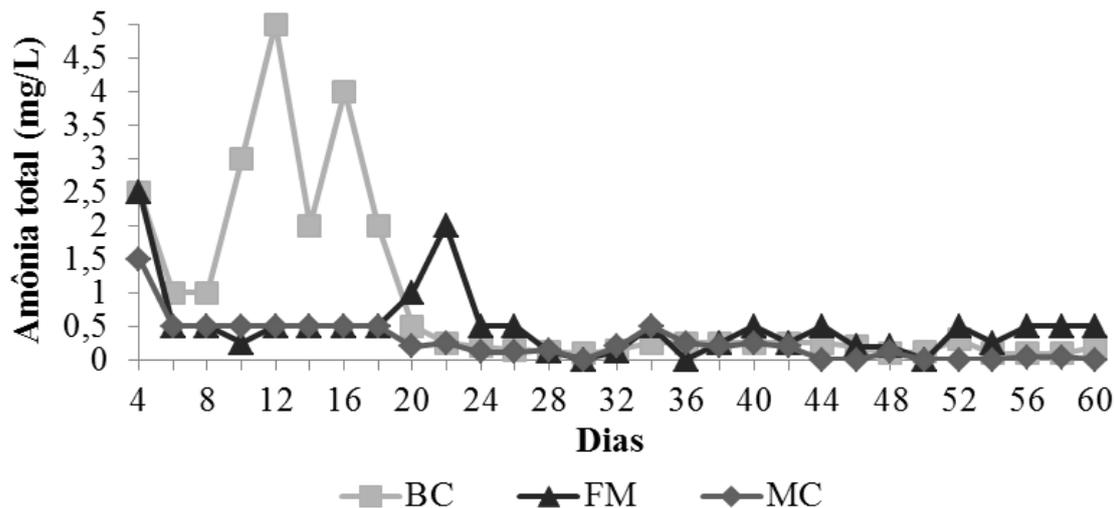


Figura 1. Variações das concentrações de amônia total nos sistemas BFT de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melaço de cana-de-açúcar (MC) durante os 60 dias de estudo.

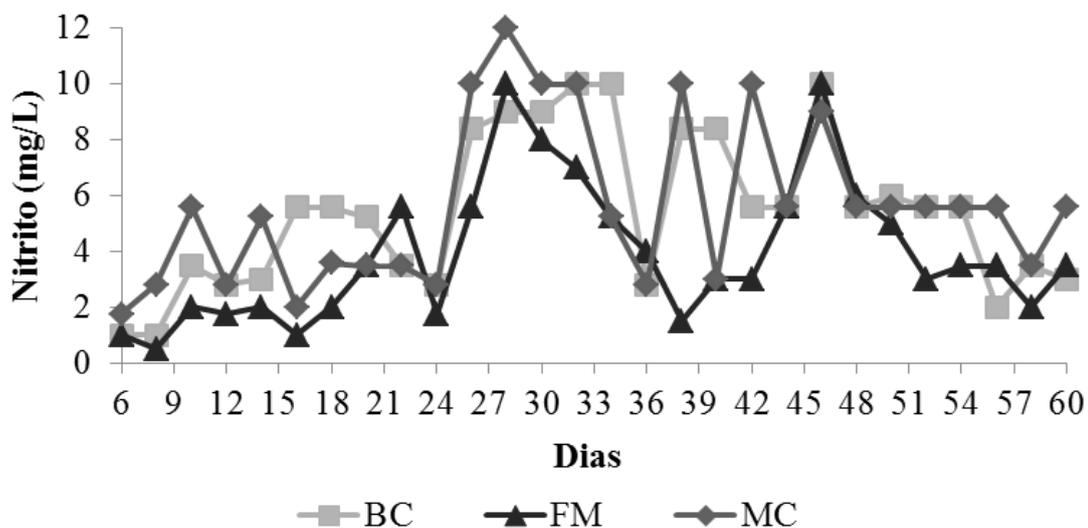


Figura 2. Variações das concentrações de nitrito nos sistemas BFT de *L. schmitti* fertilizados com, bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melaço de cana-de-açúcar (MC) durante os 60 dias de estudo.

Diferenças significativas entre os nutrientes na composição proximal dos bioflocos dos três tratamentos foram encontradas ($p < 0,05$), sendo uma superioridade quanto aos níveis de proteína bruta (17,89 %) e de lipídio (2,39 %) encontrada para os formados no sistema BFT fertilizado com melaço de cana-de-açúcar, e quanto às cinzas (71,56 %) para os produzidos no sistema fertilizado com bagaço de cevada (Tabela 3). Os menores níveis de proteína bruta (15,98 %), lipídio (1,48 %) e cinzas (53,95 %) foram verificados nos bioflocos do sistema em que se utilizou a farinha de mandioca como fonte de carbono.

Tabela 3. Composição proximal dos bioflocos produzidos nos sistemas BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico ao final de 60 dias de estudo.

Tratamentos	Proteína bruta (%)	Lipídio (%)	Cinza (%)	Umidade (%)
BC	17,19 ^a	1,78 ^b	71,56 ^a	8,22 ^b
FM	15,98 ^b	1,48 ^c	53,95 ^b	8,30 ^b
MC	17,89 ^a	2,39 ^a	56,15 ^c	10,45 ^a
Valor F	15,31	117,17	848,10	50,83
Valor P	0,0044	0,0000	0,0000	0,0002

Tratamentos: BC, sistema BFT com bagaço de cevada; FM, sistema BFT com farinha de mandioca; MC, sistema BFT com melão de cana-de-açúcar. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (P<0,05).

Entre os protistas autotróficos dos bioflocos, foram encontrados principalmente as diatomáceas (*Navicula* sp. e *Nitzschia* sp.), clorofíceas (*T. chuii* e *Chlorella* sp.) e cianobactérias (*Lyngbya* sp. e *Oscillatoria* sp.) (Tabela 4). Em relação aos organismos autotróficos, as cianobactérias foram as mais encontradas em todos os tratamentos, com uma superioridade no sistema BFT fertilizado com farinha de mandioca (375×10^3 céls/mL), enquanto uma menor densidade ocorreu no sistema fertilizado com bagaço de cevada (52×10^3 céls/mL). Já, as diatomáceas foram mais encontradas no sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada, apresentando uma densidade de 27×10^3 céls/mL. Em relação às clorofíceas, uma maior presença foi notada na formação dos bioflocos no sistema de criação fertilizado com melão de cana-de-açúcar (33×10^3 céls/mL). O sistema fertilizado com a farinha de mandioca apresentou a maior densidade de protistas autotróficos (406×10^3 céls/mL), representadas principalmente pelo grupo das cianobactérias. Enquanto, a menor densidade ocorreu no sistema de BFT fertilizado com bagaço de cevada, em que se encontrou uma densidade de 86×10^3 céls/mL.

Tabela 4. Composição e densidade média dos microorganismos presentes nos bioflocos da criação de *L. schmitti* em sistema BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico coletados no 21º, 42º e 60º dia de estudo.

Táxon	Tratamentos		
	BC	FM	MC
Diatomácea (10³ céls/mL)			
<i>Navicula</i> sp.	12 (2 - 27)	8 (0 - 24)	1 (0 - 4)
<i>Nitzschia</i> sp.	15 (0 - 46)	16 (0 - 49)	1 (0 - 2)
Clorofíceia (10³ céls/mL)			
<i>Tetraselmis chuii</i>	6 (1 - 14)	6 (2 - 10)	33 (16 - 60)
<i>Chlorella</i> sp.	0.2 (0 - 0,6)	A	A
Cianobactéria (10³ céls/mL)			
<i>Oscillatoria</i> sp.	0.2 (0 - 0,6)	164 (0 - 492)	3 (0 - 11)
<i>Lyngbya</i> sp.	52 (7 - 137)	212 (27 - 476)	118 (4 - 202)
Protozoário (org/mL)	51 (21 - 68)	68 (29 - 141)	33 (19 - 48)
Nematódeo (org/mL)	6 (3 - 11)	1 (0 - 3)	3 (3 - 4)

A = ausente. Dados são médias (mínimo - máximo). Tratamentos: BC, sistema BFT com bagaço de cevada; FM, sistema BFT com farinha de mandioca; MC, sistema BFT com melação de cana-de-açúcar.

Os organismos heterotróficos constituintes dos bioflocos foram representados por: nematódeos e protozoários ciliados (*Euplotes* sp., *Vorticella* sp. e *Diophrys* sp.). Em relação aos organismos heterotróficos, a maior densidade observada de 69 org/mL ocorreu nos bioflocos formados no sistema BFT com utilização de farinha de mandioca como fonte de carbono. Em geral, estes organismos foram mais representados por protozoários em todos os tratamentos, o qual apresentou uma densidade média superior no sistema fertilizado com farinha de mandioca (68 org/mL) e inferior com melação de cana-de-açúcar (33 org/mL). Por sua vez, os nematódeos apresentaram densidade média superior no sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada (6 org/mL) e inferior no tratamento fertilizado com farinha de mandioca (1 org/mL).

Variações nas proporções dos microorganismos que constituíram os bioflocos foram observadas em todos os sistemas BFT durante o período do estudo e podem ser observadas nas figuras 3 e 4.

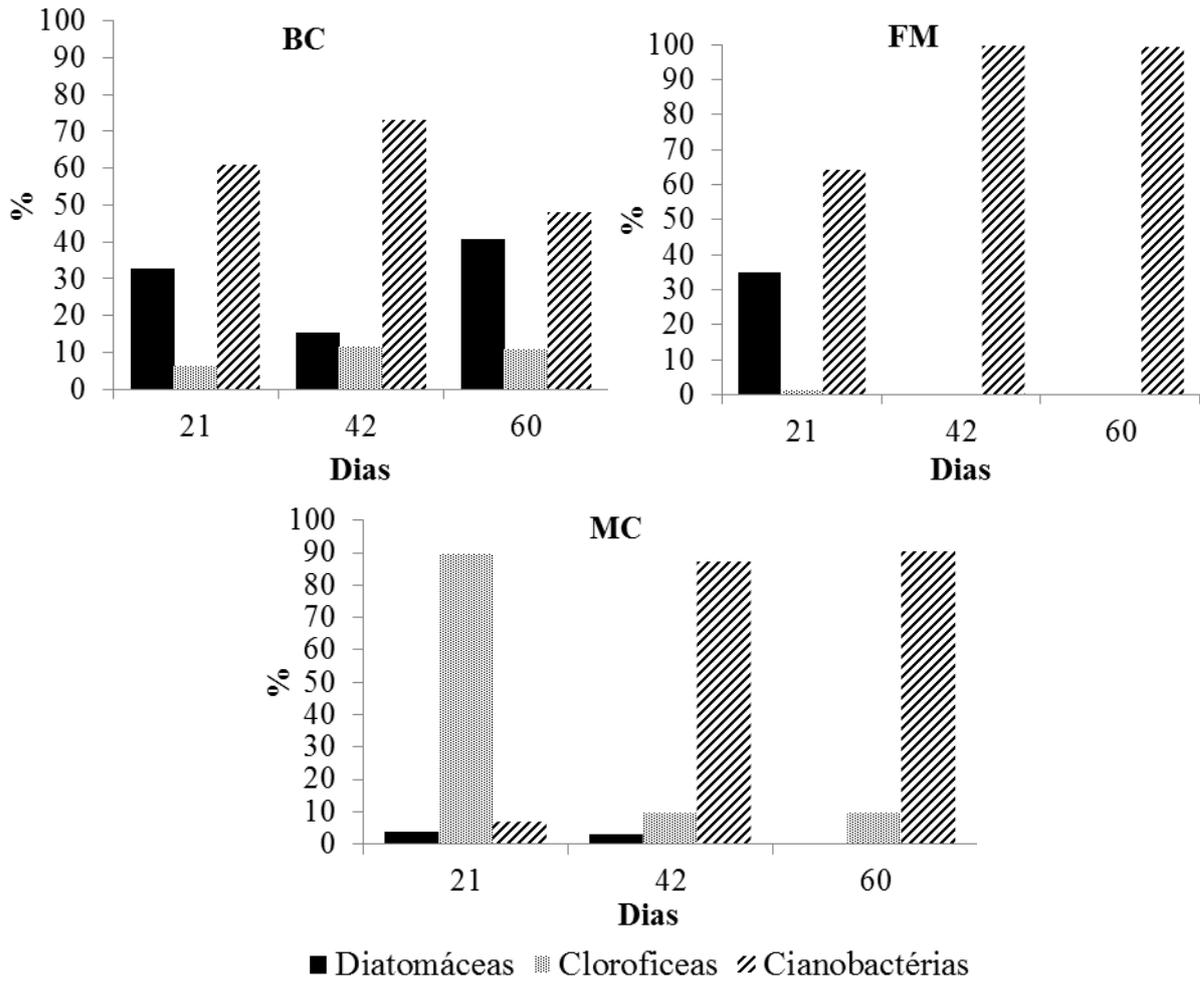


Figura 3. Proporção de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistemas BFT de juvenis de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melão de cana-de-açúcar (MC) durante 60 dias de estudo.

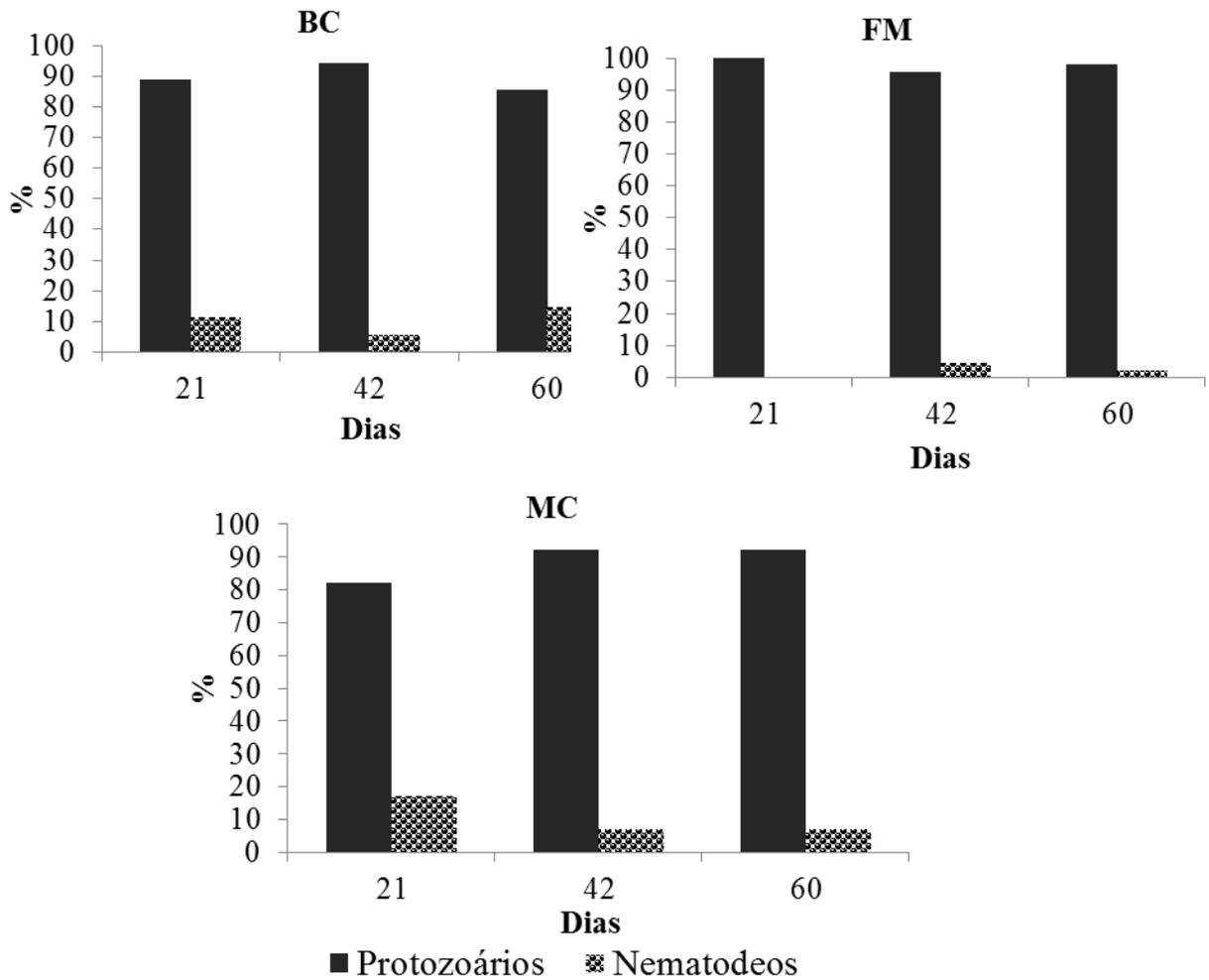


Figura 4. Proporção de organismos heterotróficos presentes nos biofilos em sistemas BFT de juvenis de *L. schmitti* fertilizados com bagaço de cevada (BC), farinha de mandioca (FM) e melação de cana-de-açúcar (MC) durante 60 dias de estudo.

