

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Caracterização e avaliação da qualidade da água de sistema intensivo de
produção de camarão com bioflocos em diferentes salinidades**

Anna Carolina Ferreira Spelta

Belo Horizonte

2016

Anna Carolina Ferreira Spelta

Caracterização e avaliação da qualidade da água de sistema intensivo de produção de camarão com bioflocos em diferentes salinidades

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção animal

Prof. Orientador: Dr. Kleber Campos Miranda Filho

Profs. Co-orientadores: Dr. Luciano dos Santos Rodrigues e Dr. Marcos Von Sperling

Belo Horizonte

2016

S743c Spelta, Anna Carolina Ferreira, 1989-
Caracterização e avaliação da qualidade da água de sistema intensivo de produção de camarão com bioflocos em diferentes salinidades / Anna Carolina Ferreira Spelta. – 2016.
61 p. : il.

Orientador: Kleber Campos Miranda Filho

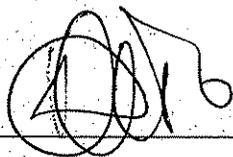
Co-orientadores: Luciano dos Santos Rodrigues, Marcos Von Sperling

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

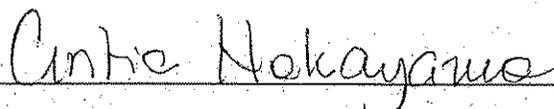
1. Camarão – Criação – Teses. 2. Produção animal – Teses. 3. Água – Qualidade – Teses.
4. Salinidade – Teses. I. Miranda Filho, Kleber Campos. II. Rodrigues, Luciano dos Santos.
III. Von Sperling, Marcos. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.
V. Título.

CDD – 639.543

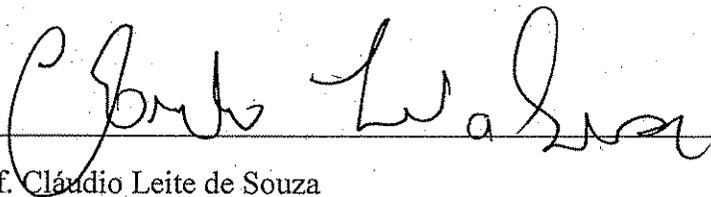
DISSERTAÇÃO defendida e aprovada em 26/02/2016 pela Comissão Examinadora
composta pelos seguintes membros:



Prof. Kleber Campos Miranda Filho (Orientador)



Prof. Cintia Labussière Nakayama



Prof. Cláudio Leite de Souza

“A ciência trabalha na fronteira entre conhecimento e ignorância. Não temos medo de admitir o que não sabemos, não há vergonha nisso. A única vergonha é fingir que temos todas as respostas.” Neil deGrasse Tyson

Dedicatória: Ao meu pai Carlos por todo o amor, esforço, paciência e incentivo para minha educação e formação.

Agradecimentos

Do turbilhão de sentimentos que sinto agora, a gratidão é, talvez, o que mais me emocione, tenho muito a agradecer a todas as pessoas que de alguma forma me auxiliaram durante esta trajetória, e em especial agradeço:

Ao meu orientador, Dr. Kleber Campos Miranda Filho e co-orientadores, Dr. Luciano dos Santos Rodrigues e Dr. Marcos Von Sperling, por todos os ensinamentos, acolhimento, auxílio, paciência e respeito.

Aos colegas e professores do Laboratório de Saneamento Ambiental e do Laqua por toda a ajuda durante o experimento. Em especial ao Israel, Cíntia, Rebeca, Luanna, Gustavo, João e Yuri por tanta dedicação e amizade, sem vocês não teria sido possível realizar este trabalho. Ao Danilo pela ajuda crucial com a estatística, sem palavras para expressar minha gratidão.

À toda minha família querida que sempre me apoia em todas as minhas decisões. Em especial, agradeço ao meu pai Carlos, que nunca deixou de acreditar em minhas capacidades e sempre me incentivou. Sem você teria sido impossível alcançar meus objetivos, obrigada por tanto amor e dedicação. À minha mãe Silvana que sempre se faz presente em minha vida, com muito amor, carinho, apoio e incentivo. À minha Vó Landinha e Tia Marlene, por tanto carinho e afeto, aos meus irmãos, cunhada, tios, tias, primas e primos, muito obrigada pelos bons momentos, amo todos vocês!

À família que escolhi, meus amigos amados, obrigada por tudo! Compartilhar minha vida com vocês já é um ótimo motivo para agradecer. Obrigada por tanto apoio, risadas, lamúrias, brincadeiras, esquisitices e empatias. Em especial, Ariel, Camila, Bruna, Paula, Cecília, Aline, Priscila, Larissa, Verônica e Georgia. Vocês são maravilhosos! Também agradeço aos amigos da Bio, da Vet, do Santão e da Charanga feminista por todos os ótimos momentos, muito amor por todos vocês!

À Capes, pelo apoio financeiro, ao CNPq pela bolsa de pesquisa e ao Programa de pós-graduação da Zootecnia.

Gratidão!

SUMÁRIO

1	Introdução.....	15
2	Objetivos.....	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	Revisão de Literatura.....	17
3.1	Aquicultura	17
3.2	Carcinicultura	18
3.2.1	Carcinicultura mundial	18
3.2.2	Carcinicultura brasileira	19
3.2.2.1	Camarão branco do Pacífico.....	20
3.2.2.2	Regimes de produção	21
3.2.2.3	Efluentes da carcinicultura	21
3.3	Bioflocos.....	22
3.3.1	Definição	22
3.3.2	Histórico do BFT	23
3.3.3	Bactérias	23
3.3.4	Relação carbono-nitrogênio.....	24
3.4	Salinidade	27
4	Material e Métodos.....	28
4.1	Considerações iniciais	28
4.2	Delineamento experimental	29
4.3	Programa de monitoramento	32
4.4	Parâmetros de desempenho zootécnico	32
4.5	Análises estatísticas	33
5	Resultados e Discussão.....	33
5.1	Parâmetros físicos e químicos da água	33
5.1.1	Parâmetros diários	33
5.1.2	Matéria orgânica	36
5.1.3	Sólidos totais, suspensos e sedimentáveis	38
5.1.4	Compostos nitrogenados e fosfato.....	44
5.2	Condições climatológicas	49
5.3	Desempenho zootécnico dos camarões	50

6 Conclusão	52
7 Referências Bibliográficas.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade e valor dos principais produtos da aquicultura no Brasil para o ano de 2014	17
Tabela 2 - Produção aquícola de camarão marinho nas regiões brasileiras em 2014.....	20
Tabela 3 - Classificação dos organismos em relação à fonte de carbono e energia.	24
Tabela 4 - Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos OD/SAT/T água/pH/AlcT durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	34
Tabela 5 – Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos DBO/DQO/DQOf durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	37
Tabela 6 - Médias e desvios padrões de sólidos totais, suspensos e sedimentáveis durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	39
Tabela 7 - Médias e desvios padrões de sólidos totais e suspensos do lodo removido pelo clarificador nos tratamentos durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰.....	41
Tabela 8 - Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos nitrato, nitrito, amônia total e fosfato ($\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-/\text{AT}/\text{PO}_4^{3-}$) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	45
Tabela 9 - Condições climatológicas durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	49
Tabela 10 - Médias e desvios padrões do desempenho zootécnico de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação dos segmentos aquícolas no Brasil	19
Figura 2 - Espécimes adultos do camarão marinho <i>Litopenaeus vannamei</i>	20
Figura 3 - Estrutura do floco e seus componentes em sistema BFT	22
Figura 4 - Processo de clarificação com sedimentação das partículas	26
Figura 5 - Fluxograma do sistema de cultivo	29
Figura 6 - Unidades experimentais com água clara e posteriormente com bioflocos	30
Figura 7 – Clarificador	31
Figura 8 - Variações de temperatura durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	35
Figura 9 - Variações de pH durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	35
Figura 10 - Variações de demanda química de oxigênio filtrada (DQOf) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	37
Figura 11 - Variações de sólidos totais (ST) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	39
Figura 12 - Variações de sólidos totais voláteis (STV) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	40
Figura 13 - Variações de sólidos totais fixos (STF) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	40
Figura 14 - Variações de sólidos suspensos totais (SST) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	41
Figura 15 - Variações de sólidos suspensos voláteis (SSV) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	42
Figura 16 - Variações de sólidos suspensos fixos (SSF) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	42
Figura 17 - Variações de Ssed durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> nas salinidades de 8 e 16‰	43
Figura 18 - Variações de nitrato (NO ₃ ⁻) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	45
Figura 19 - Variações de nitrito (NO ₂ ⁻) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	46

Figura 20 - Variações de fosfato (PO_4^{3-}) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	46
Figura 21 - Variações de amônia total (AT) durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	47
Figura 22 - Peso médio dos camarões durante a criação de <i>Litopenaeus vannamei</i> em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰	51

LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

ACEB - Associação Cultural e Educacional Brasil
ANOVA - Análise de Variância
APHA - American Public Health Association
AT - Alcalinidade total
BFT - *Biofloc Technology System*
C - Carbono
CO₂ - Dióxido de Carbono ou Gás carbônico
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DQOf - Demanda Química de Oxigênio Filtrada
g - Gramas
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFREMER - Instituto Francês para Exploração do Mar
Kg - Kilogramas
L - Litros
LAQUA – Laboratório de Aquicultura-UFMG
m² - Metro quadrado
mg - Miligramas
MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura
N - Nitrogênio
NH₃ - Amônia não ionizada ou gasosa
NO₂⁻ - Íon Nitrito
NO₃⁻ - Íon Nitrato
OD - Oxigênio dissolvido
OSAT - Oxigênio saturado
PO₄³⁻ - Íon Fosfato
PVC - Policloreto de Polivinila
SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática
Ssed - Sólidos sedimentáveis
SSF - Sólidos suspensos fixos

SST - Sólidos suspensos totais

ST - Sólidos totais

STF - Sólidos totais fixos

STV - Sólidos totais voláteis

T - Temperatura do ambiente

T água - Temperatura da água

U - Umidade do ambiente

WEF - *Water Environment Federation*

ZEAH - *Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems*

‰ - Partes por mil

°C - Grau Celsius

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar a qualidade da água de um sistema laboratorial intensivo de criação de camarão marinho da espécie *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos em duas salinidades distintas. Foram empregados dois tratamentos, salinidade 8‰ (T₈) e 16‰ (T₁₆), com quatro repetições cada e densidade de 250 indivíduos/m². Durante 60 dias foram realizadas análises físico-químicas da água de cultivo, do lodo removido pelo clarificador e do melaço adicionado. Também foi avaliado o desempenho zootécnico dos animais em cada tanque. Em relação às variáveis físico-químicas da água foram observados os seguintes resultados médios para T₁₆ e T₈: 5,49±0,49 e 5,81±0,33 mg/L para oxigênio dissolvido (OD); 80,22±7,33 e 85,13±4,67% para oxigênio saturado (OSAT); 27,54±1,14 e 27,81±0,96°C para temperatura da água (T água); 7,67±0,22 e 7,76±0,28 para pH; 120,06±23,27 e 93,69±18,30 mg/L de CaCO₃ para alcalinidade total (AT); 44,26±27,74 e 47,66±20,40 mg/L para demanda bioquímica de oxigênio (DBO); 1.338,28±499,147 e 1.288,15±492,58 mg/L para demanda química de oxigênio total (DQOt); 1.278,13±558,35 e 746,202±299,73 mg/L para demanda química de oxigênio filtrada (DQOf); 17.499,99±1249,38 e 8.871,85±995,09 mg/L para sólidos totais (ST); 15.092,74±974,28 e 6.848,37±735,61 mg/L para sólidos totais fixos (STF); 2.353,88±361,49 e 2.009,95±405,35 mg/L para sólidos totais voláteis (STV); 882,73±200,04 e 914,02±257,98 para sólidos suspensos totais (SST); 497,91±146,24 e 647,88±206,81 mg/L para sólidos suspensos voláteis (SSV); 384,81±85,30 e 266,57±81,68 mg/L para sólidos suspensos fixos; 47,07±24,22 e 51,39±25,80 mL/L para sólidos sedimentáveis (Ssed); 6,74±1,00 e 6,56±0,92 mg/L para nitrato (NO₃⁻); 0,46±0,26 e 0,51±0,40 mg/L para nitrito (NO₂⁻); 0,76±0,44 e 1,11±0,78 mg/L para amônia total (AT); 3,86±1,00 e 4,02±0,88 mg/L para fosfato (PO₄³⁻). Em relação ao desempenho zootécnico dos camarões foram verificados para T₁₆ e T₈, ganho de peso de 5,99±0,54 e 2,91±0,93 g; taxa de crescimento específico de 1,64±0,13 e 0,82±0,27 %/dia; mortalidade de 14,7±2,52 e 24±4,12%; biomassa final de 338,46±37,12 e 147,93±47,2 g; conversão alimentar de 1,7±0,23 e 1,7±0,93, respectivamente. A partir destes resultados foi possível concluir que altas concentrações de matéria orgânica, sólidos totais e suspensos, nitrogenados e fosfatos foram observados em ambas as salinidades, demonstrando a necessidade de métodos de tratamentos integrados aos sistemas de cultivo, a fim de evitar a piora na qualidade da água, tanto para os camarões, quanto para o posterior lançamento em corpos hídricos. Além disso, foi possível produzir camarões marinhos em regiões continentais com água salobra artificial. Dessa forma, observou-se que em salinidades mais altas o crescimento dos camarões foi favorecido e a taxa de mortalidade reduzida.

Palavras-Chave: Camarão branco do pacífico, BFT, clarificador, baixas salinidades.

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize and evaluate the water quality of intensive farming of marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in two different salinities using biofloc system in laboratory. There were employed two treatments, 8‰ salinity (T8) and 16 ‰ (T16), with four replicates each and density of 250 individuals/m². During 60 days, physicochemical analyses were carried out in the water of cultivation, in the sludge removed by the clarifier and also in the molasses. The growth performance of animals was also evaluated in each tank. Regarding the physicochemical parameters, the following average results were observed for T16 and T8: 5.49 ± 0.49 and 5.81 ± 0.33 mg/L for dissolved oxygen (DO); 80.22 ± 7.33 and 85.13 ± 4.67% for saturated oxygen (OSAT); 27.54 ± 1.14 and 27.81 ± 0.96°C for water temperature (T water); 7.67 ± 0.22 and 7.76 ± 0.28 for pH; 120.06 ± 23.27 and 93.69 ± 18.30 mg/L of CaCO₃ for total alkalinity (AT); 44.26 ± 27.74 and 47.66 ± 20.40 mg/L for biochemical oxygen demand (BOD); 1,338.28 ± 499.147 and 1,288.15 ± 492.58 mg/L for chemical demand total oxygen (DQOt); 1,278.13 ± 558.35 and 746.202 ± 299.73 mg/L filtered chemical oxygen demand (DQOf); 17,499.99 ± 1249.38 and 8,871.85 ± 995.09 mg/L total solids (TS); 15,092.74 ± 974.28 and 6,848.37 ± 735.61 mg/L for fixed total solids (STF); 2,353.88 ± 361.49 and 2,009.95 ± 405.35 mg/L for total volatile solids (STV); 882.73 ± 200.04 and 914.02 ± 257.98 for total suspended solids (TSS); 497.91 ± 146.24 and 647.88 ± 206.81 mg/L of volatile suspended solids (VSS); 384.81 ± 85.30 and 266.57 ± 81.68 mg/L for fixed suspended solids; 47.07 ± 24.22 and 51.39 ± 25.80 mL/L for settleable solids (ssed); 6.74 ± 1.00 and 6.56 ± 0.92 mg/L of nitrate (NO₃⁻); 0.46 ± 0.26 and 0.51 ± 0.40 mg/L of nitrite (NO₂⁻); 0.76 ± 0.44 and 1.11 ± 0.78 mg/L for total ammonia (TA); 3.86 ± 1.00 and 4.02 ± 0.88 mg/L of phosphate (PO₄³⁻). Regarding the growth performance of shrimp, they were checked for T16 and T8, weight gain of 5.99 ± 0.54 and 2.91 ± 0.93 g; specific growth rate of 1.64 ± 0.13 and 0.82 ± 0.27%/day; mortality of 14.7 ± 2.52 and 24 ± 4.12%; Final biomass 338.46 ± 37.12 and 147.93 ± 47.2 g; and feed conversion of 1.7 ± 0.23 and 1.7 ± 0.93, respectively. From these results it was concluded that high concentrations of organic matter, total and suspended solids, nitrogen and phosphate were observed in both salinities, demonstrating a need for methods of treatment integrated into the cultivation systems, in order to avoid deterioration in quality water, both for shrimp, and for the release into water bodies. Moreover, it was possible to produce marine shrimp in continental regions with artificial brackish water. Thus, it was observed that at higher salinities shrimp growth was favored and mortality was reduced.

Keywords: Pacific white shrimp, BFT, clarifier, low salinities.

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda por pescados pelo mercado internacional, a pesca extrativista não é mais capaz de suprir as necessidades globais. Dessa forma, a aquicultura se apresenta como uma opção para atender estes requisitos de mercado. Dentre as atividades do setor, destaca-se a carcinicultura, cujo crescimento se deve à expansão do consumo de camarão no mercado internacional e ao seu elevado retorno econômico (Abreu et al., 2011), além da geração de empregos no setor.

O Brasil, devido as suas características climáticas, hidrológicas e topográficas favoráveis, sempre possuiu potencial para exercer as atividades de cultivo de camarões. Entretanto, devido a problemas na adaptação de espécies nativas em cativeiro, foi introduzida a espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), originária da Costa do Pacífico. A mesma apresentou prontamente características zootécnicas favoráveis ao cultivo em nosso país.

A partir da década de 90, com a intensificação do cultivo em resposta ao mercado consumidor, a geração de resíduos e a sua disposição incorreta no ambiente foi aumentada, promovendo a degradação dos ecossistemas (Wasielesky et al., 2006). Sistemas intensivos de produção aquícola são caracterizados pelo adensamento animal e acréscimo de insumos, esta combinação aumenta a concentração de compostos nitrogenados, fosfatados e material orgânico na água, que lançados sem tratamento auxiliam na deterioração ambiental (Muhlert et al., 2013). Portanto, atividades de produção intensiva que visem diminuir os impactos ambientais tornam-se necessárias, além de atender as legislações ambientais de lançamentos de efluentes que vigoram no país.

Neste contexto, a tecnologia de produção animal com bioflocos destaca-se como uma alternativa promissora, já que se baseia na remoção de compostos deletérios da água por meio do crescimento de microrganismos desejáveis. Além disso, é possível reduzir a emissão de efluentes pela capacidade do sistema em suportar densidades elevadas de indivíduos sem a necessidade de renovação de água. Entretanto, esta atividade necessita de controle para evitar alterações drásticas na qualidade da água e no desempenho zootécnico dos animais cultivados (Ray et al., 2010a).

A salinidade é outro fator importante a ser levado em consideração, já que os camarões da espécie *L. vannamei*, apesar de apresentarem características eurialinas (Fonseca et al., 2009), necessitam manter sua homeostasia em relação à concentração de sais na água. Com

isto, avaliar diferentes níveis de salinidades para o crescimento desta espécie de camarão é importante, a fim de auxiliar o produtor na redução de gastos com sais e reduzir prejuízos com a perda de indivíduos por alteração osmótica. Dessa forma, objetivou-se caracterizar e avaliar os parâmetros de qualidade da água em salinidades distintas, durante o cultivo intensivo de *L. vannamei* em sistema de bioflocos (BFT) sem renovação de água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo caracterizar e avaliar a qualidade da água de um sistema intensivo de criação de camarão da espécie *L. vannamei* com bioflocos em salinidades diferentes.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os parâmetros físico-químicos da água de cultivo em diferentes salinidades e suas variações ao longo do experimento;
- Avaliar os parâmetros da água quanto ao atendimento estabelecidos pela legislação ambiental COPAM/CERH-MG;
- Avaliar o desempenho zootécnico dos camarões marinhos em ambientes salinos obtidos artificialmente;
- Caracterizar e avaliar o melço adicionado como controle de amônia e a remoção de lodo do sistema de bioflocos;
- Analisar a importância do controle do material em suspensão no sistema de bioflocos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aquicultura

A aquicultura é uma prática tradicional observada em diferentes culturas pelo mundo, com registros históricos em documentos, manuscritos e até em hieróglifos (Oliveira, 2009). Devido a crescente demanda por pescado, a atividade extrativista tornou-se ineficiente para atender às necessidades globais. Portanto, a aquicultura (atividade de cultivo de organismos cujo ciclo de vida em condições naturais se dá total ou parcialmente em meio aquático) apresenta-se como alternativa para auxiliar no suprimento de pescado ao mercado consumidor (Sidonio et al., 2012).