Em relação aos índices zootécnicos obtidos na criação de juvenis do camarão *L. schmitti*, somente o peso final apresentou diferença significativa entre os tratamentos com diferentes fontes de carbono orgânico ($p < 0,05$) (Tabela 5). O peso final superior foi encontrado para os camarões criados nos tratamentos BC ($2,47 \pm 0,19$ g) e inferior nos tratamentos MC ($2,07 \pm 0,23$ g).

Tabela 5. Índices zootécnicos (médias±desvio padrão) dos juvenis de *L. schmitti* em sistemas BFT fertilizados com diferentes fontes de carbono orgânico.

Índices	BC	FM	MC	F	P
Peso final (g)	2,47±0,19 ^a	2,38±0,27 ^{ab}	2,07±0,23 ^b	3,972	0,0491
TCE (%/dia)	3,13±0,33	2,92±0,48	2,50±0,34	1,917	0,0588
Conversão alimentar aparente	1,84±0,19	1,87±0,22	1,77±0,14	0,390	0,6726
Produtividade (g/m²)	131±6,14	120±14,90	121±15,07	0,552	0,6227
Sobrevivência (%)	87,14±5,98	82,86±10,83	95,71±6,39	3,325	0,0639

TCE, taxa de crescimento específico. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$). Tratamentos: BC, sistema BFT com bagaço de cevada; FM, sistema BFT com farinha de mandioca; MC, sistema BFT com melaço de cana-de-açúcar.

Pode ser observado na tabela 6 que no tratamento em que se utilizou o melaço de cana-de-açúcar foi necessário um menor período (23 dias) de fertilização comparado com o bagaço de cevada (30 dias) durante o estudo. Entretanto, o cálculo dos custos com a fertilização das três fontes de carbono orgânico avaliadas nos sistemas BFT de *L. schmitti* permitiu constatar, que a utilização do melaço de cana-de-açúcar foi a que gerou o maior custo (R\$ 6,70) entre as diferentes fontes avaliadas no presente estudo (Tabela 6), enquanto, o bagaço de cevada por ser um subproduto da indústria cervejeira, apresentou o menor (R\$ 0,43).

Tabela 6. Custos com a fertilização orgânica durante a criação de juvenis de *L. schmitti* em sistema BFT nos diferentes tratamentos.

Fontes de carbono orgânico	QT (kg)	C (kg)	QD (dias)	R\$ (kg)	CT (R\$)
Bagaço de cevada	3,29	1,51	30	0,13	0,43
Farinha de mandioca	1,50	0,63	23	2,80	4,20
Melaço de cana-de-açúcar	3,22	0,97	25	2,08	6,70

QT, Quantidade total da fonte de carbono orgânico utilizada para imobilização de amônia total; C, concentração total de carbono contida em QT; QD, Quantidade de dias em que foi realizada a fertilização durante o estudo; R\$, preço por kg da fonte de carbono; CT, custo total com a fertilização orgânica durante o estudo.

4 DISCUSSÃO

Os parâmetros físicos e químicos da água: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade, monitorados no presente estudo permaneceram dentro da faixa adequada para a criação de camarões peneídeos, não afetando negativamente o desempenho zootécnico dos juvenis de *L. schmitti* (VAN WYK & SCARPA, 1999). Sabe-se que a solubilidade do oxigênio diminui com o incremento da temperatura (BOYD, 1990), o que pode explicar a diferença encontrada no tratamento com a fonte de carbono melaço. Já as menores concentrações de oxigênio dissolvido e pH foram verificados no sistema BFT

fertilizado com bagaço de cevada, o que possivelmente está relacionado com o volume superior de bioflocos formado nesse tratamento, e portanto o maior consumo de oxigênio pelos microorganismos heterotróficos (WASIELESKY et al., 2006).

De acordo com Avnimelech (1999), a degradação da qualidade de água pelo acúmulo de compostos nitrogenados inorgânicos tóxicos é um problema, que tende a ocorrer nos sistemas intensivos de produção, em decorrência do elevado aporte de ração utilizado, e por somente cerca de 25 % do nitrogênio contido na ração ser absorvido pelo camarão, sendo o restante excretado (AVNIMELECH, 1999; 2007). Os níveis de segurança para amônia total foram determinados como 3,95 mg/L (VAN WYK & SCARPA, 1999) e como 25,7 mg/L para nitrito (LIN & CHEN, 2003) para a criação de *Litopenaeus vannamei*, portanto, concentrações acima destas, devem ser evitadas, visto que afetam negativamente o crescimento, saúde e sobrevivência dos camarões. Embora existam diferenças de níveis de toxicidade entre as diferentes espécies, devido à escassez de informações com relação ao camarão *L. schmitti*, considerou-se os níveis de segurança dos nitrogenados inorgânicos estipulados para *L. vannamei* como parâmetros. A amônia total apresentou-se mais elevada no sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada, seguido pelo fertilizado com farinha de mandioca e pelo melaço de cana-de-açúcar. Acredita-se, que os menores níveis de amônia total apresentados no tratamento fertilizado com melaço, provavelmente estejam relacionados à solubilidade mais rápida dessa fonte de carbono na água de criação comparado ao bagaço de cevada e farinha de mandioca. Serra (2013), ao avaliar o sistema BFT do camarão *L. vannamei* com diferentes fontes de carbono, constatou que o melaço e a dextrose, por serem de fácil dissolução foram mais eficientes na redução das concentrações de amônia total, comparado ao farelo de arroz, que por sua vez é de difícil dissolução.

No presente estudo, a redução da amônia total nos tratamentos fertilizados com bagaço de cevada e farinha de mandioca foi observada a partir da terceira semana de criação, e coincidiu com o período de incremento das concentrações de nitrito, sugerindo o início da ocorrência do processo de nitrificação pela ação das bactérias nitrificantes. Esse fato está de acordo com aquele verificado por Nootong & Pavasant (2011), em uma criação de tilápia em sistema BFT, onde os autores relatam que foi necessário um período de 6 a 7 semanas para a estabilização completa da nitrificação, atribuindo o fato à competição entre as bactérias heterotróficas e nitrificantes pela amônia. As bactérias heterotróficas apresentam uma taxa de crescimento cerca de 10 vezes maior que as nitrificantes (HARGREAVES, 2006). Portanto, a adição de uma fonte de carbono orgânico ao sistema BFT estimula inicialmente a manutenção da qualidade de água pela assimilação das bactérias heterotróficas e posteriormente pela ação das bactérias nitrificantes (SCHNEIDER et al., 2006). Com relação ao nitrito, as maiores concentrações ocorreram no tratamento em que foi utilizado o melaço como fonte de carbono (12 mg/L), seguido pela farinha de mandioca (10 mg/L). Apesar de não ser desejável, é comum o acúmulo de nitrito ocorrer em sistema BFT como resultado da nitrificação pela ação das bactérias autotróficas (AZIM & LITTLE, 2008; NOOTONG & PAVASANT, 2011).

Outro fator que pode ter contribuído para a melhoria da qualidade de água no sistema BFT foi a presença de microalgas, visto que a sua importância por auxiliar na manutenção das características ideais da água de produção é conhecida, através da assimilação dos compostos nitrogenados inorgânicos dissolvidos para a formação de novas células (KHATOON et al., 2007). Contudo, os compostos nitrogenados permaneceram dentro das faixas de segurança nos tratamentos fertilizados com as diferentes fontes de carbono orgânico, exceto no tratamento em que se utilizou o bagaço de cevada durante a 2ª e 3ª semana de estudo, quando ocorreu um pico de concentração de amônia total de 5 mg/L.

O controle do volume dos bioflocos é considerado importante por sua relação com a

manutenção dos níveis ideais de oxigênio e dos componentes de nitrogênio inorgânicos na água de criação (RAY et al., 2010). Os volumes dos bioflocos aferidos apresentaram variações entre os tratamentos com a maior concentração sendo observada no tratamento fertilizado com bagaço de cevada. Entretanto, os volumes de bioflocos apresentaram-se dentro do valor recomendado por Samocha et al. (2007) de até 10 mL/L e 500 mg/L para o sistema BFT nos tratamentos fertilizados com as diferentes fontes de carbono orgânico avaliadas neste estudo.

A concentração de clorofila *a* foi superior no tratamento fertilizado com melaço comparado aos outros tratamentos avaliados. A diferença nas concentrações de clorofila *a* possivelmente está relacionada à dominância de distintos grupos de microalgas em cada tratamento, como também foi observado por Ju et al. (2008). As concentrações de clorofila encontradas foram semelhantes às observadas em sistema BFT: 119 a 205 µg/L (ASADUZZAMAN et al., 2008) e 247 a 553 µg/L (GODOY et al., 2012).

Uma das vantagens da disponibilidade do bioflocos ao organismo criado no sistema BFT é por representar uma fonte de suplementação alimentar com boa qualidade nutricional, permitindo a redução da demanda por proteína da dieta (BURFORD & LORENEZEN, 2004). Entretanto, o valor nutricional dos bioflocos pode sofrer variação pela influência de diversos fatores, incluindo a fonte de carbono orgânico utilizada na fertilização do sistema (DE SCHRYVER et al., 2008). No presente estudo, também foram observadas variações na composição nutricional dos bioflocos formados com as diferentes fontes de carbono. Em relação à proteína bruta, esta variação não foi acentuada entre os diferentes tratamentos: bagaço de cevada (17,19 %), melaço de cana-de-açúcar (17,89 %) e farinha de mandioca (15,98 %), entretanto, os níveis de proteína bruta dos bioflocos foram inferiores aos reportados por outros pesquisadores (TACON et al., 2002; WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012), que relatam valores em torno de 30 % de proteína bruta. Provavelmente, esta diferença pode estar relacionada à metodologia de coleta dos bioflocos, mais especificamente ao tamanho da malha (100 µm) utilizada para o procedimento, que permitiu a passagem dos microorganismos.

Em geral, os teores de cinzas e lipídios dos bioflocos foram superiores aos encontrados em outros estudos com sistema BFT (WASIELESKY et al., 2006; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012). Porém, os níveis de lipídios foram semelhantes aos valores entre 1,2 a 2,3 % encontrado por Ju et al. (2008). O alto teor de cinzas dos bioflocos pode estar relacionado à grande quantidade de matéria fecal do camarão acumulada em sistema BFT, por ser um sistema intensivo e sem renovação de água durante o ciclo de produção (WASIELESKY et al., 2006). As variações do valor nutricional dos bioflocos formados com as diferentes fontes de carbono podem ser explicadas pela composição microbiológica, visto que a constituição bioquímica dos microorganismos influencia diretamente a qualidade nutricional dos bioflocos. No presente estudo, a composição nutricional inferior pode ser observada para os bioflocos formados no sistema fertilizado com farinha de mandioca, e através da análise da composição microbiológica, pode ser observada que a maior densidade de cianobactérias foi encontrada nesse tratamento. Além disso, o valor nutricional inferior dos bioflocos formados no sistema fertilizado com esta fonte de carbono pode estar relacionado à baixa diversidade microbiológica, ao final do período experimental comparada aos outros tratamentos. A presença de cianobactérias em alta densidade não é desejável devido à existência de algumas espécies potencialmente tóxicas, ou seja, capazes de produzir toxinas, que podem diminuir o crescimento ou provocar mortalidades, além de desencadear problemas respiratórios pela obstrução das brânquias e conferirem sabores desagradáveis (off-flavor) aos organismos produzidos (ALONSO-RODRIGUEZ & PAES-OSUNA, 2003).

Apesar disso, essas microalgas possuem altos níveis de lipídios e ácidos graxos (KUMARLY; DA JONES & EAST, 1989) e são geralmente encontradas na formação dos bioflocos (JU et al., 2008; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012; GODOY et al., 2012). Elevadas densidades de cianobactérias foram registradas nos bioflocos formados com as três fontes de carbono avaliadas, porém, não provocaram mortalidades, já que as taxas de sobrevivência foram acima de 80 % ao final do estudo. Todavia, as toxinas produzidas e liberadas por algumas espécies de cianobactérias podem afetar de diferentes formas os organismos aquáticos no ambiente natural ou de produção, e entre os efeitos, cita-se a inibição ou redução do crescimento (LEFLAIVE & TEN-HAGE, 2007). Portanto, apesar de não terem provocado mortalidade dos camarões *L. schmitti*, a alta densidade destes organismos nos bioflocos pode ter contribuído para o crescimento reduzido dos juvenis no presente estudo.

Os bioflocos formados no sistema BFT com o bagaço de cevada como fonte de carbono apresentaram a maior diversidade microbiológica, durante todo o período de estudo e também as maiores densidades de diatomáceas e de nematódeos, o que provavelmente explica a sua qualidade nutricional e o crescimento superior dos camarões criados. As diatomáceas são microalgas consideradas como uma boa fonte nutricional para alimentação de camarões (RAY et al., 2010) e os nematódeos também são microorganismos com importância nutricional para os camarões, sendo comprovado através de sua inclusão na dieta da fase larval de peneídeos (KUMLU & FLETCHER, 1997; KUMLU; FLETCHER & FISHER, 1998). Ballester et al. (2007) também verificaram a importância dos nematódeos como item alimentar para *Farfantepenaeus paulensis*, através da diminuição desses microorganismos na composição do biofilme formado em gaiolas, devido o consumo pelos camarões.

Durante o período de estudo, as mudanças nas densidades dos microorganismos presentes nos bioflocos observadas em todos os tratamentos provavelmente estão relacionadas à estrutura da cadeia trófica formada entre os diferentes organismos e o camarão. As microalgas e bactérias são consumidas por protozoários e nematódeos, e por sua vez, os protozoários são fonte alimentar de organismos metazoários, como nematódeos e rotíferos. Portanto, o aumento da predação no sentido de qualquer um dos níveis tróficos no sistema de criação pode ter influenciado a composição microbiológica dos bioflocos formados neste estudo (DECAMP et al., 2007; RAY et al., 2010).

Em relação ao desempenho zootécnico dos juvenis de *L. schmitti*, o melhor desempenho foi observado para os camarões criados no sistema BFT fertilizado com bagaço de cevada através da superioridade do peso final (2,47 g), da taxa de crescimento específico (3,13 %/dia) e da produtividade (131 g/m²). O maior volume de bioflocos e sua composição nutricional e microbiológica nos tratamentos BC podem ser inferidos como fatores, que promoveram o melhor crescimento dos camarões *L. schmitti*. Concordando com os nossos resultados, Vilani (2011) e Serra (2013) ao compararem o uso de melaço e farelo de arroz como fontes de carbono no sistema BFT de *L. vannamei* encontraram maior formação de bioflocos (sólidos suspensos totais) e melhor crescimento dos camarões criados no sistema fertilizado com a fonte de carbono mais complexa e de difícil dissolução.

Através da comparação dos custos com a fertilização utilizando as diferentes fontes de carbono orgânico avaliadas, o uso de bagaço de cevada apresentou uma vantagem econômica, devido ao seu menor custo comparada às outras fontes. Este é um resíduo produzido em grande escala, podendo representar até 85 % do total de subprodutos da indústria cervejeira, e com disponibilidade durante todo o ano a baixo custo (COSTA et al., 2009). Além do aspecto econômico, a possibilidade de sua utilização na fertilização orgânica pode ser importante do ponto de vista ambiental, por permitir o aproveitamento de um subproduto industrial na alimentação indireta do camarão, através da formação dos bioflocos no sistema BFT. O valor

nutricional desse subproduto foi verificado por alguns pesquisadores, que reportam níveis de proteína bruta entre 17 a 32 %, em torno de 6 % de lipídio bruto, e 4 a 6 % de cinzas (DEPETERS & CANT, 1992; COSTA et al., 1995; CAPELLE, 2001). Porém, o bagaço de cevada possui alto teor de umidade, entre 70 a 80 %, onerando sua utilização em áreas mais afastadas da indústria cervejeira, pela dificuldade de conservação adequada (ALBUQUERQUE, 2009).