Segundo a FAO (2014), a aquicultura é o setor de produção de alimentos que mais cresce no mundo, com uma taxa média anual de 6,2% (dados de 2000 a 2012) e aumento de 32,4 milhões de toneladas para 66,6 milhões de toneladas de pescados cultivados. Neste mesmo período, observou-se crescimento relativamente mais rápido na África (11,7%) e na América Latina e Caribe (10%). O Brasil encontra-se entre os quinze principais países produtores de pescado, demonstrando uma melhoria significativa no seu ranking global nos últimos anos (FAO, 2014).

Dessa forma, percebe-se que a aquicultura brasileira tem acompanhado a tendência mundial de crescimento do setor com uma produção de aproximadamente 511 mil toneladas de pescado em 2014, com valor total de produção de R\$ 3,87 bilhões (tabela 1) com taxa de crescimento de 56% nos últimos 12 anos (IBGE, 2014).

Tabela 1 - Quantidade e valor dos principais produtos da aquicultura no Brasil para o ano de 2014

Principais produtos, em ordem decrescente do valor total da produção	Produção da aquicultura	
	Quantidade (Kg)	Valor Total (1.000 R\$)
Total	511 038 374	3 865 884
Peixes (kg)	474 329 095	2 714 556
Camarões (kg)	65 018 452	793 567
Alevinos (milheiros)	797 427	156 082
Larvas e pós-larvas de camarões (milheiros)	13 753 293	103 208
Ostras, vieiras e mexilhões (kg)	22 091 879	93 329

Outros animais (1)	..	2 757
Sementes de ostras, vieiras e mexilhões (milheiros)	66 680	1 757

Fonte: IBGE, Diretoria de pesquisas, coordenação de agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) - 2014, p.22. (1) Foi pesquisado apenas o valor da produção por incluir diferentes espécies de animais, não sendo aplicável a unidade de medida de produção.

3.2 Carcinicultura

3.2.1 Carcinicultura mundial

A carcinicultura (cultivo de crustáceos, tendo como principal espécie cultivada o camarão marinho) tem sua origem histórica no sudoeste da Ásia, onde pescadores construíam diques de terra para reter pós-larvas selvagens de camarões que cresciam nas condições ambientais locais. Esta atividade se manteve artesanal por séculos até meados da década de 1970, graças à produção de pós-larvas (criadas em laboratórios ou extraídas de águas costeiras) que possibilitaram o cultivo de camarão com nível de rentabilidade capaz de atrair a atenção de investidores e produtores (Oliveira, 2009; SEBRAE, 2008).

A partir de então, observou-se expressivo aumento deste agronegócio, notadamente nos países emergentes da Ásia e do Continente Americano (Rocha, 2004). Na América do Sul, o Brasil lidera a produção do camarão desde o ano de 2002, seguido pelo Equador e pela Colômbia (Ostrensky et al., 2007). Em 2013, a produção mundial de crustáceos alcançou a marca de 6.712 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por 1,6% desta produção (FAO, 2015), com um total de 65 mil toneladas produzidas (Tabela 1).

A China é o principal país na produção mundial de crustáceos em cativeiro, entretanto, segundo estimativas do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), acredita-se que o Brasil alcance posições melhores nesta atividade, já que está muito aquém da sua possibilidade produtiva, possibilitando afirmar que o potencial do Brasil é superior ao da China (Rodrigues e Borba, 2012; ACEB, 2014).

A atividade de cultivo de camarão pode ser dividida em carcinicultura de água doce, cujo principal gênero cultivado é o *Macrobrachium* pertencente à família Palaemonidae; e a carcinicultura marinha, que engloba principalmente a família Penaeidae. No presente estudo daremos enfoque para o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*.

3.2.2 Carcinicultura brasileira

No Brasil, a carcinicultura comercial iniciou-se em meados da década de 1970, com base em modelos importados do Equador, Panamá e Estados Unidos que foram aprimorados e adequados à realidade nacional (Rocha, 2011). Segundo Cavalli e Ferreira (2010), a carcinicultura brasileira apresentou grande avanço nos últimos 20 anos, com o desenvolvimento tecnológico de cultivo da espécie marinha exótica *Litopenaeus vannamei*, conhecido como camarão branco, nativo da costa americana do Pacífico, que é atualmente a espécie mais cultivada mundialmente.

A carcinicultura no Brasil representa 13% da produção nacional aquícola, como verificado na figura 1.

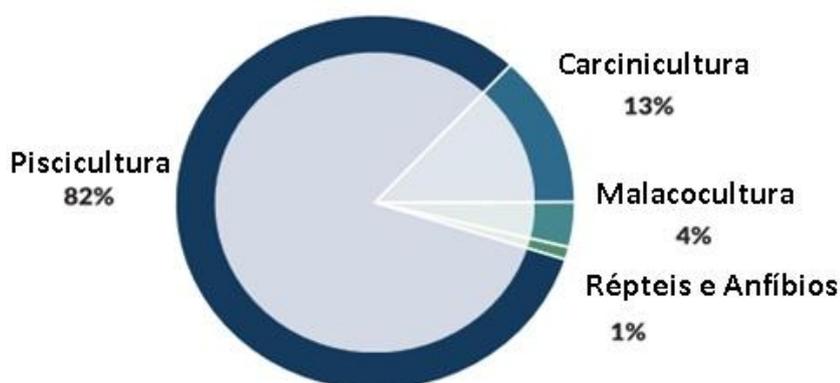


Figura 1- Representação dos segmentos aquícolas no Brasil
Fonte: IBGE/SIDRA (2014) adaptado por SEBRAE (2015)

Entre as regiões brasileiras destaca-se o Nordeste que lidera a produção de camarão marinho, com a participação de 99% na produção total do país (Tabela 2). Nesta região, a atividade tem caráter empresarial e cadeia produtiva organizada (Cavalli e Ferreira, 2010). Entre os estados do Nordeste, destacam-se o Ceará e o Rio Grande do Norte, que são os maiores produtores nacionais. Em 2014, o Ceará liderou a produção, registrando a marca de 35,39 mil toneladas, vindo a seguir o Rio Grande do Norte, com 18,29 mil toneladas. Juntos, os dois estados responderam por 82,6% da produção nacional (IBGE, 2014).

Tabela 2 - Produção aquícola de camarão marinho nas regiões brasileiras em 2014

Região/Estado	Produção de camarão marinho (Kg)
Norte	42 000
Nordeste	64 582 826
Sudeste	87 9666
Sul	305 660
Centro-Oeste	

Fonte: IBGE/SIDRA – Sistema de recuperação automática/PPM – 2014.

3.2.2.1 Camarão branco do Pacífico

A produção brasileira é baseada no cultivo do camarão branco do Pacífico (figura 2), *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), espécie exótica originária da Costa do Pacífico, encontrada naturalmente desde a porção leste do Oceano Pacífico, na região de Sonora, no México, até Thumbes, norte do Peru, em temperaturas entre 20 aos 30°C (Holthuis, 1976).



Figura 2 - Espécimes adultos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*
Fonte: Manuel Valenzuela

Sua introdução no país se deu em substituição às espécies nativas que não apresentavam boa adaptabilidade à domesticação devido a problemas nas áreas de reprodução, produtividade e resistência a doenças (IBAMA, 2005).

A espécie *L. vannamei* por sua vez, apresenta características zootécnicas favoráveis ao cultivo, como rápido crescimento, eficiente conversão alimentar, rusticidade, alta taxa de sobrevivência e pacote tecnológico previamente estabelecido (Piérri, 2012). Além de

apresentar alta capacidade de adaptação a diferentes condições hidroquímicas (Loebmann, 2010), esta espécie consolidou-se no mercado brasileiro.

Sua cadeia produtiva envolve três elos principais, os laboratórios de larvicultura, responsáveis pela produção de pós-larvas; as fazendas de engorda, onde ocorre o desenvolvimento dos camarões e as unidades de processamento para posterior comercialização do produto (Sampaio e Costa, 2003). Esta divisão na cadeia produtiva permite identificar e corrigir problemas ou falhas que possam ocorrer ao longo do ciclo, facilitando o controle e a previsibilidade da produção (Rocha, 2011).

3.2.2.2 Regimes de produção

Os sistemas de produção de camarões, durante a década de 80, eram baseados em sistemas extensivos, com grandes áreas de superfície e baixa densidade de animais (Wasielesky Jr et al., 2006). A partir da década de 90, os sistemas semi-intensivos (densidades com até 45 camarões/m²) e intensivos de produção tornaram-se mais comuns, entretanto, um dos maiores problemas destes sistemas adensados está relacionado à deterioração da qualidade da água, principalmente devido ao acúmulo de compostos nitrogenados (Fróes et al., 2012).

3.2.2.3 Efluentes da carcinicultura

A carcinicultura convencional baseia-se na troca contínua de água durante a engorda do camarão, a fim de evitar prejuízos na qualidade da água do sistema e no consequente desempenho dos animais (Burford et al., 2003). Com a intensificação do cultivo aumenta-se consideravelmente a produção de resíduos na forma de amônia não ionizada (NH₃), que é extremamente tóxica para estes animais. O incremento com insumos e a produção de metabólitos acabam por modificar os parâmetros físico-químicos do meio e, por consequência, dos efluentes dos viveiros/tanques, afetando finalmente a qualidade da água dos corpos receptores (Muhlert et al., 2013).

A criação de leis de crimes ambientais e de gerenciamento de recursos hídricos como a Resolução COPA/CERH-MG, nº 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre o lançamento de efluentes em corpos receptores, está induzindo à procura por tecnologias que agreguem valor aos resíduos da produção e, ou minimizem seus danos ambientais (Padula e Silva, 2005). Neste contexto de sustentabilidade, destaca-se a utilização de sistema de cultivo sem

renovação de água empregando os bioflocos (Biofloc Technology System - BFT), no qual os nutrientes podem ser continuamente reciclados e reutilizados, já que a remoção de compostos nitrogenados da água está associada com o crescimento de biomassa microbiana (Krummenauer et al., 2011; Emerenciano et al., 2013).

3.3 Bioflocos

3.3.1 Definição

O BFT ou “ZEAH” (Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems) é uma técnica baseada no conhecimento de sistemas de tratamento de efluentes domésticos (lodos ativados) aplicada em ambientes de aquicultura (De Schryver et al., 2008), onde ocorre reações bioquímicas de remoção de matéria orgânica e nitrogenada (Von Sperling, 2012).

O sistema de bioflocos é dependente do crescimento de uma biomassa microbiana que promove a transformação de componentes indesejáveis da água, como por exemplo, amônia e nitrito. Em conjunto, a taxa de renovação de água é zero ou mínima, reduzindo os custos do produtor com bombeamento de água, minimizando a introdução de patógenos oriundos de água externa, além de diminuir a contaminação do ambiente com o descarte de elevados volumes de águas residuárias (Avnimelech, 1999; Burford et al., 2003).