5 CONCLUSÕES

Os resultados de desempenho zootécnico e parâmetros de qualidade de água encontrados na criação do camarão *L. schmitti* neste estudo, demonstram a viabilidade da utilização do bagaço de cevada como fonte de carbono orgânico para promover a formação dos bioflocos e a manutenção de boa qualidade da água. Entretanto, sugere-se a utilização do melaço de cana-de-açúcar na indução inicial da formação dos bioflocos, e posteriormente o uso do bagaço de cevada, a fim de manter a qualidade de água durante a produção em sistema BFT. Este manejo seria interessante pelo melaço, ser mais solúvel, promovendo então a redução da amônia de forma mais eficiente. A combinação das diferentes fontes de carbono orgânico, melaço de cana-de-açúcar e bagaço de cevada, pode evitar a ocorrência de picos na concentração de compostos nitrogenados inorgânicos no início da produção em sistema BFT e permitir a formação de bioflocos com uma melhor composição nutricional, que resultará em maior produtividade de camarão ao final da criação. Além disso, a escolha do uso de bagaço de cevada para a fertilização do sistema BFT pode diminuir o custo de produção, em regiões onde haja disponibilidade deste subproduto industrial e em que possa ser realizado o seu processo de secagem, devido o seu elevado teor de umidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, D. M. N. **Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em crescimento e terminação**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestrado em ciência animal), Universidade Federal do Piauí, Piauí, 2009.

ALONSO-RODRIGUEZ, R.; PAEZ-OSUNA, F. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. **Aquaculture**, 219, p. 317–336, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1998, 1193 p.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: Cnexo, 1983, 395 p.

AOAC. Official methods of analysis, 17^a Ed. **Association of Official Analytical Chemists**, Gaithersburg, MD, 2000.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J. et al. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, 280, p. 117–123, 2008.

ASADUZZAMAN, M.; RAHMAN, M. M.; AZIM, M. E. et al. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, 306, p.127-136, 2010.

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

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, 34, p. 172–178, 2006.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, 264, p. 140-147, 2007.

AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 283, p. 29–35, 2008.

BALLESTER, E. L. C.; WASIELESKY, W. JR.; CAVALLI, R. O. et al. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, 265, p. 355–362, 2007.

BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, 16, p. 163–172, 2010.

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. 482 p, 1990.

BURFORD, M. A.; LORENZEN, K. Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediments remineralization. **Aquaculture**, v. 229, n. 1–4, p. 129–145, 2004.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p. 1837-1856, 2001.

COSTA, J. M. B.; MATTOS, W. R. S.; BIONDI, P. et al. Degradabilidade ruminal do resíduo úmido de cervejaria. **Boletim Indústria Animal**, v.52, n.1, p.87-94, 1995.

COSTA, A. D.; VIEIRA, A. A.; LIMA, C. A. R. et al. Desempenho de suínos em crescimento (26-70 kg) alimentados com rações contendo bagaço de cevada. In: **Zootec**, São Paulo. Anais do Zootec, SP, 2009.

CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W. et al. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, 40, p.105-112, 2009.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLE, M. et al. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. **Aquaculture Research**, 41, p. 559-567, 2010.

DECAMP, O.; CONQUEST, L.; CODY, J. et al. Effect of shrimp stocking density on size-fractionated phytoplankton and ecological groups of ciliated protozoa within zero-water exchange shrimp culture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 3, p. 395 – 406, 2007.

DEPETERS, E. J.; CANT, J. P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.8, p. 2043-2070, 1992.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T. et al. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, p.125-137, 2008.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, 43, p. 447–457, 2012.

FERREIRA, L. M. M. H. M. **Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei***. 2008. 44 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura), Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2008.

FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, 226, p. 497-507, 1957.

GADELHA, R. G. F.; PRADO, J. P. S.; CAVALHEIRO, J. M. D. Farinha do bagaço de cevada em dietas para a engorda de camarões marinhos. **Ciência Rural** (online), v. 40, n. 1, p. 170 – 174.

GODOY, L. C.; ODEBRECHT, C.; BALLESTER, E. et al. Effect of diatom supplementation during the nursery rearing of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a heterotrophic culture system. **Aquaculture International**, 20, p. 559-569, 2012.

- GRIFFITH, R. E. **Phytoplankton of Chesapeake Bay**: An illustrated guide to the genera. University of Maryland Natural Resources Institute, 1967, 78 p.
- HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, 34, p. 344–363, 2006.
- HARI, B.; KURUP, B. M.; VARGHESE, J. T. et al. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, 241, p. 179–194, 2004.
- JEFFREY, S. W.; HUMPHREY, G. F. New Spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. **Biochemie und Physiologie der Pflanzen**, 167, p. 191-194, 1975.
- JORY, D. E.; CABRERA, T. R.; DUGGER, D. M. et al. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: **Special Session on Sustainable Shrimp Culture**, 2001, Baton Rouge, L.A. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Baton Rouge, L.A: The World Aquaculture Society, 2001, p. 135.
- JU, Z. Y.; FORSTER, I.; CONQUEST, L. et al. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. **Aquaculture Research**, 39, p. 118-133, 2008.
- KHATOON, H.; YUSOFF, F. M.; BANERJEE, S. et al. Use of periphytic cyanobacterium and mixed diatoms coated of *Penaeus monodon* Fabricius postlarvae. **Aquaculture**, 271, p. 196-205, 2007.
- KOROLEFF, F.; PALMORK, K. H. **Report on the Ices/Scor Nutrient Intercalibration Experiment**. ICES, C.M. Hydr.Comm. 1972.
- KUMARLY, K., DA JONES, A. B.; EAST, J. Comparative analysis of the growth and survival of *Penaeus monodon* (Fabricius) larvae, from protozoa I to postlarvae I, on live feeds, artificial diets and combinations of both. **Aquaculture**, 81, p. 27–45, 1989.
- KUMLU, M.; FLETCHER, D. J. The Nematode *Panagrellus redivivus* as an alternative live feed for larval *Penaeus indicus*. **Israeli Journal Aquaculture**, v. 49, n. 1, p. 12-18, 1997.
- KUMLU, M.; FLETCHER, D. J.; FISHER, C. M. Larval pigmentation, survival and growth of *Penaeus indicus* fed the nematode *Panagrellus redivivus* enriched with astaxanthin and various lipids. **Aquaculture Nutrition**, 4, p. 193–200, 1998.
- LEFLAIVE, J.; TEN-HAGE, L. Algal and cyanobacterial secondary metabolites in freshwaters a comparison of allelopathic compounds and toxins. **Freshwater Biology**, 52, p. 199 – 214, 2007.
- LIN, Y. C., CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, 224, p. 193–201, 2003.
- MAHANAND, S. S.; MOULICK, S.; SRINIVASA RAO, P. Optimum formulation of feed for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), with biofloc as a component. **Aquaculture International**, 2012.

NEEDHAM, P. R. **Guias para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuícúolas**. 5ª ed., 1973, p.3 - 225.

NOOTONG, K.; PAVASANT, P. Effects of organic carbon addition in controlling inorganic nitrogen concentrations in a biofloc system. **Journal of theWorld Aquaculture Society**, v. 42, n. 3, p. 339-346, 2011.

PALMER, C. M. **Algae and water pollution an illustrated manual on the identification, significance, and control of algae in water supplies and in polluted water**. U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio.124 p., 1977.

PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY, B. **Penaeid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnoses for the Families and Genera**. Éditions du Muséum Paris, 1997, p. 91.

RAY J. A.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, 299, p. 89–98, 2010.

RICHARDS, F. A.; THOMPSON, T. G. The estimation and characterization of plankton populations by pigment analysis. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigments. **Journal of Marine Research**, 11, p. 156 – 172, 1952.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, 36, p. 184–191, 2007.

SANTOS, J. L.; SEVERINO-RODRIGUES, E.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Estrutura populacional do camarão-branco *Litopenaeus schmitti* nas regiões estuarina e marinha da baixada santista, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 375 – 389.

SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; MACHIELS, M. A. M. et al. The potential of producing heterotrophic bacterial biomass on aquaculture waste. **Water Research**, 40, p. 2684–2694, 2006.

SILVA, V. B.; FONSECA, C. E. M.; MORENZ, M. J. F. et al. Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1595 – 1599, 2010.

SERRA, F. P. **Utilização de diferentes fontes de carbono no cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema com bioflocos**. 2013. 36 f. Dissertação (Mestrado em aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2013.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis**. 2 ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, 1972. 311 p.

TACON, A. G .J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D. et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, 8, p. 121–137, 2002.

VAN WYK, P.; SCARPA, J. **Water quality and management**. In: Van Wyk, P., et al. (Ed.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, 1999, p. 128–138.

VIEIRA, A. A.; BRAZ, J. M. **Bagaçõ de cevada na alimentaçaõ animal**. Revista Eletrônica Nutritime, 2009. Disponível em: <<http://www.nutritime.com.br/>>. Acesso em 10. Set. 2013.

VILANI, F. G. **Uso do farelo de arroz na fertilizaçaõ da água em sistema de cultivo com bioflocos e seu efeito sobre o desempenho zootécnico de *Litopenaeus vannamei***. 2011. 52 f. Dissertaçaõ (Mestrado em aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258, p. 396–403, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

CAPÍTULO III

EFEITO DE DIFERENTES SALINIDADES E NÍVEIS PROTEÍCOS NA CRIAÇÃO DO CAMARÃO *Litopenaeus schmitti* COM A TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS

RESUMO

Estudos têm demonstrado a viabilidade da utilização de dietas com menores teores de proteína na alimentação dos camarões em criações com bioflocos, em relação aos sistemas de criação convencionais, e também o uso de baixas salinidades para a produção das espécies de camarões eurialinas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes níveis de proteína na dieta e salinidades, sobre a qualidade de água, composição dos bioflocos e o desempenho zootécnico de juvenis de *L. schmitti* criados utilizando a tecnologia de bioflocos (BFT). Juvenis de camarões *L. schmitti* ($2,43 \pm 0,35$ g) foram criados em tanques com volume útil de 400 L (40 camarões/m²) em três salinidades (19, 26 e 33) e alimentados com duas dietas comerciais (30 e 40 % de proteína), durante um período de 35 dias. Entre os parâmetros de qualidade de água monitorados, a concentração de oxigênio dissolvido foi influenciada significativamente pela interação entre a salinidade e a proteína da dieta ($p < 0,05$), enquanto, a concentração de nitrito foi afetada pela interação dos fatores avaliados e pela salinidade. O efeito da interação entre os níveis de proteína e a salinidade sobre o desempenho do camarão *L. schmitti* não foi observado ($p > 0,05$). Quanto à proteína da dieta, a eficiência proteica foi o único parâmetro influenciado, indicando que os camarões utilizaram melhor a proteína, quando foram alimentados com a ração contendo 30 % de proteína ($p < 0,05$). Com relação à salinidade, somente a sobrevivência dos camarões apresentou diferença significativa entre os tratamentos, tornando-se evidente a relação positiva com o aumento da salinidade. Contudo, os resultados demonstraram que a criação da espécie *L. schmitti* em sistema BFT, pode ser realizado com a utilização de dieta com o menor nível de proteína e a menor salinidade avaliada neste estudo.

Palavras-chave: Sistema sem troca de água. Salinidade. Proteína.

ABSTRACT

Studies have demonstrated the feasibility of using diets with lower levels of protein in the diet of shrimp farmed in bioflocs, compared to conventional farming, and also the use of low salinities, for the farming of euryhaline shrimp species. Thus, the aim of this study was to investigate the influence of different protein levels of diet and salinities on formation of bioflocs and growth performance of juvenile *Litopenaeus schmitti* under BFT. Juvenile of *L. schmitti* ($2,43 \pm 0,35$ g) were grown in tanks with a volume of 400 L (40 shrimps/m²) in three salinities (19, 26 and 33) and fed with two commercial diets (30 and 40 % protein) during a period of 35 days. Between the water quality parameters monitored, the concentration of dissolved oxygen was significantly influenced by the interaction between salinity and protein ($p < 0,05$), while the nitrite concentration was affected by the interaction of the factors evaluated and the salinity. The effect of the interaction between protein levels and salinity on the performance of the shrimp *L. schmitti* was not observed ($p > 0,05$). As for protein, protein efficiency was the only parameter affected, indicating that protein shrimps used better when fed diet containing 30 % protein ($p < 0,05$). About the salinity, only the survival of shrimps showed significant differences between treatments, becoming evident the positive relationship with increasing salinity. However, the results showed that the farming of the species *L. schmitti* in BFT system, can be accomplished with the use of diet with lower protein and lower salinity evaluated in this study.

Key words: Zero-water-exchange system. Salinity. Protein

1 INTRODUÇÃO

A proteína é um nutriente importante no crescimento e desenvolvimento dos camarões peneídeos, podendo representar até 70 % do peso seco desses animais (AKIYAMA, 1992; LÓPEZ, 1999). Devido a sua importância, constitui o ingrediente mais abundante e o de maior custo nas dietas formuladas, o que torna grande a procura por fontes proteicas alternativas com boa qualidade nutricional e custo reduzido (AKIYAMA, 1992; ALVAREZ et al., 2007; KUHN et al., 2009).

A redução dos níveis de proteína das dietas formuladas apresenta vantagens econômicas e ambientais, principalmente pela diminuição do uso de farinha de peixe, fonte proteica de disponibilidade limitada e elevado custo (HARDY, 2010), e por permitir a redução do acúmulo de componentes nitrogenados no ambiente de produção (MARTINEZ-CORDOVA; CAMPAÑA-TORRES & PORCHAS-CORNEJO, 2003; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2008; SALZE et al., 2010). Dentro desse contexto, a tecnologia de bioflocos (BFT) surge como uma possibilidade de reduzir os níveis de proteína da dieta através da formação dos agregados microbianos, os bioflocos, que aumentam a eficiência proteica pela reciclagem do nitrogênio inorgânico em proteína microbiana, que podem ser consumidos pelos camarões (BURFORD et al., 2004; SAMOCHA et al., 2004; SILVA; WASIELESKY & ABREU, 2013). Diversos estudos já demonstraram a importância nutricional dos agregados microbianos, contendo entre 25 e 40 % de proteína bruta, para diversas espécies de camarões peneídeos (WASIELESKY et al., 2006; JU et al., 2008; KUHN et al., 2009; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012; XU et al., 2012).

A exigência proteica dos camarões peneídeos pode variar de acordo com diversos fatores bióticos como a espécie criada, o estágio de vida, estado fisiológico; e os fatores abióticos, como a salinidade, fato que ocorre pelo processo de osmorregulação incrementar o gasto energético dos animais (AKIYAMA, 1992; ROSAS et al., 1997; SETIARTO et al., 2004; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2007), e as fontes de energia utilizadas consistirem em proteína, carboidrato e lipídio (AKIYAMA, 1992; ROMANO & ZENG, 2012). Existem evidências que indicam que os camarões criados em baixa salinidade tendem a utilizar a proteína, em detrimento dos demais nutrientes, como fonte energética (LEI; HSIEH & CHEN, 1989). Shiau; Kwok & Chou (1991) relataram o aumento da exigência proteica do camarão *Penaeus monodon* de 40 % na água do mar para 44 % em salinidade 16. Entretanto, Romano & Zeng (2012) sugerem que a manipulação da dieta possui o potencial de melhorar a habilidade osmorregulatória de crustáceos decápodos em condições osmoticamente estressantes, permitindo o aumento da produtividade dos organismos aquáticos produzidos. Então, a suplementação alimentar com os bioflocos, por já ter sido verificada que são fontes adicionais de alto valor nutricional (WASIELESKY et al., 2006; KUHN et al., 2009), capazes de aumentar a imunidade (DE SCHRYVER et al., 2008; XU & PAN, 2013) e a eficiência digestiva dos camarões (MOSS; DIVAKARAN & KIM, 2001; XU et al., 2012), podem auxiliar a minimizar o efeito do estresse osmótico na criação de organismos aquáticos.

O estabelecimento dos níveis ótimos de salinidade é um ponto importante para o sucesso da produção na aquicultura, por afetarem o crescimento e a sobrevivência dos organismos aquáticos (PONCE-PALAFIX; MARTINEZ-PALACIOS & ROSS, 1997; ROSAS et al., 1997; BRITO; CHIMAL & ROSAS, 2000), sendo esta característica altamente espécie-específica (SHIAU; KWOK & CHOU, 1991; LIGNOT et al., 1999; BRITO; CHIMAL & ROSAS, 2000). O camarão *Litopenaeus schmitti* é uma espécie considerada eurialina (ROSAS et al., 1997), que ocorre no Atlântico Ocidental, das Antilhas ao Brasil, no estado do Rio Grande do Sul (PÉREZ FARFANTE & KENSLEY, 1997). Os adultos são encontrados em regiões marinhas e os juvenis em enseadas, baías e estuários, regiões de

menores salinidades (PEREZ-FARFANTE, 1969). Essa espécie de camarão possui alto valor comercial (COSTA et al., 2003) sendo suas populações naturais na costa brasileira afetadas pela intensa exploração pesqueira. O estabelecimento da produção comercial de *L. schmitti* se torna interessante tanto do ponto de vista econômico como ecológico, pois possibilitará ações de repovoamento em ambientes naturais e a diversidade da fonte do recurso pesqueiro. As informações sobre a possibilidade de criação em sistema BFT da espécie ainda são limitadas.

A produção em sistema BFT e com baixa salinidade tem demonstrado ser uma opção viável para espécies eurialinas, como o camarão *Litopenaeus vannamei* (MCINTOSH et al., 2001; DECAMP et al., 2003; MAICA; BORBA & WASIELESKY, 2012). A possibilidade de produção em baixas salinidades representa um benefício econômico como a utilização de áreas afastadas de regiões costeiras, que sofrem menos com a especulação imobiliária e com a poluição. Portanto, o objetivo do trabalho foi verificar a influência de diferentes salinidades e níveis de proteína na dieta em sistema de bioflocos sobre a qualidade de água, composição dos bioflocos e o desempenho zootécnico de juvenis *L. schmitti*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento Experimental

O estudo foi realizado durante 35 dias na Estação de Biologia Marinha (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), localizada em Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil (22°55'45.42" S e 43°54'25.13" O).

Para a avaliação da salinidade e proteína da dieta comercial, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 2x3. Os tratamentos consistiram em criação com bioflocos: (1) **S19R30**, com salinidade 19 mais ração com 30 % de proteína; (2) **S19R40**, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; (3) **S26R30**, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; (4) **S26R40**, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; (5) **S33R30**, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; (6) **S33R40**, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína, com três repetições para cada tratamento, totalizando 18 unidades experimentais.

Juvenis de *L. schmitti* selvagens foram capturados na Baía de Sepetiba, Itaguaí, Rio de Janeiro, e permaneceram em tanques, em sistema de água clara, por um período de aclimação de dez dias. A aclimação dos camarões da salinidade 33 para as salinidades 19 e 26 foram realizadas gradativamente reduzindo a salinidade em 3, a cada 24 h. Após atingir a salinidade desejada, os camarões permaneceram por mais cinco dias nas salinidades experimentais. Concluída a aclimação, os camarões, com peso inicial médio de $2,43 \pm 0,35$ g, foram estocados em uma densidade de 40 camarões/m².

As unidades experimentais consistiram de tanques de polietileno de 0,71 m² e volume útil de 400 L. Para garantir a aeração constante e uniforme, foi montado um sistema de aeração com mangueira e pedras porosas no fundo das unidades experimentais, ligado a um compressor radial, o qual permitiu a manutenção dos bioflocos em suspensão na coluna d'água. Buscando manter a temperatura da água dentro da faixa adequada, foram utilizados aquecedores submersos com termostato em cada unidade experimental. A água do mar captada passou por filtros mecânico e biológico, radiação ultravioleta, e após o abastecimento nas unidades experimentais foi clorada (10 ppm) e declorada com ácido ascórbico (1 ppm). Enquanto, a água de criação com as diferentes salinidades foi obtida através da mistura de água do mar (salinidade 33) e a doce, fornecida pela companhia estadual de abastecimento.

Não houve renovação de água durante o período de estudo, somente realizou-se a adição de água doce dechlorada nas unidades experimentais quando necessário, para a reposição das perdas por evaporação, mantendo assim as salinidades desejadas e o mesmo nível de água.

Durante o período experimental, as dietas comerciais foram fornecidas duas vezes ao dia (08:00 e 17:00 h) em bandejas teladas em uma quantidade diária correspondente a 4,5 % da biomassa de cada unidade experimental (JORY et al., 2001). O ajuste da ração foi realizado com base na biometria realizada no 15º dia de estudo.

2.2 Formação dos Bioflocos

Com o intuito de acelerar a formação dos bioflocos, foram inoculados em cada unidade experimental 20 litros de água proveniente de uma criação de *L. schmitti* em sistema BFT (com duração de 60 dias), correspondendo assim, a 5 % do total do volume de água utilizado nas unidades experimentais (KRUMMENAUER et al., 2012).

Inicialmente, a formação dos bioflocos foi estimulada através da adição de duas fontes de carbono orgânico, o melaço de cana-de-açúcar e o farelo de trigo. As quantidades de carbono e nitrogênio presentes no melaço de cana-de-açúcar, farelo de trigo e ração, foram obtidas através da análise de espectrometria de massa (aparelho CHN) para permitir o cálculo da fertilização orgânica durante o período experimental. A indução inicial de formação dos bioflocos começou no mesmo dia em que os camarões foram distribuídos em suas respectivas unidades experimentais, e consistiu da adição do melaço de cana-de-açúcar e farelo de trigo nas unidades experimentais, durante os três primeiros dias experimentais. A quantidade do fertilizante orgânico necessário foi calculada com base na quantidade de nitrogênio e carbono introduzidos no sistema através da ração, do melaço e farelo de trigo, buscando atingir uma relação de C:N de 15:1. O farelo de trigo foi adicionado em uma quantidade equivalente a 5 % do melaço, com a finalidade de substrato aos microorganismos. Além do farelo de trigo, foram ainda inoculadas microalgas *Tetraselmis chuii* (3×10^4 células/mL).

Após a indução inicial de formação dos bioflocos, a fertilização orgânica foi realizada com base no controle do nível de amônia total. Quando verificado um desses níveis ≥ 1 mg/L, a adição realizou-se considerando que 6 g de carbono são necessários para converter 1 g de amônia total em biomassa bacteriana (AVNIMELECH, 1999).

2.3 Monitoramento da Qualidade de Água

O monitoramento da qualidade da água foi realizado diariamente às 08:00 e 15:00 h, através da coleta de dados de temperatura, oxigênio dissolvido e pH (YSI modelo Proplus, Bernauer Aquacultura). Já a transparência da água, foi mensurada uma vez por semana, através do disco de Secchi, enquanto a salinidade foi verificada, com auxílio de um salinômetro, a cada dois dias. Além disso, amostras da água de criação foram coletadas a cada dois dias para análise da amônia total (KOROLEFF & PALMORK, 1972), duas vezes por semana para análise de nitrito (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983) e uma vez por semana para alcalinidade (APHA, 1998). O volume de bioflocos foi mensurado duas vezes por semana pelo cone graduado Imhoff, a fim de determinar a concentração dos sólidos totais sedimentáveis (mL/L).

Amostras de 100 mL da água de criação das unidades experimentais foram coletadas no 7º e 35º dia, e fixadas com 4 % de formaldeído. A análise preliminar da composição dos microorganismos dos bioflocos consistiu na tomada de três sub-amostras de 0,05 mL e observações de cinco campos em cada uma das sub-amostras. Adicionou-se lugol (2 %) nas amostras para facilitar a visualização dos microorganismos. A identificação e contagem do

zooplâncton foram realizadas com 400 e 100 x de aumento total em microscópio óptico (CH30, Olympus). A contagem das microalgas foi feita através de quatro sub-amostras em câmara de Neubauer (aumento total de 400 x). Esses foram identificados ao nível de táxon mais baixo possível com o auxílio de chaves de identificação (GRIFFITH, 1967; NEEDHAM, 1973; PALMER, 1977).

2.4 Análises de Composição Proximal

Ao final do experimento, em cada unidade experimental, todos os camarões e os bioflocos foram coletados para a análise de composição proximal. Os bioflocos foram coletados através de filtração da água (malha de 100 µm) e secos em estufa a 60° C até atingir um peso constante. Posteriormente, foram verificados os níveis de proteína bruta, lipídio bruto, cinzas e umidade, com as metodologias apropriadas no Laboratório de Tecnologia de Pescado da FIPERJ (FOLCH; LEES & SLOANE-STANLEY, 1957; AOAC, 2000).

2.5 Avaliação do Desempenho Zootécnico de *L. schmitti*

Ao final do experimento, os camarões de cada unidade experimental foram contados e pesados em balança de precisão (0,01 g). A avaliação do desempenho zootécnico foi realizada através dos índices: peso final, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, eficiência proteica, produtividade e sobrevivência de cada tratamento.

Os cálculos dos índices foram feitos usando as seguintes fórmulas:

Taxa de crescimento específico (%/dia) = [(média de peso final - média de peso inicial)*100]/dias de experimento

Conversão alimentar aparente = Quantidade de ração fornecida (g)/Ganho de biomassa (g)

Eficiência proteica = ganho de peso/quantidade de proteína consumida

Produtividade (g/m²) = biomassa (g)/ área de criação utilizada (m²)

Sobrevivência (%) = (número final de animais/número inicial de animais)*100

2.6 Análises Estatísticas

Os índices zootécnicos, dados de qualidade de água, valores de composição proximal do tecido dos camarões e bioflocos, e a densidade de microorganismos foram analisados a fim de verificar se atendiam as premissas da Análise de Variância (ANOVA), a homogeneidade e a normalidade através do teste de Cochran e Shapiro-Wilk, respectivamente. Posteriormente, os índices zootécnicos e dados de qualidade de água foram submetidos à Análise de Variância – two way (ANOVA). Enquanto, as densidades de microorganismos nos dias de amostragem durante o estudo foram submetidas à Análise de Variância de medidas repetidas. As diferenças entre as médias dos tratamentos foram identificadas através do teste de Tukey, e consideradas significativas em nível de 5 % de probabilidade. E para verificar a existência de correlação entre os teores de nutrientes dos bioflocos e do tecido dos camarões foi feita a Correlação de Pearson. A sobrevivência e a taxa de crescimento específico foram transformadas em arco seno da raiz quadrada (ZAR, 1996), porém somente os valores originais são apresentados. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistica 7.0.

3 RESULTADOS

Os parâmetros de qualidade de água monitorados na criação durante o período do presente estudo podem ser observados na Tabela 1. Entre os parâmetros de qualidade de água verificados durante o período experimental, as concentrações de oxigênio dissolvido, de amônia total e de nitrito apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). As maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas nos tratamentos S26R30 e S33R40 (Tabela 2). Quanto à amônia total, a concentração mais elevada foi observada no tratamento S33R40 e a inferior ocorreu no S19R30. Já para o nitrito, a maior concentração média foi verificada no tratamento com menor salinidade (S19R40), enquanto a menor foi em ambos os tratamentos com salinidade 33 (S33R30 e S33R40).

Tabela 1. Resultados da Análise de Variância dos parâmetros de qualidade de água monitorados em sistemas de criação com bioflocos de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína durante 35 dias de estudo.

Parâmetros	Valor F			Valor P		
	S	P	S x P	S	P	S x P
Temperatura manhã (° C)	0,05	2,12	0,77	0,943	0,171	0,317
Temperatura tarde (° C)	0,16	1,53	0,43	0,840	0,240	0,374
Oxigênio dissolvido manhã (mg/L)	3,9	0,8	18,4	0,074	0,392	0,016
Oxigênio dissolvido tarde (mg/L)	2,9	2,0	15,1	0,090	0,180	0,010
pH manhã	0,36	0,09	0,52	0,737	0,764	0,944
pH tarde	0,36	0,11	0,60	0,722	0,744	0,990
Alcalinidade (CaCO ₃ mg/L)	18,20	3,07	0,60	0,090	0,105	0,067
Transparência (cm)	1,98	0,04	2,06	0,177	0,845	0,556
Amônia total (mg/L)	3,54	0,82	6,82	0,058	0,384	0,030
Nitrito (mg/L)	9,58	1,66	1,04	0,049	0,221	0,036
Volume de bioflocos (mL/L)	0,30	0,29	0,80	0,745	0,598	0,473

Tabela 2. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) monitorados em sistemas de criação com bioflocos de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína durante 35 dias de estudo

Parâmetros	S 19		S 26		S 33	
	R30	R40	R30	R40	R30	R40
Temperatura manhã (° C)	26,64±1,17	27,50±1,47	27,16±1,06	27,26±1,06	27,07±1,10	27,28±0,87
Temperatura tarde (° C)	27,08±1,25	27,81±1,35	27,58±1,27	27,70±1,08	27,46±1,48	27,66±0,93
OD manhã (mg/L)	6,15±0,05 ^A	6,21±0,04 ^{AB}	6,30±0,04 ^B	6,18±0,04 ^A	6,16±0,06 ^A	6,29±0,02 ^B
OD tarde (mg/L)	6,19±0,05 ^A	6,25±0,03 ^{AB}	6,32±0,04 ^B	6,21±0,05 ^A	6,20±0,07 ^A	6,34±0,04 ^B
pH manhã	8,21±0,17	8,23±0,23	8,29±0,21	8,18±0,36	8,13±0,33	8,19±0,19
pH tarde	8,25±0,12	8,29±0,20	8,33±0,21	8,23±0,17	8,20±0,29	8,22±0,21
Alcalinidade (CaCO ₃ mg/L)	125,55±15,30	127,30±18,61	127,90±14,70	126,80±26,30	131,45±21,45	134,74±29,40
Transparência (cm)	30,04±5,25	29,42±4,87	28,86±3,96	25,89±5,13	24,33±5,30	28,50±3,99
Amônia total (mg/L)	0,02±0,04 ^A	0,04±0,07 ^{AB}	0,04±0,06 ^{AB}	0,03±0,05 ^{AB}	0,04±0,06 ^{AB}	0,05±0,06 ^B
Nitrito (mg/L)	1,37±0,47 ^{abA}	1,87±0,39 ^{ba}	1,17±0,12 ^{abB}	1,05±0,28 ^{abB}	0,70±0,15 ^{ac}	0,88±0,28 ^{ac}
Volume de bioflocos (mL/L)	47±35,06	29±36,14	18±20,28	32±36,70	32±46,12	12±10,51

OD, oxigênio dissolvido. S19R30, sistema BFT com salinidade 19 e fornecimento de ração com 30 % de proteína; S19R40, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; S26R30, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; S26R40, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; S33R30, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; S33R40, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p<0,05$) quanto aos fatores salinidade ou níveis de proteína. Letras maiúsculas na mesma linha indicam diferenças significativas ($P<0,05$) quanto à interação níveis de proteína x salinidade. S, salinidade; P, nível de proteína; S x P, interação entre salinidade e proteína.

Além de variações entre os tratamentos, a amônia total e o nitrito apresentaram alterações durante o período experimental. Picos na concentração de amônia total ocorreram durante a criação, e atingiram valores de até 0,20 mg/L no tratamento S26R30 (Figura 1).