Os bioflocos são constituídos principalmente de microalgas, fezes, exoesqueletos, restos de ração e de animais mortos, bactérias, rotíferos, protozoários, outros invertebrados, etc (Emerenciano et al., 2007), que ficam mantidos em suspensão por aeradores (Figura 3).

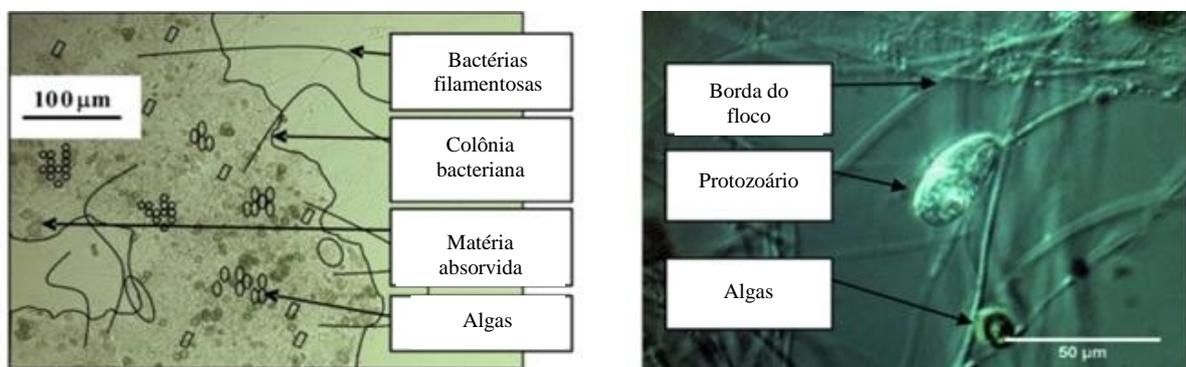


Figura 3 - Estrutura do floco e seus componentes em sistema BFT
Fonte: De Schryver et al. (2008)

Estas assembleias podem servir como uma fonte de suplementação nutricional para o camarão, reduzindo assim os custos de alimentação com ração (Wasielesky et al., 2006; Viau et al., 2013). Xu et al. (2012) verificaram que a redução dos níveis de proteína bruta na ração em até 25% não prejudicou o crescimento de camarões da espécie *L. vannamei* em sistema BFT. Adicionalmente, essa redução estimulou a atividade de proteases digestivas, enzimas que quebram ligações peptídicas entre os aminoácidos das proteínas. Desta forma, dietas ricas em proteínas podem ser desnecessárias em sistemas que empregam os bioflocos.

3.3.2 Histórico do BFT

A tecnologia de bioflocos foi desenvolvida no início dos anos 1970, na França, pelo Instituto Francês para Exploração do Mar (IFREMER), cultivando diferentes espécies de peneídeos. A partir de 1980, um programa de pesquisa intitulado “Ecotron”, foi iniciado pelo IFREMER para estudar melhor esta tecnologia (Emerenciano et al., 2012). No mesmo período, Israel e Estados Unidos (Waddel Mariculture Center) começaram a desenvolver sistemas de bioflocos no cultivo de tilápias e de camarão branco do pacífico (Emerenciano et al., 2013). A partir de 1988, o sistema BFT atingiu níveis comerciais, como verificado em uma fazenda de Belize, na América Central, que produziu aproximadamente 26 ton/ha em um ciclo (Boyd e Clay, 2012). A partir de então, surgiu o interesse por esta tecnologia que, além de diminuir a quantidade de água utilizada, também reduzia os impactos ambientais da aquicultura convencional (Devi e Kurup, 2015).

Entretanto, apesar do sistema fornecer vantagens na produção aquícola, é necessário certo nível de controle sobre a concentração do biofloco para melhorar o desempenho zootécnico dos animais (Ray et al., 2010a).

3.3.3 Bactérias

No sistema de bioflocos encontram-se tanto bactérias heterotróficas, quanto autotróficas. É importante diferenciar estes microrganismos para o efetivo manejo aquícola dos sistemas de produção (Mcgraw, 2002). A diferença básica está na fonte de carbono utilizada por cada organismo. As bactérias autotróficas utilizam o gás carbônico (CO₂) como fonte de carbono, enquanto as bactérias heterotróficas utilizam a matéria orgânica do meio. A fonte de energia pode ser proveniente de energia luminosa (seres fototróficos) ou de reações químicas (quimiotróficos) (Sperling, 1996). As combinações entre estas classificações podem

ser observadas na tabela 3.

Os seres quimioautotróficos, utilizam como fonte de energia a matéria inorgânica do meio, como exemplo, as bactérias responsáveis pela nitrificação. Já os seres quimioheterotróficos utilizam a matéria orgânica como fonte de carbono e como fonte de energia.

Tabela 3 - Classificação dos organismos em relação à fonte de carbono e energia.

Classificação	Fonte de energia	Fonte de carbono	Organismos representativos
Fotoautotróficos	Luz	CO ₂	Plantas superiores, algas, bactérias fotossintéticas
Fotoheterotróficos	Luz	Matéria orgânica	Bactérias fotossintéticas
Quimioautotróficos	Matéria inorgânica	CO ₂	Bactérias nitrificantes
Quimioheterotróficos	Matéria orgânica	Matéria orgânica	Bactérias, fungos, protozoários e animais

Fonte: Metcalf e Eddy (1991) citado por Sperling (1996)

No sistema de bioflocos há o predomínio de seres quimiotróficos, devido à elevada turbidez da água, portanto para simplificar, desconsiderou-se a classificação referente a fonte de energia. Desta forma, entende-se que os organismos citados ao longo do estudo não utilizam a luz como fonte de energia, sendo denominados apenas como autotróficos ou heterotróficos.

3.3.4 Relação carbono-nitrogênio

A manutenção da relação carbono-nitrogênio (C:N) no sistema interfere na população bacteriana. A adição de carbono, usualmente na forma de melão (resíduo da fabricação de açúcar) favorece o crescimento de bactérias heterotróficas que imobilizam a amônia do meio, assimilando-a em sua biomassa (Avnimelech, 1999). O consumo de 1.0 g de carbono orgânico

produz 0.4 g de peso seco de células bacterianas, que é acompanhada pelo consumo de amônia para a formação proteica de novas células (De Schryver et al., 2008). Esta imobilização de N foi calculada por Avnimelech (1999), no qual 20 g de carboidratos (50% de C) são necessários para imobilizar 1 g de nitrogênio.

Portanto, é possível calcular a quantidade de carboidrato adicionado ao sistema, a fim de assimilar N, na forma de amônia, em proteínas bacterianas. Porém, a adição de matéria orgânica como um controle de amônia é um método que aumenta a demanda por oxigênio (Hargreaves, 2006), desta forma, os custos da produção também aumentam, já que se deve elevar a aeração do sistema para não prejudicar a concentração de oxigênio disponível para os camarões.

Vale ressaltar que a adição de carboidratos também pode acelerar a sedimentação de matéria orgânica para o fundo do tanque (Avnimelech, 1999). Este lodo, por sua vez, necessita de tratamento, já que não pode ser descartado no ambiente. Assim, estudos que possibilitem uma diminuição da quantidade de carga orgânica adicionada ao sistema são necessários, a fim de se evitar gastos extras por parte do produtor. Na literatura pouco se sabe sobre a concentração orgânica adicionada ao sistema BFT mensurada por meio de análises de demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e demanda química de oxigênio filtrada que é resultado de filtração da amostra bruta em membrana com porosidade de 1,2 µm.

No sistema BFT, apesar do predomínio de bactérias heterotróficas, também há bactérias autotróficas nitrificantes, que convertem a amônia em nitrito e posteriormente em nitrato (forma menos tóxica para os camarões), utilizando o CO₂ como fonte de carbono. As bactérias nitrificantes são muito mais sensíveis às condições ambientais que as bactérias heterotróficas envolvidas na estabilização da matéria orgânica carbonácea, além da taxa de crescimento ser mais lenta (Hargreaves, 2006).

Ao reduzir a quantidade de matéria orgânica adicionada ao sistema, o processo de nitrificação é facilitado, já que afeta o crescimento de bactérias heterotróficas que competem por oxigênio e espaço com as nitrificantes (Ebeling et al., 2006; Hargreaves, 2006; Michaud et al., 2006). Zhu e Chen (2001) verificaram a inibição da nitrificação por bactérias heterotróficas, em biofiltros, ao adicionarem sacarose no sistema, aumentando a relação C:N para 2 ou 1, demonstrando o efeito negativo da matéria orgânica na nitrificação.

Apesar das bactérias heterotróficas reduzirem a concentração de amônia no sistema em poucas horas, sua biomassa em excesso tende a decompor e, em consequência, o material

orgânico retorna ao sistema. Para realizar a nitrificação, uma biomassa muito menor de bactérias autotróficas é necessária para reduzir a mesma quantidade de amônia (Mcgraw, 2002). Em ambos os processos o oxigênio dissolvido é consumido e a alcalinidade reduzida (Ray et al., 2010b). Na nitrificação, para cada grama de amônia convertida a nitrato, 4,18 g de oxigênio dissolvido e 7,05 de alcalinidade são consumidos, já as bactérias heterotróficas consomem 4,71 de oxigênio dissolvido e 3,57 g de alcalinidade (Ebeling et al., 2006). Portanto, entender o ciclo de nutrientes em sistemas BFT é necessário para desenvolver estratégias de remoção, principalmente de amônia e nitrito (Silva et al., 2013).

Além disso, a quantidade de sólidos totais no sistema também tende a diminuir com a redução de matéria orgânica adicionada. As consequências de altas concentrações de sólidos suspensos em sistemas de cultivos estão associadas a problemas de qualidade da água, mudanças na composição dos bioflocos e efeitos negativos em relação à saúde e desempenho dos organismos cultivados (Crab et al., 2007).

Como alternativa para remover altas quantidades de sólidos utiliza-se clarificadores (decantadores), cuja principal característica é a remoção de sólidos suspensos por ação gravitacional sobre as partículas. Com o fluxo de água lento é possível separar partículas com velocidade de sedimentação maior que a velocidade da água (Gaona et al., 2011). A água sobrenadante é mais clara e retorna para o sistema (figura 4). Esta coluna de sedimentação zonal impede que o lodo se propague para cima (Sperling, 2012).

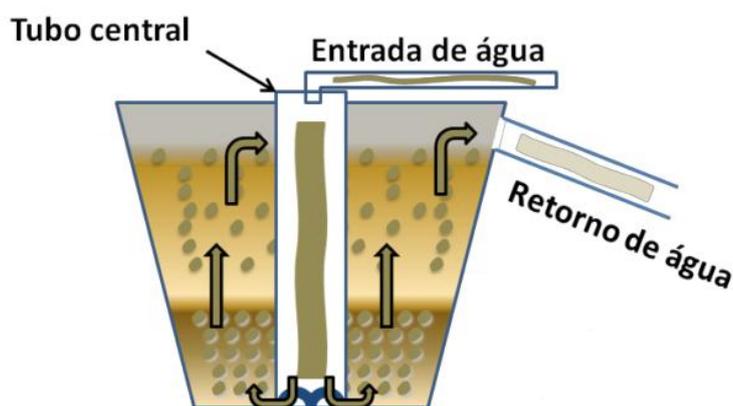


Figura 4 - Processo de clarificação com sedimentação das partículas

Fonte: Gaona, 2011

Este processo de clarificação remove o excesso de biomassa microbiana expressa em termos de sólidos em suspensão voláteis (SSV), já que a biomassa é constituída de sólidos orgânicos que se encontram suspensos no fluido. Esta ação reduz a decomposição de

biomassa heterotrófica em excesso, porém também acaba removendo biomassa autotrófica nitrificante suspensa (Ebeling et al., 2006).

O controle em relação à quantidade de sólidos no cultivo em bioflocos beneficia a produção de camarões, como verificado por Ray et al. (2010a). Os referidos autores observaram redução na quantidade de nutrientes acumulados, melhora na taxa de conversão alimentar, aumento da biomassa total, peso por animal e taxa de crescimento.

Segundo Schweitzer e colaboradores (2013), a concentração de sólidos suspensos totais acima de 800 mg/L prejudicam a sobrevivência e a biomassa final de camarões. Ao analisá-los foi notada alta incidência de partículas obstruindo as brânquias, responsáveis pela respiração, excreção e regulação osmótica destes animais.

Por ser um sistema de troca zero ou mínima de água, o mesmo ambiente pode ser utilizado por diversos ciclos de produção, desde que os níveis de compostos orgânicos, inorgânicos e sólidos sejam controlados. A reutilização de água de cultivos anteriores facilita a formação de agregados microbianos em sistemas BFT, além de melhorar os índices de crescimento e sobrevivência dos camarões (Krummenauer et al., 2012). Esta característica de reuso é uma vantajosa economia de consumo hídrico, visto que é possível produzir 1 Kg de camarão com apenas 160 litros de água (Otoshi et al., 2007).

Como a carcinicultura marinha é uma atividade economicamente importante no Brasil, estudos que objetivem desenvolver metodologias de cultivo aliadas a sustentabilidade da atividade são de extrema necessidade. Portanto, é importante caracterizar e acompanhar a qualidade da água de cultivo, a fim de evitar prejuízos, tanto no desempenho zootécnico dos camarões, quanto no lançamento de águas residuárias no ambiente.

3.4 Salinidade

A concentração de sais minerais dissolvidos na água é expressa como salinidade, que corresponde ao peso, em gramas, de sais presentes em 1000 g de água. Os principais íons responsáveis pela formação de sais são os cátions cálcio, magnésio, sódio, potássio e ânions bicarbonatos, cloretos e sulfatos (Esteves, 2011).

Sabe-se que o controle da salinidade em sistemas de cultivo de *L. vannamei* é importante para a manutenção de suas características fisiológicas. Baixas salinidades podem afetar a osmorregulação e a alimentação destes animais. Entretanto, estudos demonstram que essa espécie de camarão, devido as suas características eurialinas, consegue sobreviver em água doce com níveis de alcalinidade e dureza totais entre 23 e 47 mg/L, respectivamente

(Fonseca et al., 2009).

Esta característica de suporte osmótico fornece a opção de operar sistemas de cultivo de *L. vannamei* em áreas interiores, afastadas de regiões costeiras, que sofrem menos com a especulação imobiliária e a poluição (Fugimura et al., 2015). Adicionalmente, possibilita o fornecimento de camarão fresco em regiões continentais e com preços mais acessíveis.

A combinação entre dieta e salinidade afeta a taxa de crescimento do camarão, como foi observado por Rosas et al. (2001). A melhor taxa de crescimento foi observada em salinidade 15‰ com dieta rica em proteína (50%) em oposição à salinidade 40‰. Verificou-se que altas concentrações de proteínas na hemolinfa foram utilizadas como fonte de regulação osmótica ou de energia metabólica.

Decamp et al. (2003) também observaram a capacidade de sobrevivência de *L. vannamei* em baixas salinidades, porém o crescimento foi reduzido em salinidade 9‰. Já Santos et al. (2009) obtiveram os melhores valores de peso final, incremento em peso, incremento relativo diário de biomassa e taxa de sobrevivência de pós-larvas em tratamento de 0‰ mantidos com temperatura, pH e oxigênio dissolvido em faixas ideais para o cultivo de organismos aquáticos.

Estudos relacionados com a salinidade ótima para o crescimento de *L. vannamei* ainda são controversos (Li et al., 2007). Segundo McGraw et al. (2002), a capacidade de tolerância dos camarões à salinidade está relacionada com a idade e fatores ambientais. Portanto, o controle dos parâmetros abióticos pode favorecer o desempenho zootécnico desta espécie em baixa salinidade.

Por isso, sistemas com bioflocos podem ser promissores em relação à produção de camarões em baixos níveis salinos, já que o controle de fatores ambientais é facilitado. Além disso, cultivos realizados em baixas salinidades apresentam a vantagem de facilitar o processo de nitrificação (Dinçer & Kargi, 2001). Desta forma, a redução da salinidade no cultivo em bioflocos, além de reduzir os custos da produção com gasto de sal comercial, também promove a facilitação da conversão de amônia em nitrato.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações iniciais

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquacultura, da Escola de Veterinária,

na Universidade Federal de Minas Gerais (LAQUA), no setor de Maricultura. O mesmo foi conduzido por 60 dias entre os meses de Maio e Julho de 2015.

4.2 Delineamento experimental

Para o estudo foram adquiridas pós-larvas de *L. vannamei* da empresa Aquatec[®] LTDA (Rio Grande do Norte) alimentados com ração (linha Potimar da Guabi, 38%).

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com dois tratamentos (salinidade 8‰ = T₈ e 16‰ = T₁₆) e quatro repetições, além disso cada tratamento era composto por um macrocosmo M1/M2 (tanque externo mantenedor do volume de água das repetições) (Wasielisky et al., 2013), conforme observado nas figuras 5 e 6.

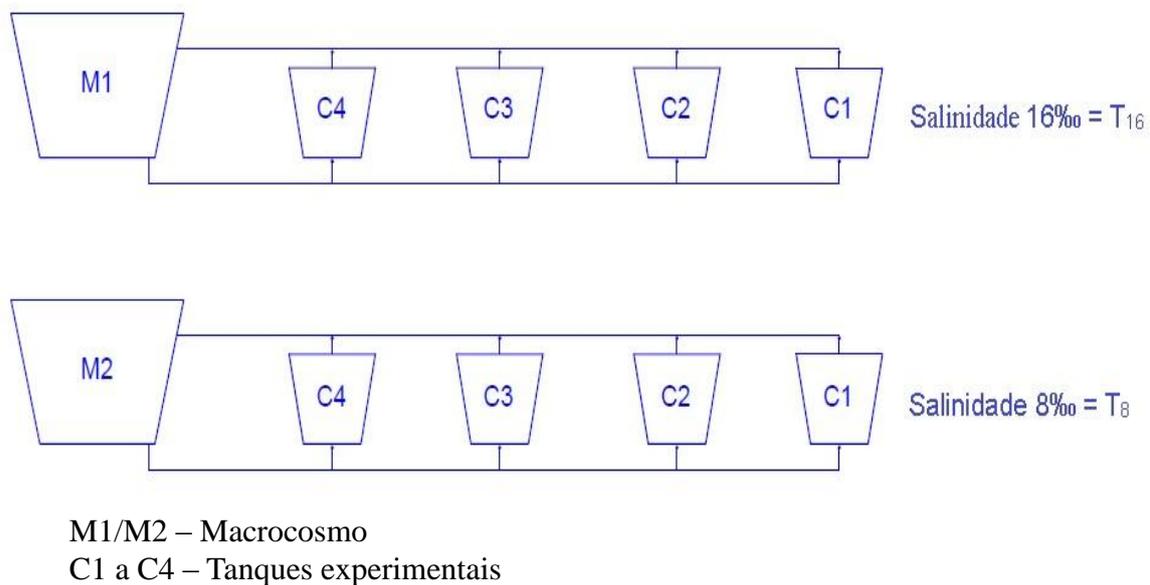


Figura 5 - Fluxograma do sistema de cultivo



Figura 6 - Unidades experimentais com água clara e posteriormente com bioflocos

Fonte: Arquivo pessoal

Os tanques (polietileno) utilizados na produção de camarão e macrocosmos possuíam capacidade total de 100 e 500 L, respectivamente. O volume útil nas repetições foi de 80 L e as estas foram mantidas pelo macrocosmo, em cada uma das salinidades testadas. Não houve renovação de água durante o experimento, apenas reposição da água evaporada no macrocosmo para manter a força da bomba externa. Cada tanque possuía aeração por ar difuso fornecido por compressor de ar radial (Ibram) para manter a oxigenação necessária aos animais.

O fluxo entre as caixas era constante, ou seja, a água recirculou por todo o sistema sem obstrução do fluxo, através de uma bomba com vazão de 21 L/minuto. Dois aquecedores termostato (Atman) foram utilizados nos macrocosmos para a manutenção da temperatura em aproximadamente 28°C. A densidade de camarões (fase juvenil) em cada tanque foi de 250 indivíduos/m² (Ray et al., 2011), a alimentação foi ofertada duas vezes ao dia (8 e 16 horas) considerando 3% da biomassa durante todo o período experimental. Para o ajuste da alimentação e monitoramento do crescimento dos animais foram realizadas biometrias semanais de 20 animais aleatórios de cada tanque.

As salinidades testadas foram obtidas a partir de um sistema com bioflocos maduro

proveniente de cultivo anterior de camarões com salinidade 8‰. No tratamento T₁₆, para atingir salinidade 16‰, aumentou-se quatro partes de salinidade, a cada 24 h. O ambiente salino foi obtido pela adição de diferentes sais de acordo com Grasshof et al. (1983) modificado.