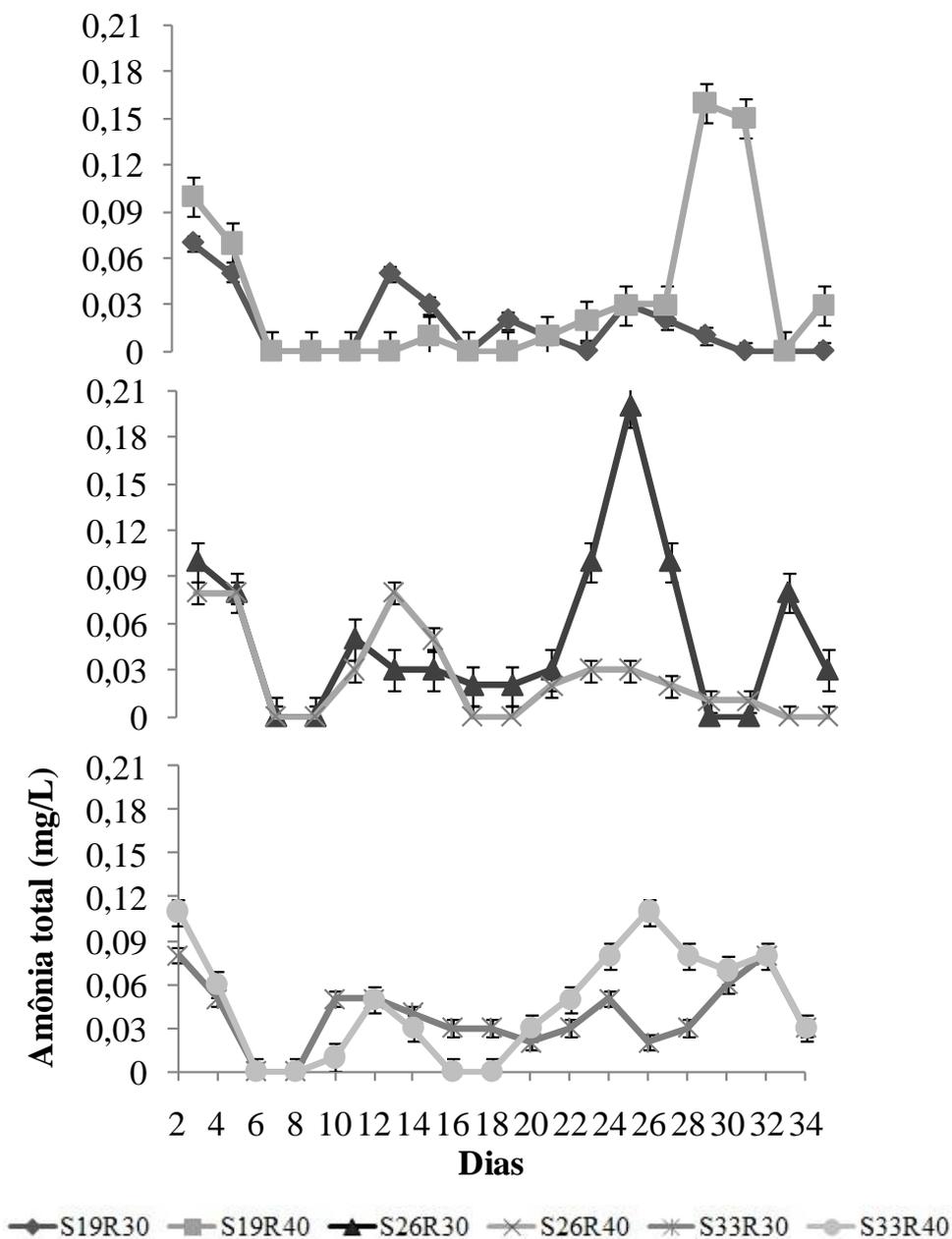


Figura 1. Variação da concentração de amônia total (médias±erro padrão) do sistema BFT de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com rações contendo dois níveis de proteína.

As concentrações superiores de nitrito também apresentaram oscilações atingindo um valor máximo de 2,8 mg/L em ambos os tratamentos com salinidade 19 (Figura 2).

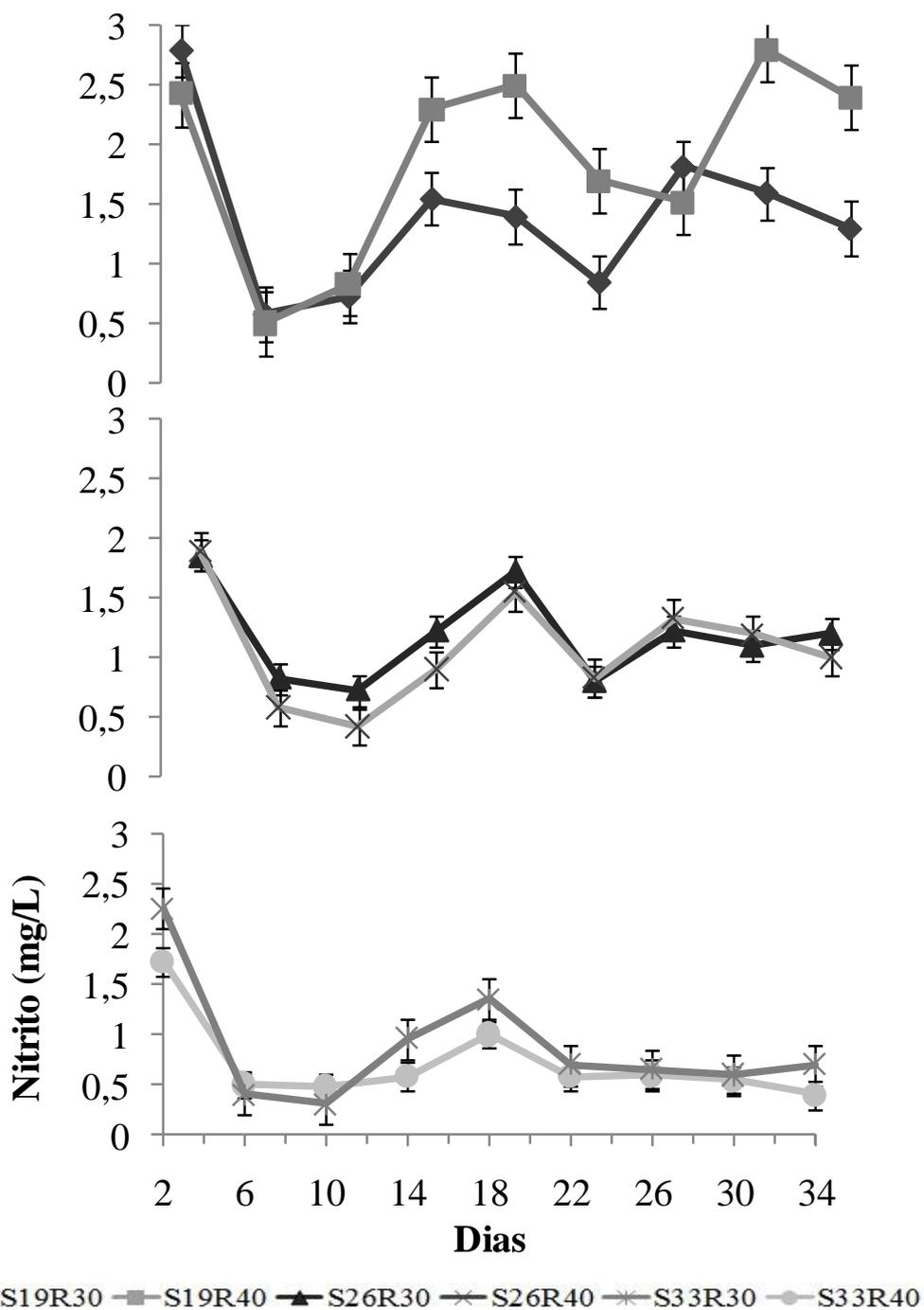


Figura 2. Variação da concentração do nitrito (médias±erro padrão) do sistema BFT de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com rações contendo dois níveis de proteína.

A composição proximal dos bioflocos apresentou diferença significativa entre os tratamentos (F: salinidade = 67,63; proteína = 86,85; S x D = 170,99) conforme pode ser observado na Tabela 3. Os maiores níveis de proteína e de lipídios foram observados nos tratamentos com salinidade 19, tendendo nos demais tratamentos, a uma redução nos níveis de proteína com o aumento da salinidade. Enquanto, uma relação inversa ocorreu em relação aos níveis de cinzas, para o qual a concentração superior registrou-se nos tratamentos com dieta,

salinidade 33, e a inferior nos tratamentos com salinidade 19. Quanto aos teores de proteína, lipídio e umidade apresentaram maiores valores nos bioflocos formados no sistema BFT com adição de ração contendo 40 % de proteína, já as cinzas foram superiores nos bioflocos dos tratamentos com adição de ração com 30 %.

Tabela 3. Composição proximal dos bioflocos produzidos nos sistemas BFT de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.

Tratamentos	Composição centesimal (%)			
	Proteína bruta	Lipídio bruto	Cinzas	Umidade
S19R30	24,07 ^{aB}	2,47 ^{aB}	39,63 ^{cA}	10,37 ^B
S19R40	24,44 ^{aA}	5,38 ^{aA}	37,82 ^{cB}	9,10 ^A
S26R30	17,76 ^{bB}	2,57 ^{bB}	42,05 ^{bA}	8,87 ^B
S26R40	20,47 ^{bA}	1,93 ^{bA}	45,72 ^{bB}	10,42 ^A
S33R30	15,69 ^{cB}	1,59 ^{cB}	61,73 ^{aA}	8,28 ^B
S33R40	16,28 ^{cA}	0,97 ^{cA}	42,55 ^{aB}	10,51 ^A

S19R30, sistema BFT com salinidade 19 e fornecimento de ração com 30 % de proteína; S19R40, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; S26R30, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; S26R40, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; S33R30, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; S33R40, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína. Letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas em relação a salinidade e as maiúsculas em relação a proteína da dieta ($p < 0,05$).

A composição proximal dos camarões criados nos diferentes tratamentos, que pode ser observada na Tabela 4, apresentou diferenças significativas quanto aos fatores isolados salinidade e níveis de proteína da dieta e a interação de ambos (Valores F: salinidade = 1060,75; proteína = 202,12; salinidade x proteína = 89,37). Através da correlação de Pearson foi verificada a existência de correlação entre os nutrientes dos bioflocos e dos tecidos dos camarões criados em sistema BFT no presente estudo, com uma correlação positiva entre os níveis de proteína ($r = 0,82$), cinzas ($r = 0,24$) e umidade ($r = 0,63$) e negativa entre os níveis de lipídio ($r = -0,22$). Salientando-se que a correlação mais forte foi verificada entre os teores de proteína dos bioflocos e do tecido dos camarões *L. schmitti*.

As rações comerciais também foram analisadas, sendo o conteúdo de proteína bruta de 33,91 % e 41,96 % registrados para as dietas contendo 30 % e 40 %, respectivamente.

Tabela 4. Composição proximal do tecido dos camarões *L. schmitti* criados no sistema BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.

Tratamentos	Composição centesimal (%)			
	Proteína bruta	Lipídio bruto	Cinzas	Umidade
S19R30	24,34 ^{aB}	0,86 ^{bA}	1,17 ^{bA}	78,87
S19R40	24,44 ^{aA}	0,49 ^{bB}	1,55 ^{bB}	76,87
S26R30	15,64 ^{cB}	1,10 ^{aA}	1,44 ^{cA}	76,81
S26R40	17,11 ^{cA}	0,91 ^{aB}	0,97 ^{cB}	80,26
S33R30	18,24 ^{bB}	0,67 ^{cA}	1,61 ^{aA}	76,69
S33R40	17,22 ^{bA}	0,55 ^{cB}	1,59 ^{aB}	77,02

S19R30, sistema BFT com salinidade 19 e fornecimento de ração com 30 % de proteína; S19R40, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; S26R30, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; S26R40, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; S33R30, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; S33R40, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína. Letras minúsculas na mesma coluna indicam diferenças significativas em relação a salinidade e as maiúsculas em relação a proteína da dieta ($p < 0,05$).

Através da análise de composição microbiológica dos bioflocos, diversos grupos de organismos foram identificados (Tabela 5). A composição e a densidade de organismos presentes nos bioflocos apresentaram diferenças entre os tratamentos. Quanto aos protistas autotróficos, as diatomáceas (*Navicula* sp. e *Nitzschia* sp.) as clorofíceas (*T. chuii*, *Pyramimonas* sp. e *Chlorella* sp.) e as cianobactérias (*Lyngbya* sp.; *Phormidium* sp. e *Oscillatoria* sp.) foram os principais grupos de organismos encontrados nos bioflocos nos diferentes tratamentos. Já entre os organismos heterotróficos, os protozoários (*Acineta* sp., *Euplotes* sp., *Diophrys* sp. e *Vorticella* sp.), nematódeos, rotíferos e crustáceos (Copepoda) foram os principais grupos encontrados. Outros organismos como larvas de gastrópodes (Mollusca), poliquetas (Annelida) e ácaros (Acarina) também foram encontrados, porém, pela dificuldade de identificação não foram contabilizados. Pode ser verificada através dos resultados da Análise de Variância de medidas repetidas, somente diferença significativa quanto à densidade de microorganismos dentro dos diferentes grupos identificados na formação dos bioflocos ($F = 17,45$; $p = 0,0001$), sendo maior a densidade de cianobactérias, seguida pela de microalgas clorofíceas, em relação aos demais grupos.

Tabela 5. Composição e densidade média dos microorganismos dos bioflocos presentes nos sistemas de *L. schmitti* em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína coletados aos 7 e 35 dias de estudo.

Táxon	S19R30	S19R40	S26R30	S26R40	S33R30	S33R40
Diatomácea (10³ céls/mL)						
<i>Nitzschia</i> sp.	A	A	A	A	A	0,10
<i>Navicula</i> sp.	1,35	0,21	0,52	0,38	0,52	0,62
Cloroficea (10³ céls/mL)						
<i>Tetraselmis chuii</i>	3,96	4,59	3,54	5,49	13,44	16,18
<i>Pyramimonas</i> sp.	A	14,79	A	A	A	A
<i>Chlorella</i> sp.	1,56	3,02	0,83	0,83	0,73	0,66
Cianobactéria (10³ céls/mL)						
<i>Lyngbya</i> sp.	1,98	9,18	2,19	2,12	49,27	58,54
<i>Phormidium</i> sp.	A	A	0,10	0,21	A	A
<i>Oscillatoria</i> sp.	A	0,73	A	0,21	A	A
Protozoário (org/mL)	126,44	174	115,78	130,78	148,67	166,44
Rotífero (org/mL)	28,67	12,78	41,67	18,78	80	44,44
Nematódeo (org/mL)	14,89	13,33	15,78	9,17	16,22	18,23
Crustáceo (org/mL)	A	0,67	A	0,84	4	2,89

A, ausente. S19R30, sistema BFT com salinidade 19 e fornecimento de ração com 30 % de proteína bruta; S19R40, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; S26R30, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; S26R40, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; T33R30, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; T33R40, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína.

A densidade de organismos autotróficos presentes nos bioflocos nos diferentes tratamentos, no 7° e 35° dia de estudo pode ser observada na Figura 3. Em relação à salinidade, a cianobactéria foi a mais frequente nos bioflocos formados nos tratamentos com salinidade 33, enquanto as clorofíceas foram os organismos autotróficos mais abundantes nos tratamentos com salinidades 19 e 26.

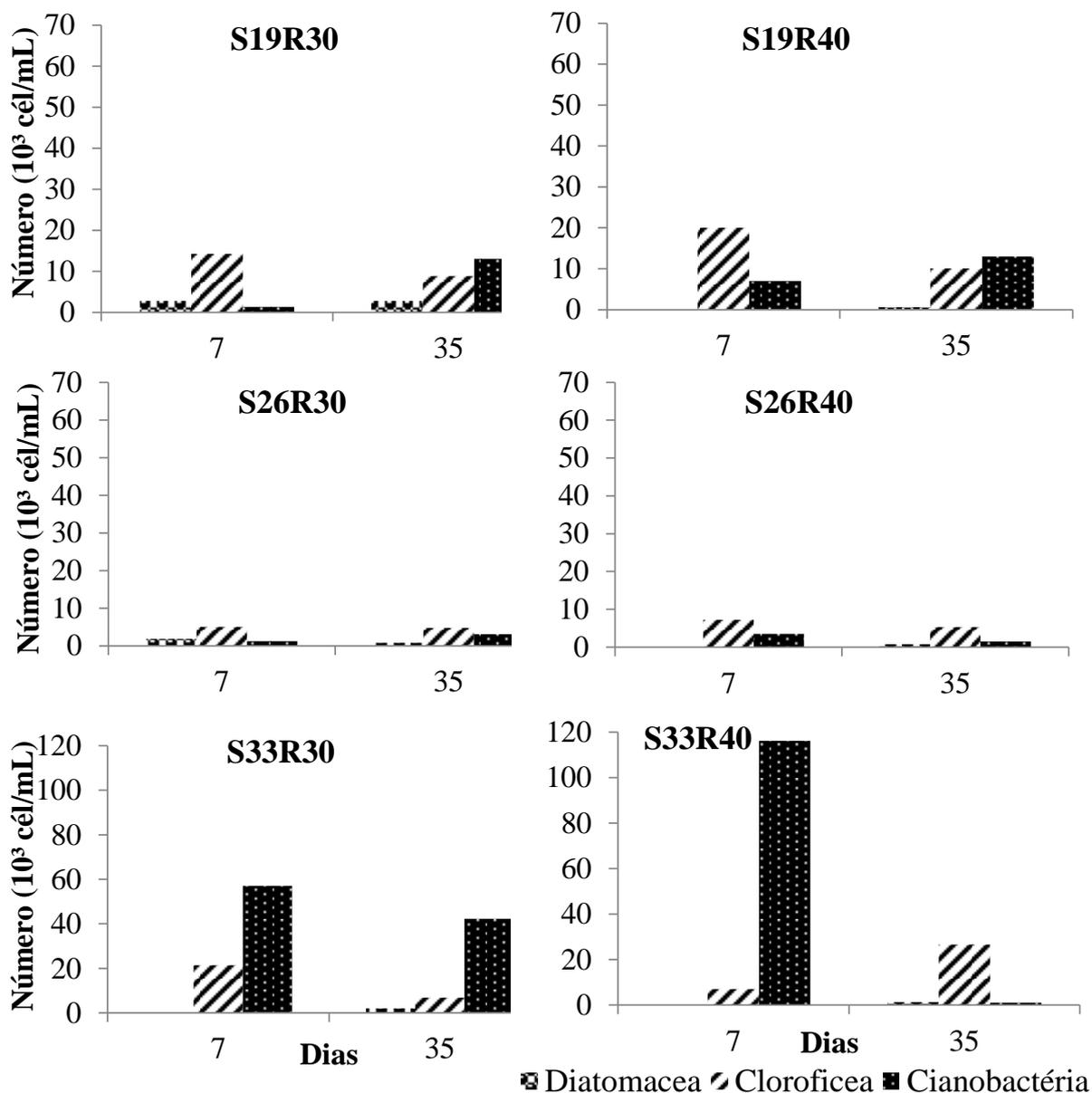


Figura 3. Densidade média de organismos autotróficos presentes nos bioflocos em sistemas BFT de *L. schmitti* no 7° e 35° dia de estudo.