Correções de pH foram realizadas para manter os valores próximos a 7,8 e alcalinidade acima de 150 mg/L, adicionando cal hidratada e calcário dolomítico (MF Rural). A adição do melão em pó (MF Rural) foi baseada na concentração de amônia acima de 0,25 mg/L, mantendo-se a relação C:N em 6:1, considerando a proporção de carbono no melão de 45% (Avnimelech, 1999; Ebeling et al., 2006). Além disso, aplicações de probiótico comercial (Bacsol-VT) foram adicionadas diariamente nos tratamentos para a melhoria do ambiente de cultivo (Krummenauer et al., 2012). A clarificação foi realizada nos tratamentos com sólidos sedimentáveis superiores a 40 mL/L empregando-se cone de sedimentação Imhoff graduado (1.000 mL), produzido em poliestireno.

O clarificador utilizado baseou-se na metodologia descrita por Gaona et al. (2011) (Figura 6). O mesmo possuía volume de 53 L e foi construído em PVC. O princípio de funcionamento levou em consideração a ação gravitacional para a sedimentação das partículas sólidas no fundo do clarificador e a água mais clara, por fim, retornava ao sistema. Uma bomba submersa (19 W, BOYU) foi utilizada para captar o meio a ser clarificado e ficou ligada de 3 a 5 horas. O lodo sedimentado no clarificador foi coletado para ser caracterizado através de análises físico-químicas.



Figura 7 – Clarificador
Fonte: Arquivo pessoal

4.3 Programa de monitoramento

Para caracterizar a qualidade da água de cultivo, foram analisadas as seguintes variáveis físico-químicas:

- Diariamente, pela manhã, foram monitorados: a concentração de oxigênio dissolvido (OD) e saturado (OSAT), com o uso de um oxímetro digital (Hanna/modelo HI9146, República Tcheca); o pH e temperatura (T água) com aparelho multiparâmetro (Hanna/modelo HI98129, Rep. Tcheca); salinidade com uso de refratômetro (Atago/modelo ATC-S/Mill 2440, Japão); amônia total (AT) e nitrito (NO_2^-) (Unesco, 1983); sólidos sedimentáveis (Ssed) (Avnimelech, 2007).
- Duas vezes por semana foram realizadas análises de demanda química de oxigênio total (DQOt); demanda química de oxigênio filtrada (DQOf); nitrato (NO_3^-); fosfato (PO_4^{3-}); sólidos totais (ST); sólidos totais voláteis (STV); sólidos totais fixos (STF); sólidos suspensos totais (SST); sólidos suspensos voláteis (SSV); sólidos suspensos fixos (SSF); alcalinidade total (AlcT) e uma vez na semana demanda bioquímica de oxigênio (DBO), realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental da Escola de Veterinária – UFMG.
- Para caracterizar o lodo removido do clarificador foram realizadas análises de DBO, DQOt, DQOf, ST, STV, STF, SST, SSV, SSF, NO_3^- , PO_4^{3-} .
- Para caracterizar o melaço foram realizadas análises de DBO, DQOt, DQOf, ST, STV, STF, SST, SSV, SSF em 20 g diluídos em 100 mL de água.

Estas análises físico-químicas foram realizadas de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (1998), com exceção da alcalinidade total (APHA, 1999).

Para caracterizar as condições climatológicas do experimento, diariamente foram medidas a temperatura (T) e umidade (U) do ambiente através de um termo higrômetro digital (Incoterm/7663).

4.4 Parâmetros de desempenho zootécnico

Para o crescimento foram realizadas pesagens a cada sete dias até o final do experimento. Uma amostra aleatória de 20 camarões de cada unidade experimental foi individualmente pesada e posteriormente devolvida aos tanques de origem. No último dia todos os animais foram pesados e contados para o cálculo da taxa de sobrevivência.

O desempenho dos juvenis de *L. vannamei* submetidos aos diferentes tratamentos foi

avaliado de acordo com os seguintes parâmetros:

- Mortalidade (%) = $(n^{\circ} \text{ camarões mortos} * n^{\circ} \text{ inicial camarões})/100$
- Ganho em peso (g) = peso final (g) - peso inicial (g)
- Taxa de crescimento específico (%/dia) = $100 \times (\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial (g)}) / \text{tempo em dias}$
- Biomassa final (g) = $n^{\circ} \text{ final camarões} \times \text{peso final (g)}$
- Conversão alimentar = $\text{consumo de ração} / \text{ganho em peso (g)}$

4.5 Análises estatísticas

Os dados das análises físico-químicas e de desempenho realizados nos sistemas com bioflocos foram submetidos a teste de normalidade (Instat, 2003), análises de variância (ANOVA) e teste a posteriori de Fisher LSD ($p \leq 0,05$), por meio do software Infostat (2008).

Os dados da biometria em subparcelas foram submetidos à ANOVA e teste a posteriori de Tukey ($p \leq 0,05$) pelo software Sisvar (2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros físicos e químicos da água

5.1.1 Parâmetros diários

As médias referentes aos parâmetros OD, OSAT, T água, pH e AlcT ao longo do cultivo são apresentados na tabela 4.

Foi possível observar que OD e SAT foram significativamente diferentes entre os tratamentos, com o aumento da salinidade, a solubilidade do oxigênio na água diminui, como observado por Maicá et al. (2012), que verificaram a redução da concentração de OD em salinidades mais elevadas em sistema de bioflocos. Porém, é notável que em ambos os tratamentos, a concentração de OD ficou entre os níveis considerados ideais para os camarões, ou seja, acima de 3 mg/L (Boyd, 1998). Segundo McGraw et al. (2001), níveis de OD próximo à saturação resultam em máxima produtividade e níveis abaixo de 50% de saturação devem ser evitados.

Tabela 4 - Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos OD/SAT/T água/pH/AlcT durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ = 8‰	T ₁₆ = 16‰
OD (mg/L)	5,81±0,33 ^b	5,49±0,49 ^a
OSAT (%)	85,13±4,67 ^b	80,22±7,33 ^a
T água (°C)	27,81±0,96 ^a	27,54±1,14 ^a
pH	7,76±0,28 ^a	7,67±0,22 ^a
AlcT (mg CaCO₃/L)	93,69±18,30 ^b	120,06±23,27 ^a

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Fischer LSD (p≤0,05)

A temperatura da água e o pH não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, e ambos se mantiveram dentro dos valores ideais para os animais, entre 25-30°C (Ponce-Palafox et al., 1997) e 7,0-8,0 (Chien, 1992), respectivamente. Observamos que a utilização de aquecedores e as correções de pH realizadas ao longo do experimento foram necessárias. Nas figuras 8 e 9 são apresentadas as variações de temperatura e pH ao longo do período experimental, respectivamente.

Santos et al. (2009) cultivando pós-larvas de *L. vannamei* em diferentes salinidades (0‰, 10‰, 20‰, 30‰ e 35‰), verificaram valores mínimos e máximos para pH e temperatura variando entre 6,99 e 8,3 e 24,8°C e 28,6°C. No presente trabalho foram observadas variações de pH entre 6,87 e 8,2 e temperatura 25,05 e 29,3°C, valores próximos aos encontrados por Santos e colaboradores (2009).

Em relação à alcalinidade, há diferença entre os tratamentos, com concentração média de 120,06±23,27 mg/L de CaCO₃ para T₁₆ e 93,69±18,30 mg/L de CaCO₃ para T₈, demonstrando que em salinidades mais altas a alcalinidade tende a ser maior. Esta diferença pode estar relacionada com a plasmólise celular em salinidades mais altas, diminuindo o número de bactérias ativas que consomem alcalinidade. Entretanto, Fugimura et al. (2015) em estudo realizado com o camarão *Litopenaeus schmitti*, criados em diferentes salinidades e utilizando a tecnologia de bioflocos, não verificaram diferenças significativas de alcalinidade

entre as salinidades 19, 26 e 33‰. Os valores de alcalinidade no presente estudo não afetaram negativamente os camarões, pois em ambos os tratamentos a concentração ficou superior a 75 mg/L, como descrito por Furtado et al. (2015). Os referidos autores avaliaram o efeito de diferentes alcalinidades no cultivo de *L. vannamei* em bioflocos e não encontraram diferença significativa no desempenho zootécnico entre os tratamentos com alcalinidade 75, 150 e 225 mg/L.

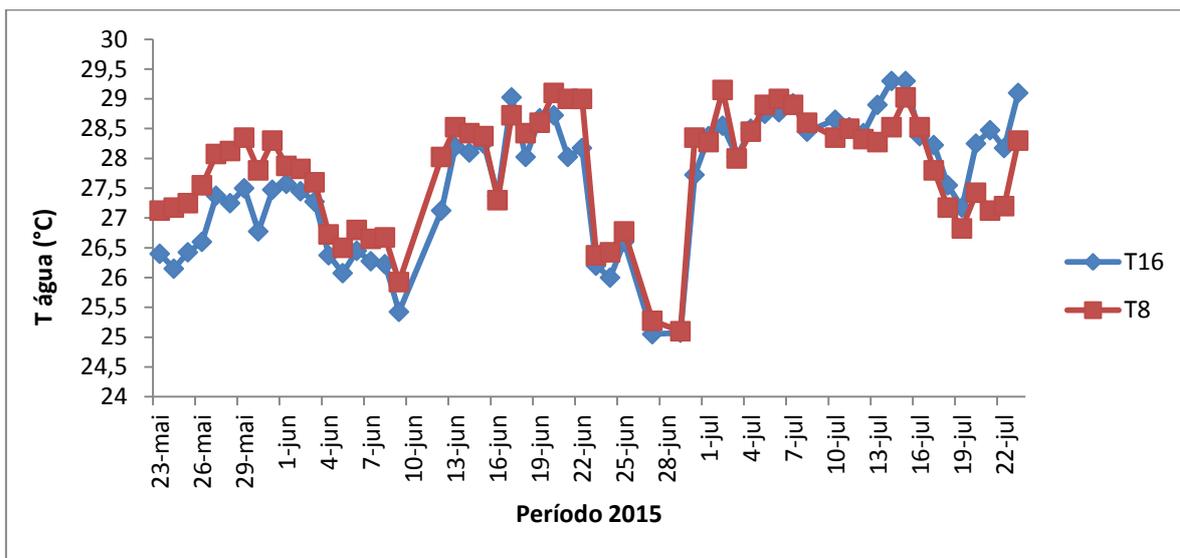


Figura 8 - Variações de temperatura durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