As diatomáceas apresentaram menor abundância em todos os tratamentos, porém foram mais encontradas na salinidade 19. Quanto aos níveis de proteína, em geral, os organismos autotróficos apresentaram maior abundância nos bioflocos formados nos tratamentos em que se utilizou a ração com maior nível de proteína (40 %).

A densidade de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos nos diferentes tratamentos, no 7° e 35° dia de estudo pode ser observada na Figura 4. A abundância de organismos heterotróficos variou entre os tratamentos, sendo mais abundantes na salinidade

33 e menos na salinidade 26. Com relação à proteína, as densidades dos protozoários e rotíferos parecem estar relacionadas com o nível de proteína da dieta. Os protozoários foram mais presentes nos bioflocos formados nos tratamentos em que os camarões alimentaram-se da ração com 40 % de proteína. Já, as maiores densidades de rotíferos foram encontradas nos tratamentos em que se forneceu a ração com 30 % de proteína.

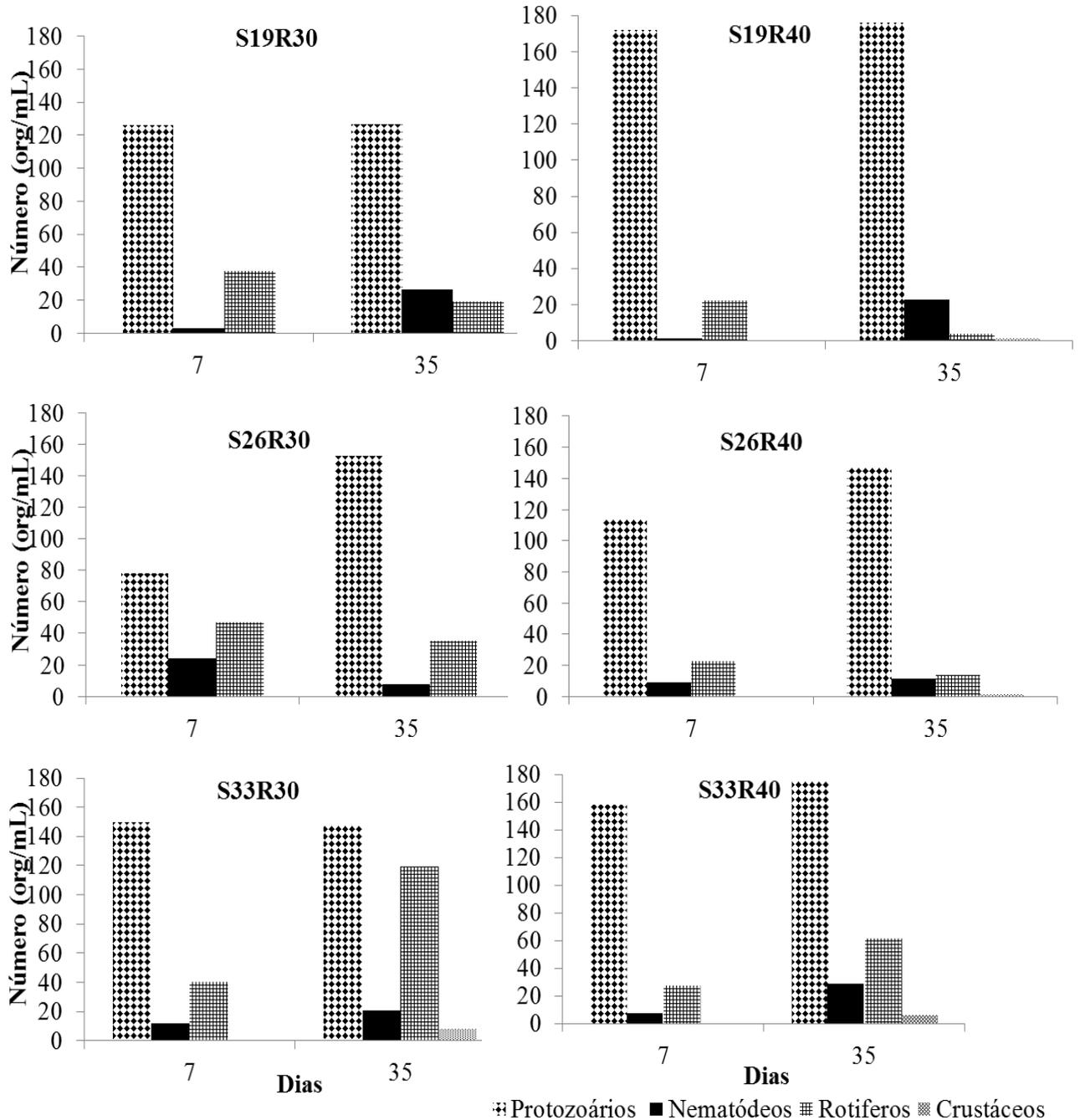


Figura 4. Densidade média de organismos heterotróficos presentes nos bioflocos em sistemas BFT de *L. schmitti* no 7º e 35º dia de estudo

Quanto ao desempenho zootécnico dos juvenis de *L. schmitti*, o melhor crescimento foi verificado nos camarões do tratamento com salinidade 26 e alimentados com dieta

comercial contendo 40 % de proteína. Porém, o efeito de interação entre salinidade e nível de proteína da dieta não foi significativo (Tabela 6). A eficiência proteica foi o único parâmetro que apresentou diferenças em relação aos níveis de proteína, apresentando o melhor resultado com a utilização de rações contendo 30 % ($p < 0,05$) (Tabela 7). Em relação à salinidade, este parâmetro abiótico afetou somente a sobrevivência ($p < 0,05$), que foi superior nos tratamentos com salinidade 33 e inferior nos tratamentos com salinidade 19. Porém, a sobrevivência foi alta e acima de 80 % em todos os tratamentos deste estudo.

Tabela 6. Resultados da Análise de Variância dos índices zootécnicos de *L. schmitti* criados em sistema BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo.

Índices zootécnicos	Valor F			Valor P		
	S	P	S x P	S	P	S x P
Peso final	0,886	2,675	0,093	0,848	0,690	0,848
Taxa de crescimento específico	0,917	0,573	2,318	0,746	0,057	0,972
Eficiência proteica	0,661	7,853	0,113	0,534	0,016	0,894
Conversão alimentar aparente	0,920	3,999	0,282	0,424	0,068	0,757
Produtividade	2,101	2,217	0,054	0,165	0,162	0,948
Sobrevivência	5,222	0,332	2,572	0,026	0,558	0,121

Tabela 7. Índices zootécnicos (média±desvio padrão) de *L. schmitti* (2,43 ±0,35 g) criados em sistemas BFT em diferentes salinidades e alimentados com dietas comerciais contendo dois níveis de proteína ao final de 35 dias de estudo

Índices zootécnicos	S19		S26		S33	
	R30	R40	R30	R40	R30	R40
Peso Final (g)	3,1±0,50	3,34±0,21	3,29±0,60	3,75±0,43	3,34±0,41	3,67±0,44
Taxa de crescimento específico (%/dia)	1,92±1,94	2,98±0,57	2,30±1,22	3,69±1,44	2,18±0,46	3,33±0,99
Eficiência Proteica	2,09±0,48 ^a	1,81±0,08 ^b	1,89±0,32 ^a	1,89±0,20 ^b	2,33±0,09 ^a	1,91±0,23 ^b
Conversão Alimentar Aparente	1,65±0,35	1,38±0,06	1,48±0,20	1,33±0,15	1,43±0,06	1,32±0,15
Produtividade (g/m²)	106±20,65	125±9,01	128±30,60	140±11,40	133±18,50	145±26,82
Sobrevivência (%)	84±7,18 ^b	92±1,99 ^b	94±5,27 ^{ab}	92±5,27 ^{ab}	98±1,99 ^a	95±3,98 ^a

S19R30, sistema BFT com salinidade 19 e ração com 30 % de proteína; S19R40, salinidade 19 e ração com 40 % de proteína; S26R30, salinidade 26 e ração com 30 % de proteína; S26R40, salinidade 26 e ração com 40 % de proteína; S33R30, salinidade 33 e ração com 30 % de proteína; S33R40, salinidade 33 e ração com 40 % de proteína. S, salinidade; P, nível de proteína da ração; S x P, interação entre salinidade e nível de proteína da ração. Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P<0,05$) entre os tratamentos.

4 DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de Água

Os parâmetros de qualidade de água monitorados ao longo do estudo, exceto a temperatura da água, permaneceram dentro dos níveis considerados adequados para a criação de camarões peneídeos (VAN WYK & SCARPA, 1999; LIN & CHEN, 2001; GIROTTO, 2010). De acordo, com Van Wyk & Scarpa (1999), o ideal é a manutenção da temperatura entre 28 a 32° C, entretanto apesar do esforço em mantê-la adequada com a utilização de aquecedores elétricos, a temperatura apresentou valores abaixo dos limites ideais ao longo da criação de *L. schmitti* em todos os tratamentos. O controle da temperatura é importante por ser um parâmetro abiótico, que afeta o crescimento e sobrevivência dos camarões (O'BRIEN, 1994; OCAMPO et al., 2000), porém acredita-se que a variação da temperatura da água no presente estudo não afetou de forma significativa o desempenho dos juvenis de *L. schmitti*.

A salinidade exerce influência sobre a concentração de oxigênio dissolvido na água de criação, através de alterações metabólicas provocadas nos camarões (CHEN & NAN, 1995; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2007). Rosas et al. (1997) reportaram um aumento do consumo de oxigênio de pós-larvas de *L. schmitti* com a elevação de salinidade na qual foram mantidos. Além disso, a solubilidade do oxigênio na água diminui com o incremento da salinidade (ARANA, 2010). No presente estudo, a concentração de oxigênio dissolvido foi afetada significativamente pela interação da salinidade e proteína da dieta. Esta característica física e química da água aparentemente foi influenciada também pelo volume de bioflocos. Pode-se observar que as maiores concentrações de oxigênio foram verificadas nos tratamentos (S26R30 e S33R40) onde foram registrados os menores volumes de bioflocos, influenciados provavelmente pelo menor consumo de oxigênio dos microorganismos heterotróficos presentes nestes tratamentos (WASIELESKY et al., 2006).

Em sistemas de produção fechados e BFT sem renovação de água, as concentrações elevadas de compostos nitrogenados inorgânicos tendem a ocorrer ao longo do ciclo de produção, como resultado da decomposição de alimentos não consumidos, fezes, excreção animal e da atividade de nitrificação pelas bactérias (AVNIMELECH, 1999; DECAMP et al., 2003). Entretanto, a concentração elevada de amônia pode afetar a capacidade osmorregulatória dos camarões, devido à principal forma de proteção do animal contra o acúmulo deste composto nitrogenado no ambiente, estar relacionada diretamente ao processo osmorregulatório (PEQUÉUX, 1995). WEIHRAUCH; MORRIS & TOWLE (2004) sugerem que o principal mecanismo de eliminação do excesso de amônia da hemolinfa seria através de transporte ativo nas brânquias de crustáceos. Porém, altas concentrações de amônia no ambiente provocam danos às estruturas branquiais, e dependendo do nível podem provocar a mortalidade destes animais (REBELO et al., 2000; ROMANO & ZENG, 2007). Este fato torna muito importante o controle efetivo da qualidade de água durante a produção na aquicultura, principalmente em sistemas BFT sem renovação de água e em baixa salinidade. Neste estudo, as concentrações dos compostos nitrogenados inorgânicos permaneceram dentro dos níveis adequados durante todo período, demonstrando a eficiência dos processos de assimilação por bactérias e organismos autotróficos, e de nitrificação pelas bactérias nitrificantes no sistema de bioflocos (AVNIMELECH, 1999; KHATOON et al., 2007).

Desta forma, a regulação na hemolinfa e os níveis de toxicidade da amônia apresentam grande influência da salinidade (ROMANO & ZENG, 2012), como comprovado por estudos com espécies de camarões peneídeos, quando mantidos em menores salinidades, estes aumentaram a excreção de nitrogênio amoniacal, assim como apresentaram os níveis de amônia na hemolinfa elevados (CHEN & LIN, 1991; LI et al., 2007). Lin & Chen (2003)

observaram em *L. vannamei* e Barbieri (2010) em *L. schmitti*, que os juvenis tornaram-se menos tolerantes à amônia em condição hipo-osmótica. E Giroto (2010), determinou o nível de segurança de amônia total como sendo de 0,24 mg/L em salinidade 20 para o camarão *L. schmitti*, portanto as concentrações verificadas ao longo deste estudo foram abaixo desse nível em todos os tratamentos.

Semelhante ao observado por Pérez-Velazquez et al. (2007) para o camarão *L. vannamei*, no presente estudo, a salinidade afetou a concentração de nitrito na criação de *L. schmitti*. Entretanto, ao contrário do encontrado por Pérez-Velazquez et al. (2007) e Maica; Borba & Wasielesky (2012), a maior concentração de nitrito ocorreu nos tratamentos com a menor salinidade no sistema BFT de *L. schmitti*. De acordo com Maica; Borba; Wasielesky (2012), a concentração superior de nitrito no sistema de bioflocos de *L. vannamei* encontrada na maior salinidade utilizada, sugeriu a ocorrência mais intensa de nitrificação nesta. Desta forma, acredita-se que neste estudo, a concentração elevada de nitrito no tratamento com a menor salinidade, ocorreu devido à intensificação da nitrificação pelas bactérias, em decorrência do volume superior de bioflocos na salinidade 19. Em todos os tratamentos, os volumes de bioflocos apresentaram concentrações acima do valor recomendado de até 10 mL/L para o sistema BFT (SAMOCHA et al., 2007), porém, não influenciaram negativamente a criação de *L. schmitti* pelo fato das concentrações de oxigênio dissolvido e dos componentes de nitrogênio inorgânicos terem permanecido adequadas (RAY et al., 2010).

A excreção de amônia é um produto do metabolismo da proteína dietética pelos camarões (ROMANO & ZENG, 2012), por essa razão, assim como observado para *L. schmitti* no presente estudo, para *Litopenaeus setiferus* por Samocha et al. (1998) e para *L. vannamei* por McIntosh et al. (2001), existe uma tendência de maior acúmulo de compostos nitrogenados inorgânicos, com o aumento do teor de proteína nas dietas utilizadas. Perez-Velazquez et al. (2008) afirmaram que em sistemas BFT a utilização de dietas com baixo nível de proteína são mais apropriadas por fornecerem mais carbono para as bactérias heterotróficas, e evitar a acumulação de compostos nitrogenados, assim como observado neste estudo para *L. schmitti*.

A metodologia da reutilização de água de uma criação de *L. schmitti* realizada em sistema BFT durante 60 dias como inóculo possivelmente contribuiu para a melhoria da qualidade de água no experimento, concordando com Krummenauer et al. (2012), que afirmaram que o uso de um inóculo mínimo de 2,5 % acelera a formação de bioflocos, o qual permitiu verificar menores concentrações de amônia e nitrito em sistemas BFT com reutilização da água, comparado ao sistema sem reutilização.

4.2 Composição Microbiana dos Bioflocos

O alimento natural disponível durante a criação de camarões peneídeos apresenta importância nutricional e podem contribuir para a redução dos níveis proteicos das dietas artificiais (AKIYAMA, 1992; MARTINEZ-CORDOVA; CAMPAÑA-TORRES & PORCHAS-CORNEJO, 2002). Fraga et al. (2002) ao criarem *L. schmitti* em sistema extensivo, estimaram que o alimento natural contribuíram entre 58,2 e 87,9 % com o crescimento do camarão. Entretanto, a intensificação dos sistemas de produção convencionais reduz a contribuição nutricional do alimento natural e torna maior a necessidade do uso de dietas formuladas de boa qualidade na alimentação de camarões peneídeos (SHIAU, 1998). Todavia, a formação e disponibilidade de agregados microbianos, compostos por diversos organismos, estimulados pela alta relação C:N na água do sistema BFT é considerada como uma das razões do melhor desempenho dos organismos produzidos neste sistema (AVNIMELECH, 1999; SAMOCHA et al., 2007).

A quantidade superior de nutrientes pelo acúmulo da concentração de compostos nitrogenados no tratamento em que foi fornecida uma dieta com maior teor de proteína, pode ter induzido o aumento do crescimento de microorganismos, como sugerido por Decamp et al. (2003) em relação a protozoários ciliados. Concordando com esses autores, foi observada uma densidade superior de protozoários nos tratamentos em que a alimentação dos camarões foi feita com a dieta contendo maior nível de proteína (40 %). Martinez-Cordova; Campaña-Torres & Porchas-Cornejo (2002) também encontraram maior abundância de zooplâncton em criação com pouca troca de água de *L. vannamei*, alimentados com dieta contendo 40 % de proteína comparado com a dieta contendo 25 %.

Decamp et al. (2003) relataram o efeito de diferentes salinidade sobre a abundância e ocorrência de ciliados em sistema BFT de *L. vannamei*, no qual a maior abundância ocorreu na salinidade 36 (6258 céls/mL) comparado à salinidade 18 (4375 céls/mL). Os mesmos autores também encontraram variações na ocorrência de nematódeos, presentes somente em salinidade 36, e na maior abundância de rotíferos na salinidade 18 em relação à salinidade 36. Assim, concordando com esses autores, as alterações nas densidades de organismos foram observadas entre as três salinidades avaliadas no sistema BFT de *L. schmitti*, no qual a maior abundância de organismos heterotróficos ocorreu na salinidade 33, enquanto a de autotróficos ocorreu na salinidade 19. Ju et al. (2008) também encontraram variações nas abundâncias de grupos de microalgas, com elevada abundância de clorofíceas na formação dos bioflocos na criação com a menor salinidade (5) e de diatomáceas na maior salinidade (32) utilizada. No presente estudo, as diatomáceas apresentaram maiores densidades na salinidade 19, enquanto as cianobactérias e clorofíceas foram superiores na salinidade 33. As alterações observadas na composição microbiana dos bioflocos ao longo do período de estudo, como a superior abundância de protozoários nos tratamentos com a ração contendo 40 % de proteína, e a de rotíferos nos tratamentos com a dieta contendo 30 %, estão relacionadas à interação dinâmica entre os microorganismos e seus diferentes papéis dentro da cadeia trófica formada no sistema BFT (DECAMP et al., 2003).

4.3 Composição Proximal dos Bioflocos e de Camarões *L. schmitti*

Ao contrário do presente estudo, Xu et al. (2012) observaram uma tendência de diminuição da proteína dos bioflocos com o aumento do nível de proteína da dieta, com os níveis variando entre 25,61 % para dieta com 35 % de proteína e 31,14 % para dieta com 20 %. Já para os níveis de cinzas e lipídio esses autores encontraram um padrão inverso, com os teores aumentando nos agregados microbianos à medida que se utilizou uma dieta com maior teor de proteína, discordando com os resultados do presente estudo, em que observou níveis superiores de lipídios e cinzas dos bioflocos formados nos tratamentos em que se forneceu a ração com menor teor de proteína (30 %).

Quanto à salinidade, as mesmas tendências de aumento dos níveis de proteína e de lipídio dos bioflocos, à medida que a salinidade utilizada foi reduzida, e o padrão inverso para os teores de cinzas observados no presente estudo, foi encontrado por Maica; Borba & Wasielesky (2012), em sistema BFT de *L. vannamei* em salinidades 2, 4 e 25. Os teores mais elevados de proteína e de lipídios dos bioflocos encontrados nos tratamentos com salinidade 19 devem estar relacionados à maior quantidade de microorganismos, visto que, o maior volume de bioflocos ocorreu nestas condições experimentais. Contudo, o volume mais elevado na menor salinidade (19) avaliada no presente estudo não se assemelha ao observado por Decamp et al. (2003) e Maica; Borba & Wasielesky (2012), que reportam o desenvolvimento superior dos agregados microbianos nas maiores salinidades utilizadas por eles.

Alguns pesquisadores analisando a influência dos níveis de proteína da dieta sobre a composição corporal de camarões peneídeos, encontraram uma relação positiva entre o aumento da proteína da dieta e a composição corporal de proteína no camarão (WASIELESKY et al., 2006; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2008; TENDULKAR & KULKARNI, 2011). Quanto ao lipídio, Tendulkar & Kulkarni (2011) relatam que os níveis deste nutriente seguiram uma tendência contrária a da proteína, sendo mais incorporados aos camarões *Fenneropenaeus merguensis*, que se alimentaram de uma dieta com teor de proteína inferior (40 %) comparado às outras dietas utilizadas (45, 50, 55 e 60 %). Os resultados da composição proximal da espécie *L. schmitti* foram semelhantes aos reportados pelos últimos autores citados, sendo o maior depósito de proteína corporal encontrado nos camarões alimentados com a dieta contendo 40 % de proteína, enquanto os níveis superiores de cinzas e de lipídios foram obtidos naqueles alimentados com a dieta contendo 30 %. Assim como verificado por Wasielesky et al. (2006) para *L. vannamei* criados em sistema BFT, a melhor retenção corporal de proteína tendeu a ocorrer nos camarões *L. schmitti* alimentados com a dieta contendo maior nível proteico.

Em relação à influência da salinidade sobre a composição corporal de *L. schmitti*, o menor teor de água corporal foi verificado, quando criados na maior salinidade (33). Essa mesma relação também foi encontrada para *L. vannamei* por Perez-Velazquez et al. (2007) e segundo estes autores, o maior conteúdo corporal de água em camarões em baixas salinidades relaciona-se à maior absorção de água, quando expostos a estas condições de produção. Os conteúdos de proteína, lipídio e cinzas na composição corporal do camarão *L. schmitti* parecem ter sido influenciadas somente pela composição dos bioflocos e da dieta.

4.4 Desempenho Zootécnico de *L. schmitti*

Assim como no presente estudo, Xu et al. (2012) não encontraram diferenças no crescimento do camarão *L. vannamei* criado em sistema BFT e alimentados com dietas contendo 25, 30 e 35 % de proteína. Enquanto, McIntosh et al. (2001) relataram melhor crescimento de *L. vannamei* no mesmo sistema de criação, alimentado com dieta comercial contendo 31 % de proteína comparado à dieta com 21 %. Ballester et al. (2010) avaliaram a utilização de cinco dietas (25, 30, 35, 40 e 45 % de proteína) no sistema de bioflocos de *Farfantepenaeus paulensis* e afirmaram que um melhor desempenho dos camarões pode ser obtido, quando alimentados com uma dieta contendo no mínimo 35 % de proteína.

A proteína da dieta exerceu efeito significativo sobre a eficiência proteica, sendo este índice superior para a dieta com menor nível do nutriente (30 %), independente da salinidade, reforçando que o uso de rações com menor nível de proteína seja mais eficiente na criação de camarões. O fornecimento de dietas com a quantidade adequada de proteína é um fator importante, pois esse nutriente quando em excesso, pode ser utilizado como fonte energética pelos camarões, tornando a proteína não eficiente economicamente (AKIYAMA, 1992). Além da proteína ser considerada um poluente ambiental em potencial, devido ao produto final da digestão da proteína ser os compostos nitrogenados excretados no meio de criação, principalmente na forma de amônia, que podem inibir o crescimento dos animais (GONZÁLEZ-FÉLIX et al., 2007).

Para a avaliação da exigência ou efeito de um determinado nutriente sobre o desempenho zootécnico de animais, o mais adequado seria a utilização de dietas experimentais confeccionadas para este fim, nas quais a única grande variação seja do nutriente, que se deseja avaliar, pois, sabe-se que é possível a existência de um efeito de interação entre os nutrientes sobre o crescimento, como observado entre a proteína e o carboidrato para o camarão *L. schmitti* (LÓPEZ, 1999). Assim como Ramos & Andreatta

(2011), ao avaliarem níveis diversos de proteína e energia em dietas experimentais sobre o desempenho de *F. paulensis* criados em salinidades 10, 20 e 30, verificaram uma interação entre as exigências de proteína e energia, apresentando requerimentos diferentes de acordo com a salinidade. Contudo, no presente estudo, não foi possível a confecção e utilização de rações experimentais, sendo então utilizadas rações comerciais, semelhante a outros trabalhos (MCINTOSH et al., 2001; MARTINEZ-CORDOVA; CAMPAÑA-TORRES & PORCHAS-CORNEJO, 2003; GÓMEZ-JIMENEZ et al., 2005; WASIELESKY et al., 2006).

O requerimento proteico pode sofrer alterações de acordo com as características do sistema de produção estabelecido. Desta forma, no sistema BFT, os agregados microbianos funcionam como uma fonte extra de proteína (AVNIMELECH, 1999; IZQUIERDO et al., 2006; MOSS; FORSTER & TACON, 2006; JU et al., 2008) e podem suprir parte das exigências nutricionais do camarão, permitindo a utilização de dietas com menores níveis de proteína (BROWDY et al., 2001; SAMOCHA et al., 2004; XU et al., 2012). Assim como observado para outras espécies de camarões peneideos, o *L. schmitti* parece ter se beneficiado com o consumo dos bioflocos formados no sistema BFT, pelo fato dos níveis de proteína da dieta não terem afetado de forma significativa o crescimento da espécie neste estudo.

A capacidade de osmorregulação varia em relação a diversos fatores como espécies, tamanho e estágio de muda dos camarões (DALL et al., 1990; LIGNOT et al., 1999; BRITO; CHIMAL & ROSAS, 2000). Em relação ao camarão *L. schmitti*, as informações científicas quanto a sua capacidade osmorregulatória são limitadas. Rosas et al. (1997) determinaram o nível crítico de oxigênio dissolvido para esta espécie em diferentes salinidades, e consideraram como ideal a salinidade 25 para pós-larvas de *L. schmitti*, com base nos resultados de déficit de energia metabólica e nível crítico de oxigênio. Segundo os mesmos autores, esta espécie pode ser considerada eurialina, ou seja, capaz de suportar diferentes salinidades no ambiente.

A salinidade é um dos fatores abióticos que pode provocar variações na exigência proteica dos camarões e estudos demonstraram que essa exigência proteica pode aumentar quando os camarões peneideos são criados em salinidades inferiores à água do mar, devido ao aumento do gasto de energia associado à manutenção da pressão osmótica dos fluidos corporais, via aumento de transporte ativo de íons (SHIAU, 1998; SERIARTO et al., 2004; ROMANO & ZENG, 2006). Entretanto, Liao & Murai (1986) afirmam que em animais aclimatados, o gasto energético é pequeno em relação a outras necessidades metabólicas. No presente estudo, não foi observado um efeito de interação entre a salinidade e os níveis de proteína das dietas avaliadas sobre o desempenho de *L. schmitti*, provavelmente pelas salinidades utilizadas não estarem muito abaixo do ideal para a criação de juvenis da espécie. E também pode ser explicado pelas informações obtidas por Lamela et al. (2005), que após analisarem a exposição de juvenis *L. schmitti* à salinidades 8, 18 e 35 por 48 h, sugeriram que os camarões utilizaram glicose como fonte energética ao invés de proteína. Criações em água clara relataram resultados semelhantes ao encontrado para *L. schmitti*, Perez-Velazquez et al. (2007) verificaram que não houve efeito significativo da interação entre as salinidades (2, 35 e 50) e proteína (25, 30, 35 e 40 %) sobre o crescimento de *L. vannamei*. Da mesma forma, Ramos & Andreatta (2011) observaram que a proteína e a salinidade em conjunto, não influenciaram o crescimento e sobrevivência do camarão *F. paulensis* criados em salinidades 10, 20 e 30 e alimentados com dietas contendo 24, 35 e 48 % de proteína, porém observaram que o requerimento proteico diminuiu de 35 % para a espécie criada em salinidade 10 para 25 % nas salinidades 20 e 30.

Apesar da salinidade não ter afetado significativamente o crescimento de *L. schmitti* no presente estudo, ocorreu uma pequena diferença no desempenho dos camarões e o

crescimento na salinidade 26 foi superior comparado às salinidades 19 e 33. Decamp et al. (2003) em criação com bioflocos de *L. vannamei* em diferentes salinidades (9, 18 e 36), também relataram ter obtido maior peso final dos camarões criados na salinidade mais elevada. Semelhante a Maica; Borba & Wasielesky (2012), que verificaram o crescimento superior para *L. vannamei* criados na salinidade 25 em relação às outras mais baixas utilizadas (2 e 4). Além disso, apesar da capacidade de osmorregulação variar com as fases de vida do camarão, Rosas et al. (1997) sugeriram a salinidade 25 como ideal para pós-larvas de *L. schmitti*, estando próxima à salinidade 26, que apresentou o melhor crescimento com juvenis no presente estudo. No entanto, Brito; Chimal & Rosas (2000) afirmaram que os camarões do gênero *Litopenaeus* apresentam maior capacidade hiper-osmorregulatória, e por isso crescem melhor em baixas salinidades comparado às outras espécies. De fato, existem estudos com criação de *L. vannamei* em baixas salinidades com bom desempenho de crescimento (GONZÁLEZ-FÉLIX et al., 2007; PEREZ-VELAZQUEZ et al., 2007). Além disso, a eficiência proteica e a conversão alimentar tenderam a ser melhores para os camarões com o aumento da salinidade, concordando com os resultados encontrados por Ramos & Andreatta (2011) para *F. paulensis*, indicando que *L. schmitti* apresentou melhor utilização do alimento, quando criado na salinidade 33.

De acordo com González-Félix et al. (2007), o estresse osmorregulatório do camarão gerado pela baixa salinidade, junto com as altas concentrações de compostos nitrogenados inorgânicos, podem gerar alta mortalidade. Neste estudo, as concentrações de nitrogenados mantiveram-se dentro dos níveis adequados e as sobrevivências de *L. schmitti* em todos os tratamentos foram acima de 80 %, porém a salinidade afetou significativamente a sobrevivência, que apresentou uma relação positiva com o aumento da salinidade. Ramos & Andreatta (2011) também reportaram a redução da sobrevivência de *F. paulensis* na menor salinidade em que foram criados, enquanto Perez-Velazquez et al. (2007) obtiveram maior sobrevivência de *L. vannamei* (93 %) na salinidade 2 em relação à salinidade 35 (87 %).

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo demonstraram a possibilidade da criação do camarão *L. schmitti* em sistema BFT nas salinidades 19, 26 e 33 e com o fornecimento de ração contendo 30 % de proteína. E ainda foi confirmada a eficiência do manejo de reuso da água em sistema BFT para a manutenção da qualidade de água.

Entretanto, torna-se importante a realização de estudos futuros com objetivo de avaliar a criação da espécie *L. schmitti* em salinidades inferiores às utilizadas e o fornecimento de rações contendo menores níveis proteicos, a fim de verificar a viabilidade econômica e técnica da interiorização da produção, através da redução da dependência de grande quantidade de água do mar, e a diminuição dos custos com a alimentação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIYAMA, D. M., Future consideration for shrimp nutrition and the aquaculture feed industry. In: SPECIAL SESSION ON SHRIMP FARMING, 1992. L.A. **Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming**, LA. USA: World Aquaculture Society, 1992. p. 198-205.