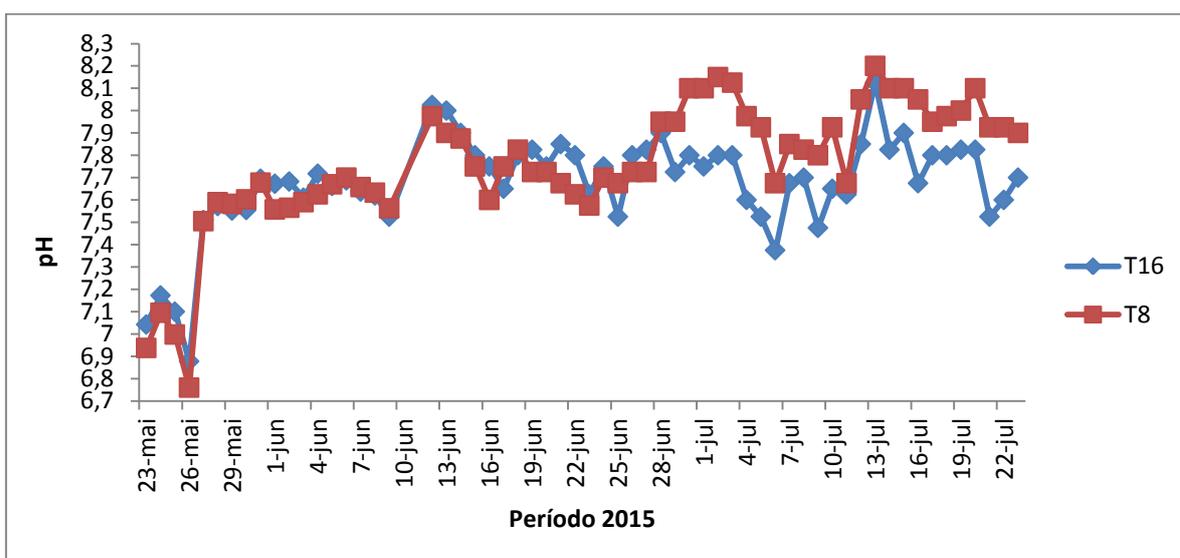


Figura 9 - Variações de pH durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

5.1.2 Matéria orgânica

Na tabela 5 são apresentados os valores para demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio total (DQOt) e demanda química de oxigênio filtrada (DQOf) nos dois tratamentos. Observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para DBO e DQOt, possivelmente devido à quantidade de melaço adicionada durante o período experimental mantendo-se a relação C:N em 6:1. A partir dos valores de DBO e DQOt foi possível caracterizar a biodegradabilidade da água de cultivo, neste caso a relação DQOt/DBO foi superior a 3,5 nos dois tratamentos, demonstrando altas concentrações de material inerte ou não biodegradável nos sistemas (Von Sperling, 1996). Portanto, pouco material orgânico disponível para as bactérias está presente no meio. Segundo Von Sperling (1996) este material orgânico inerte é formado através do decaimento da biomassa bacteriana por metabolismo endógeno, morte, predação e outros. A salinidade pode causar efeitos adversos na flora microbiana, causando plasmólise e perda da atividade das células (Medeiros et al, 2005), o que pode explicar a alta concentração de material inerte em ambos os tratamentos. Na caracterização do melaço, os valores para DBO e DQOt em 20 g foram de 8.432 mg/L e 38.974 mg/L, respectivamente, cuja relação também demonstra menores concentrações de material biodegradável em sua composição.

Além disso, verificou-se que a quantidade de material orgânico dissolvido através da DQOf foi diferente entre os dois tratamentos. Em T₁₆, a média foi de 1.278,13±558,35 mg/L, que representa 95,5% de material solúvel e em T₈, a média foi de 746,202±299,73 mg/L, que representou 57,92% de material solúvel. Esta diferença possivelmente esteve atrelada à quantidade de ração fornecida durante o experimento que variou de acordo com a biometria. Em T₁₆ a quantidade de ração foi aumentada devido ao ganho de peso dos animais. Segundo o fabricante, a ração Potimar 38, da Guabi Ltda., apresenta em sua composição ± 38% de proteína bruta, extrato etéreo superior a 7,5%, umidade inferior a 10,0%, fibra bruta inferior a 5,0%, cinzas inferior a 13,0%, cálcio inferior a 3,0% e fósforo superior a 1,4%. O material solúvel superior em T₁₆ possivelmente não esteve relacionado à quantidade de melaço fornecida, pois em T₈ foi adicionada uma maior quantidade de melaço ao longo do experimento devido às alterações nas concentrações de amônia.

Tabela 5 – Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos DBO/DQO/DQOf durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ (8‰)	T ₁₆ (16‰)
DBO (mg/L)	47,66±20,40 ^a	44,26±27,74 ^a
DQOt (mg/L)	1288,15±492,58 ^a	1338,28±499,147 ^a
DQOf (mg/L)	746,202±299,73 ^b	1278,13±558,35 ^a

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Fischer LSD (p≤0,05)

Na figura 10 é possível observar as concentrações de DQOf ao longo do período experimental. A concentração de DQOf em T₈ aumentou em menores proporções que em T₁₆, assim como a quantidade de ração fornecida que foi maior em T₁₆. Apesar do melão não ter relação direta com a diferença de DQOf nos tratamentos, foi notável sua participação no aumento de material orgânico solúvel nas águas de cultivo, já que com 20 g de melão diluído em 100 mL de água, cerca de 73% de DQOt é fração solúvel de material orgânico. A concentração de DQOf nesta quantidade de melão foi de 28.718 mg/L.

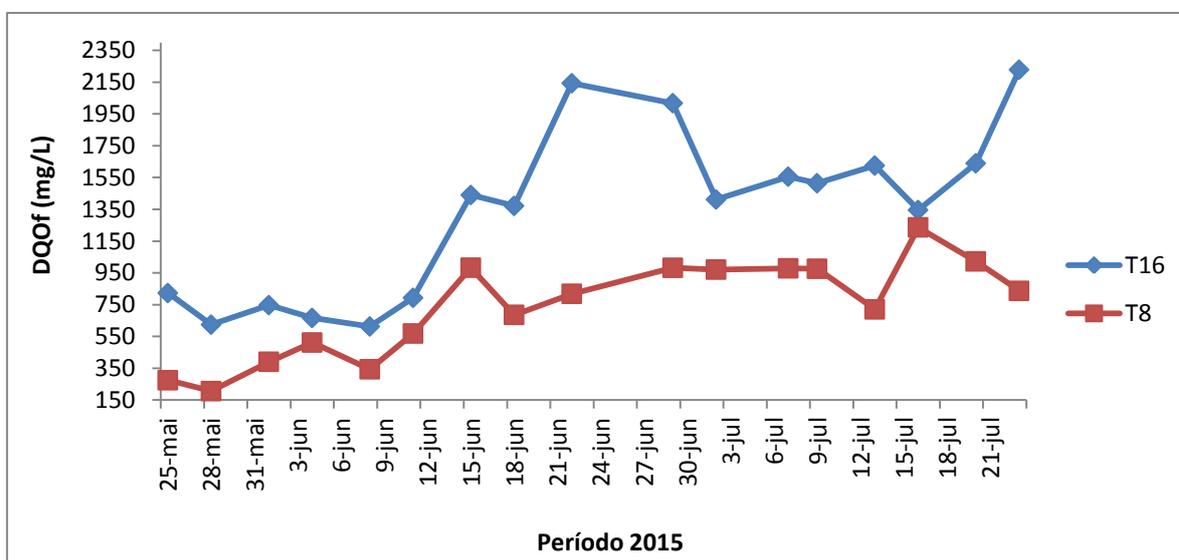


Figura 10 - Variações de demanda química de oxigênio filtrada (DQOf) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

Zhao et al. (2014) verificaram baixos valores de DQOt em sistemas de bioflocos com carpas. A adição de amido de milho para aumentar a relação C:N foi eficiente na manutenção de baixas concentrações de DQOt no tanque controle com relação C:N igual a sete. A média

de DQOt encontrada pelos autores foi de $11,53 \pm 0,74$ mg/L, sem diferença significativa para os outros tratamentos com maiores relações de C:N. Desta forma, percebe-se que o melaço talvez não seja o melhor insumo para a manutenção da relação C:N, já que o mesmo aumentou consideravelmente as concentrações de DQOt no sistema de cultivo em nosso estudo.

Nos processos de clarificação, uma pequena quantidade de material dissolvido foi removida, em média 15% para T₁₆ e 13% para T₈. Em relação à DQOt removida pelo clarificador, a concentração média para T₁₆ foi de $5.616 \pm 2.673,49$ mg/L e para T₈ $9.151 \pm 4.300,28$ mg/L demonstrando que a maior parte removida foi de material orgânico suspenso (particulado) junto com uma alta quantidade de material inerte (relação DQOt/DBO superior a 3,5).

Ambos os valores de DQOt removidos pelo clarificador e presentes na água de cultivo ultrapassaram os limites de lançamento estabelecidos pela Resolução COPAM/CERH 01/2008 cujo valor é até 180 mg/L. Já para DBO o padrão de lançamento é de até 60 mg/L, demonstrando que a água de cultivo atende esta premissa.

5.1.3 Sólidos totais, suspensos e sedimentáveis

Na tabela 6 são apresentados os valores médios e desvios padrões de sólidos totais, suspensos e sedimentáveis da água de cultivo. Em relação aos sólidos totais houve diferença significativa entre os tratamentos tanto em relação aos sólidos orgânicos (STV), quanto aos sólidos inorgânicos (STF). Com valores médios de ST de $17.499,99 \pm 1.249,38$ mg/L para T₁₆ e $8.871,85 \pm 995,09$ mg/L para T₈. Entre os dois tratamentos é notável que a maior parte destes sólidos corresponde à fração inorgânica (STF), 86% em T₁₆ e 77% para T₈, o que demonstra altas concentrações de material inerte nos tanques.

Este material é proveniente dos insumos adicionados ao sistema para manutenção de pH, da relação C:N e alimentação dos animais. Na caracterização do melaço foi observado que em 20 g, 33% dos sólidos totais equivaleram à fração inerte. A partir dos valores de sólidos totais e suspensos é possível inferir que há uma fração de sólidos dissolvidos superior à fração particulada. Além disso, foi verificado que o clarificador auxilia na remoção do material inerte, que tende a sedimentar (Tabela 7). Nas figuras 10, 11 e 12 são apresentadas as variações de ST, STV e STF ao longo do experimento.