ALVAREZ, J. S.; HERNÁNDEZ-LLAMAS, A.; GALINDO, J. et al. Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti* (Pérez-Farfante & Kensley 1997). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 689-695, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1998, 1193 p.

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: Cnexo, 1983, 395 p.

AOAC. **Official methods of analysis**, 17^a Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, 2000.

ARANA, L. V. **Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas**. 3^a Ed. Santa Catarina: Editora UFSC, 2010. 238 p.

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

BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI, R. O. et al. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, 16, p. 163–172, 2010.

BARBIERI, R. Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. **Aquaculture**, 306, p. 329–333, 2010.

BRITO, R.; CHIMAL, M-E; ROSAS, C. 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, p. 253–263, 2000.

BROWDY, C. L.; BRATVOLD, D.; STOKES, A. D. et al. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: SPECIAL SESSION ON SUSTAINABLE SHRIMP CULTURE, 2001, Baton Rouge. **Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture**. Baton Rouge, LA, USA: E.D. Jory & C.L. Browdy, 2001, p. 20-34.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; McINTOSH, R. P. et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, 232, p. 525–537, 2004.

CHEN, J. C.; LIN, C .Y. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* juveniles at two salinity levels. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 100, p. 466–482, 1991.

CHEN, J. C.; NAN, F. H. Oxygen consumption and ammonia-N excretion of *Penaeus chinensis* (Osbeck, 1765) juveniles at different salinity levels (Decapoda: Penaeidae). **Crustaceana**, v. 68, n. 6, p. 712–719, 1995.

COSTA, R. C.; FRANSOZO, A.; MELO, G. A. S. et al. Chave ilustrada para identificação dos camarões Dendrobranchiata do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n.1, p. 1-12, 2003.

DALL, W.; HILL, B. J.; ROTHLISBERG, P. C. et al. The biology of Penaeidae. **Advances in Marine Biology**, v. 27, p. 1- 484, 1990.

DECAMP, O.; CODY, J.; CONQUEST, L. et al. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research**, 34, p.345-355, 2003.

DE SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T. et al. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, 277, p. 125–137, 2008.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, 43, p. 447–457, 2012.

FOLCH, J. M.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, 226, p. 497-507, 1957.

FRAGA, I.; GALINDO, J.; ARAZOZA, M. et al. Evaluación de niveles de proteína y densidades de siembra em el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. **Revista de Investigaciones Marinas**, v. 23, n. 2, p. 141-147, 2002.

GIROTTI, M. F. V. **Efeitos da ammonia sobre juvenis de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) e *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936): excreção e toxicidade.** 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2010.

GÓMEZ-JIMÉNEZ, S.; GONZÁLEX-FÉLIX, M. L.; PEREZ-VELAZQUEZ, M. et al. Effect of dietary protein level on growth, survival and ammonia efflux rate of *Litopenaeus vannamei* (Boone) raised in a zero-water exchange culture system. **Aquaculture Research**, 36, p. 834-840, 2005.

GONZÁLEX-FÉLIX, GÓMEZ-JIMÉNEZ, S.; PEREZ-VELAZQUEZ, M. et al. Nitrogen budget for a low salinity, zero-water Exchange culture system: I. Effect of dietary protein level on the performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, 38, p. 798-808, 2007.

GRIFFITH, R. E. **Phytoplankton of Chesapeake Bay: An illustrated guide to the genera.** University of Maryland Natural Resources Institute, 1967, 78 p.

HARDY, R. W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, p.770-776, 2010.

- IZQUIERDO, M.; FORSTER, I.; DIVAKARAN, S. et al. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, 12, p. 192–202, 2006.
- JORY, D. E.; CABRERA, T. R.; DUGGER, D. M. et al. A global review of shrimp feed management: status and perspectives. In: **Special Session on Sustainable Shrimp Culture**, 2001, Baton Rouge, L.A. Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, Baton Rouge, L.A: The World Aquaculture Society, 2001, p. 135.
- JU, Z. Y.; FORSTER, I.; CONQUEST, L. et al. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. **Aquaculture Research**, 39, p. 118-133, 2008.
- KHATOON, H.; YUSOFF, F. M.; BANERJEE, S. et al. Use of periphytic cyanobacterium and mixed diatoms coated of *Penaeus monodon* Fabricius postlarvae. **Aquaculture**, 271, p. 196-205, 2007.
- KOROLEFF, F; PALMORK, K. H. **Report on the Ices/Scor Nutrient Intercalibration Experiment**. ICES, C.M. Hydr.Comm, 1972.
- KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JR., C. A.; POERSCH, L. H. et al. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.
- KUHN, D. D.; BOARDMAN, G. D.; LAWRENCE, A. L. et al. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, 296, p. 51-57, 2009.
- LAMELA, R. E. L.; COFFIGHY, R. S.; QUINTANA, Y. C. et al. Phenoloxidase and peroxidase activity in the shrimp *Litopenaeus schmitti*, Pérez-Farfante and Kensley (1997) exposed to low salinity. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1293-1297, 2005.
- LEI, C. H.; HSIEH, L. Y.; CHEN, C. K. Effects of salinity on the oxygen consumption and ammonia-N excretion of young juvenile of the grass shrimp, *Penaeus monodon* Fabricius. **Bulletin of the Institute of Zoology**, Academia Sinica, 28, p. 245-256, 1989.
- LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C. et al. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. **Aquaculture**, 265, p. 385–390, 2007.
- LIAO, I. C.; MURAI, T. Effects of dissolved oxygen, temperature and salinity on the oxygen consumption of the grass shrimp, *Penaeus monodon*. In: **The First Asian Fisheries Forum**. Asian Fisheries Society, Manila, Phillipines, p. 641-646, 1986.
- LIGNOT, J. H.; COCHARD, J. C.; SOYEZ, C. et al. Osmoregulatory capacity according to nutritional status, molt stage and body weight in *Penaeus stylirostris*. **Aquaculture**, v. 170, n. 1, p.79–92, 1999.
- LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 259, p. 109– 119, 2001.

LIN, Y. C.; CHEN, J. C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, 224, p. 193-201, 2003.

LÓPEZ, J. G. **Aproximación a los requerimientos nutricionales de juveniles de camarón blanco *Penaeus schmitti*: evaluación de niveles y fuentes de proteína em la dieta.** Dissertação de Biología, Universidad de La Habana, 98 p, 1999.

MAICA, P. F.; BORBA, M. R.; WASIELESKY JR, W. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. **Aquaculture Research**, 43, p. 361–370, 2012.

MARTINEZ-CORDOVA, L. R., CAMPAÑA-TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) in low-water exchange experimental ponds. **Aquaculture Research**, 33, p. 995-998, 2002.

MARTINEZ-CORDOVA, L. R., CAMPAÑA-TORRES, A.; PORCHAS-CORNEJO, M. A. Dietary protein level and natural food management in the culture of blue *Litopenaeus stylirostris* and white shrimp *Litopenaeus vannamei* in microcosms. **Aquaculture Nutrition**, 9, p. 155–160, 2003.

MCINTOSH, D.; SAMOCHA, T. M.; JONES, E. R. et al. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. **Aquacultural Engineering**, 25, p. 69–82, 2001.

MOSS, S. M., DIVAKARAN, S., KIM, B. G. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, 32, p. 125–131, 2001.

MOSS, S. M.; FORSTER, I. P.; TACON, A. G. J. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. **Aquaculture**, 258, p. 388–395, 2006.

NEEDHAM, P. R. **Guias para el reconocimiento de algas e invertebrados dulceacuicolas.** 5ª edição, p. 3 – 225, 1973.

O'BRIEN, C. J. The effects of temperature and salinity on growth and survival of juveniles Tiger prawns *Penaeus esculentus* (Haswell). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 183, p. 133-145, 1994.

OCAMPO, L.; VILLARREAL, H.; VARGAS, M. et al. Effect of dissolved oxygen and temperature on growth, survival and body composition of juvenile *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes). **Aquaculture Research**, v. 31, p. 167 – 171, 2000.

PALMER, C. M. **Algae and water pollution an illustrated manual on the identification, significance, and control of algae in water supplies and in polluted water.** U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio. 124 p, 1977.

PÉQUEUX, A. Osmotic regulation in Crustaceans. **Journal of Crustacean Biology**, 15, p.1–60. 1995.

PÉREZ-FARFANTE, I. Western Atlantic shrimp of the genus *Penaeus*. **Fishery Bulletin**, v. 67, n. 3, p. 461-591, 1969.

PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY, B. **Penaeid and Sergestoid Shrimps and Prawns of the World: Keys and Diagnoses for the Families and Genera**. Éditions du Muséum Paris, 1997, p. 91.

PEREZ-VELAZQUEZ, M.; GONZÁLEX-FÉLIX, M. L.; JAIMES-BUSTAMENTE, F. et al. Investigation of the Effects of Salinity and Dietary Protein Level on Growth and Survival of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 4, p. 475-485, 2007.

PEREZ-VELAZQUEZ, M.; GONZÁLEX-FÉLIX, M. L.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, S. et al. Nitrogen budget for a low-salinity, zero-water exchange culture system: II. Evaluation of isonitrogenous feeding of various dietary protein levels to *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, 39, p. 995-1004, 2008.

PONCE-PALAFOX, J.; MARTINEZ-PALACIOS, C. A.; ROSS, L. G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture**, v. 157, p. 107-115, 1997.

RAMOS, R.; ANDREATTA, E. Requerimientos de proteína y energía bruta en juveniles de camarón rosado *Farfantepenaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) sometidos a diferentes salinidades. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 39, n. 3, p. 427-438, 2011.

RAY, J. A.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L. et al. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, 299, p. 89–98, 2010.

REBELO, M. F.; RODRÍGUEZ, E. M.; SANTOS, E. A. et al. Histopathological changes in gills of the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* (Crustacea-Decapoda) following acute exposure to ammonia. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 125, p. 157–164, 2000.

ROMANO, N.; ZENG, C. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. **Aquaculture**, 260, p. 151–162, 2006.

ROMANO, N.; ZENG, C. Ontogenetic changes in tolerance to acute ammonia exposure and associated gill histological alterations during early juvenile development of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*. **Aquaculture**, 266, p. 246–254, 2007.

ROMANO, N.; ZENG, C. Osmoregulation in decapod crustaceans: implications to aquaculture productivity, methods for potential improvement and interactions with elevated ammonia exposure. **Aquaculture**, 334-337, p. 12–23, 2012.

ROSAS, C.; SÁNCHEZ, A.; DÍAZ-IGLESA, E. et al. Critical dissolved oxygen level to *Penaeus setiferus* and *Penaeus schmitti* postlarvae (PL₁₀₋₁₈) exposed to salinity changes. **Aquaculture**, 152, p. 259 – 272, 1997.

- SALZE, G.; McLEAN, E.; BATTLE, P. R. et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, 298, p. 294–299, 2010.
- SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; HOROWITZ, A. et al. The use of commercial probiotics in the production of marine shrimp under no water exchange. In: **The Second International Conference on Recirculating Aquaculture**, 1998. Virginia Polytechnic Institute, 1998, p. 373–375.
- SAMOCHA, T. M.; LAWRENCE, A. L.; COLLINS, C. A. et al. Production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in high-density greenhouse-enclosed raceways using low salinity groundwater. **Journal of Applied Aquaculture**, 15, n. 3-4, p.1–19, 2004.
- SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, 36: 184–191, 2007.
- SETIARTO, A.; STRÜSSMANN, C. A.; TAKASHIMA, F. et al. Short-term responses of adult kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* to environmental salinity: osmotic regulation, oxygen consumption and ammonia excretion. **Aquaculture Research**, 35, p. 669–677, 2004.
- SHIAU, S. Y.; KWOK, C. C.; CHOU, B. S. Optimal dietary protein level of *Penaeus monodon* reared in seawater and brackish water. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 57, p. 711-716, 1991.
- SHIAU, S. Y. Nutrient requirements of penaeid shrimp. **Aquaculture**, 164, p.77-93, 1998.
- SILVA, K. R.; WASIELESKY JR., W.; ABREU, P. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 1, p. 30-41, 2013.
- TENDULKAR, M.; KULKARNI, A. S. Effect of Different Dietary Protein levels on Growth, Survival and Biochemical aspects of Banana prawn, *Fenneropenaeus merguensis* (De Man, 1888). **International Journal of Biological & Medical Research**, v. 2, n. 4, p. 1140-1143, 2011.
- VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality and management. In: Van Wyk, P., M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K.L. Main, J. Mountain & J. Scarpa. **Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128–138, 1999.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258, p. 396 - 403, 2006.
- WEIHRAUCH, D., MORRIS, S., TOWLE, D. W. A review — ammonia excretion in aquatic and terrestrial crabs. **Journal of Experimental Biology**, 207, p. 4491– 4504, 2004.
- XU, W. J.; PAN, L.; ZHAO, D. et al. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, 350-353, p. 147 – 153, 2012.

XU, W-J.; PAN, L-Q. Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juveniles in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. **Aquaculture**, v. 412-413, p. 117-124, 2013.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. Third Edition New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente estudo apresenta informações inéditas sobre a criação do camarão *Litopenaeus schmitti* com a tecnologia de bioflocos. Os dados de sobrevivência obtidos permitiram constatar, que a espécie suporta de forma satisfatória altas densidades de estocagem empregadas nos sistemas intensivos e super-intensivos.

Os resultados evidenciam a possibilidade do uso de mais uma fonte de carbono orgânica, o bagaço de cevada, no sistema BFT. Outras fontes de carbono disponíveis em grande quantidade e com baixo ou nenhum custo de aquisição devem ser avaliadas, pois podem apresentar potencialidade para a fertilização deste sistema. Além disso, sabendo-se que a fonte de carbono influencia a composição nutricional dos bioflocos e o valor nutricional está relacionado aos microorganismos, que compõem os agregados microbianos, torna-se importante verificar formas de interferência de sua manipulação, através da estimulação do desenvolvimento de grupos de microorganismos melhores nutricionalmente. A manipulação dos bioflocos poderá permitir o aumento do seu valor nutricional, e conseqüentemente uma maior contribuição destes agregados à criação do camarão em sistema BFT. A possibilidade de diminuir os custos de produção, através do uso de rações com menores níveis de proteína e fontes de carbono de menor custo, é interessante para tornar a produção no sistema mais rentável.

A existência de lacunas que tornam o crescimento do camarão *L. schmitti* reduzido é inegável, impossibilitando o estabelecimento da criação em qualquer sistema, entre eles, a falta de produção e comercialização de pós-larvas e de rações comerciais próprias ao atendimento das exigências nutricionais da espécie. Portanto, devido à importância econômica da espécie, ressalta-se a necessidade de obtenção e aprofundamento de informações técnicas, principalmente ligadas à nutrição, fisiologia e manejo, a fim de possibilitar que seja obtido o potencial máximo de crescimento do camarão *L. schmitti*, o que tornará o estabelecimento da criação comercial viável economicamente. A produção de *L. schmitti* através da aquicultura poderá ter importância ecológica, ao possibilitar programas de repovoamento em áreas onde a pesca de captura atuou intensamente sobre esta espécie e ainda atender a crescente demanda do mercado consumidor. Em relação à criação comercial, existe a possibilidade de ser criado com o objetivo de suprir a atividade da pesca esportiva, um mercado interessante por ser atendido com animais de menor porte (juvenis). A pesca extrativista de espécies nativas de camarões peneídeos para a comercialização como isca-viva ocorre em diversas regiões do país, inclusive na área de realização do presente estudo.

Enquanto a tecnologia de produção de *L. schmitti* não estiver estabelecida, é importante manter um manejo adequado deste recurso pesqueiro, através do controle efetivo da pesca nas regiões em que se distribui na costa brasileira, para proteger as populações naturais, principalmente nos períodos de reprodução e recrutamento, a fim de evitar alterações profundas nas estruturas populacionais da espécie de peneídeo.

Acredita-se que o estudo fornece informações preliminares importantes sobre o desempenho zootécnico de *L. schmitti*, demonstrando o potencial técnico de sua criação em sistema BFT, e que podem auxiliar a futuras pesquisas na área. Investimentos em pesquisas para avaliar a contribuição efetiva dos bioflocos na alimentação da espécie e a viabilidade econômica de sua criação em sistema BFT são de extrema importância para a confirmação da potencialidade de produção de *L. schmitti* utilizando esta nova tecnologia.