Tabela 6 - Médias e desvios padrões de sólidos totais, suspensos e sedimentáveis durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ (8‰)	T ₁₆ (16‰)
ST (mg/L)	8.871,85±995,09 ^b	17.499,99±1.249,38 ^a
STF (mg/L)	6.848,37±735,61 ^b	15.092,74±974,28 ^a
STV (mg/L)	2.009,95±405,35 ^b	2.353,88±361,49 ^a
SST (mg/L)	914,02±257,98 ^a	882,73±200,04 ^a
SSV (mg/L)	647,88±206,81 ^b	497,91±146,24 ^a
SSF (mg/L)	266,57±81,68 ^b	384,81±85,30 ^a
SSed (mL/L)	51,39±25,80 ^a	47,07±24,22 ^a

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Fischer LSD (p≤0,05)

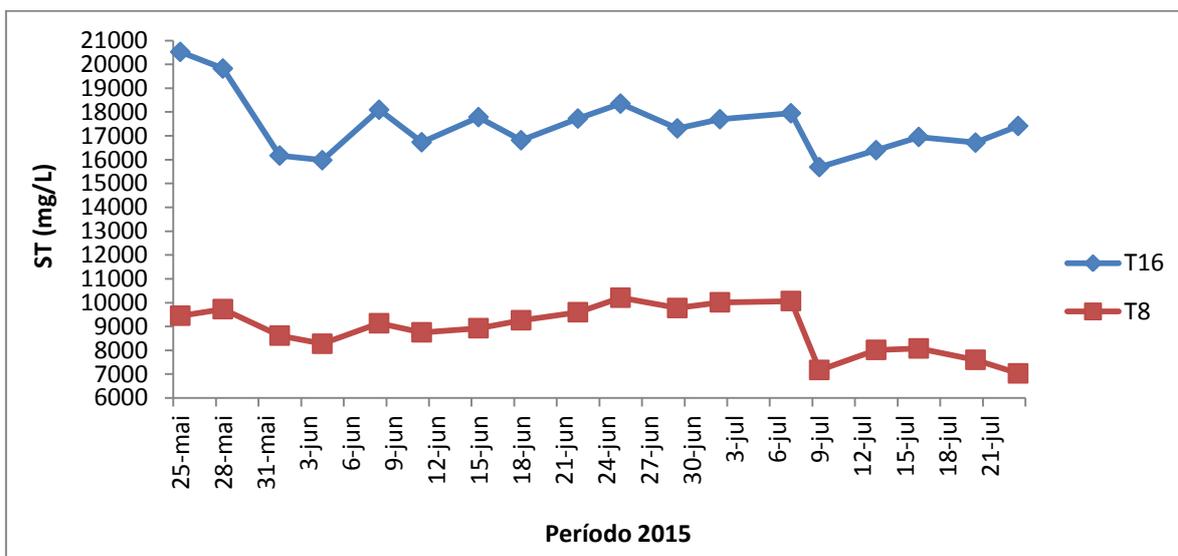


Figura 11 - Variações de sólidos totais (ST) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

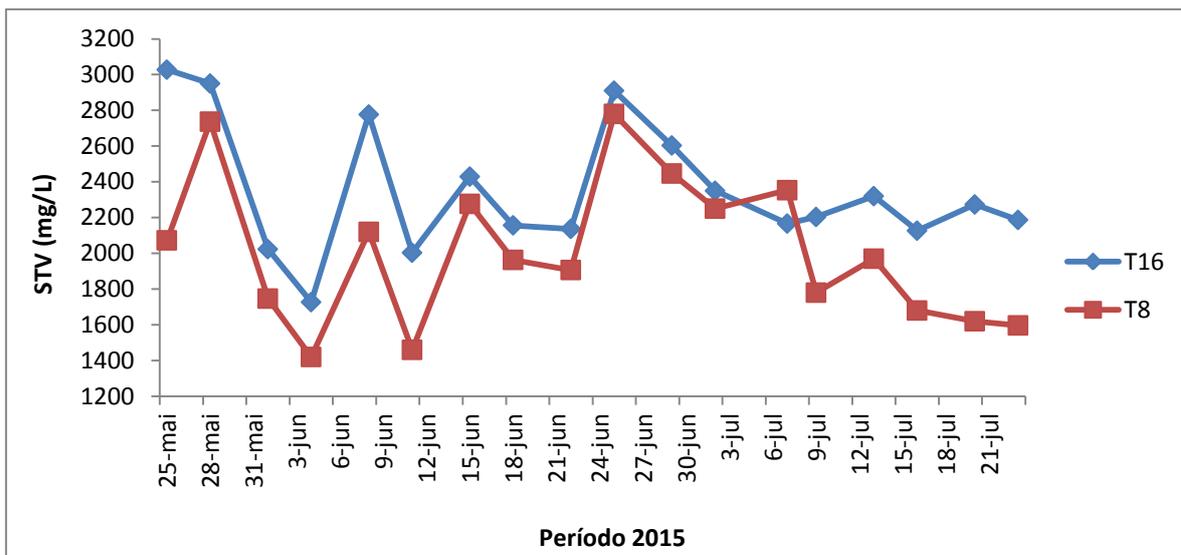


Figura 12 - Variações de sólidos totais voláteis (STV) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

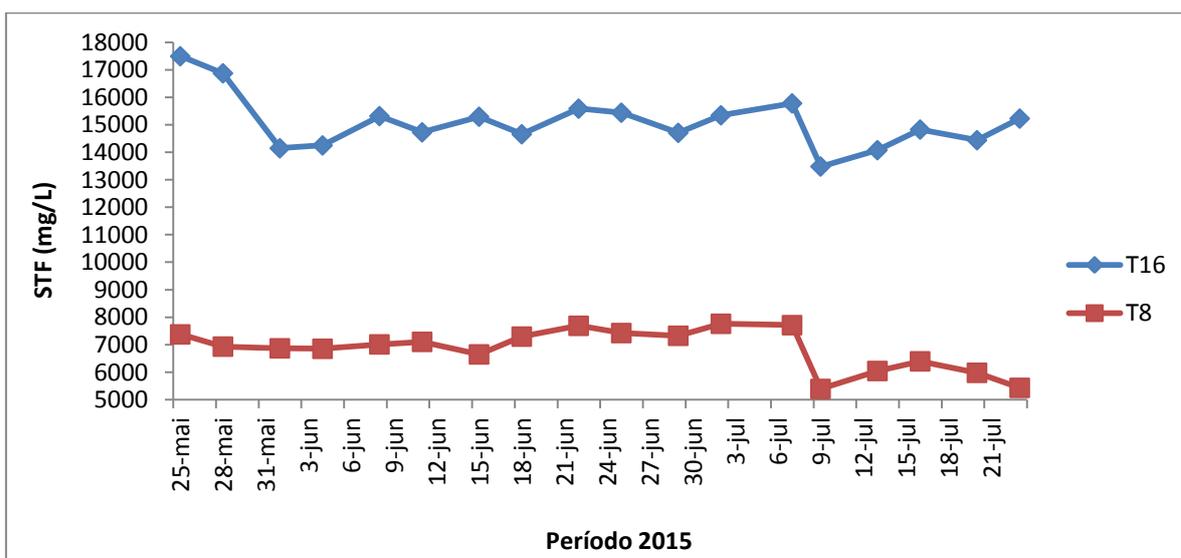


Figura 13 - Variações de sólidos totais fixos (STF) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

Em relação aos sólidos suspensos, não se observou diferença significativa para SST, já que o clarificador foi utilizado em ambos os tratamentos, evitando o acúmulo de sólidos suspensos. Porém, para SSV e SSF foram encontradas diferenças, demonstrando que a água de cultivo variou em relação à proporção de sólidos orgânicos e inorgânicos. As médias de concentração para SSV foram $497,91 \pm 146,24$ e $647,88 \pm 206,81$ e para SSF foram $384,81 \pm 85,30$ e $266,57 \pm 81,68$, para T₁₆ e T₈, respectivamente. Esta variação ocorreu em

função da diferença na quantidade de melaço, ração, cal hidratada e calcário dolomítico, adicionados ao longo do experimento. Nas figuras 14, 15 e 16 são apresentadas as variações de SST, SSV e SSF durante o período experimental.

Tabela 7 - Médias e desvios padrões de sólidos totais e suspensos do lodo removido pelo clarificador nos tratamentos durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ (8‰)	T ₁₆ (16‰)
ST (mg/L)	20.954,6±3.614,25	28.758,9±7.121,14
STV (mg/L)	8.473,75±1.555,74	7.975,56±1.600,67
STF (mg/L)	12.480,80±3.060,95	20.783,3±5.703,20
SST (mg/L)	13.710,83±4.189,97	11.455,56±4.319,71
SSV (mg/L)	7.200,63±2.423,23	6.113,06±1.668,20
SSF (mg/L)	6.510,21±2.831,51	5.342,50±2.910,28

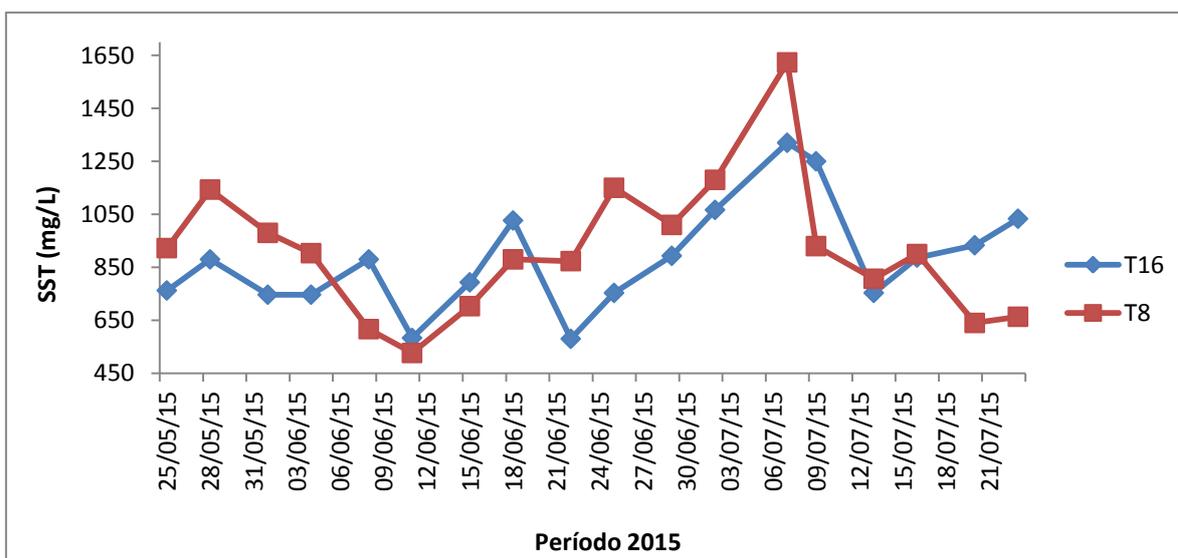


Figura 14 - Variações de sólidos suspensos totais (SST) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

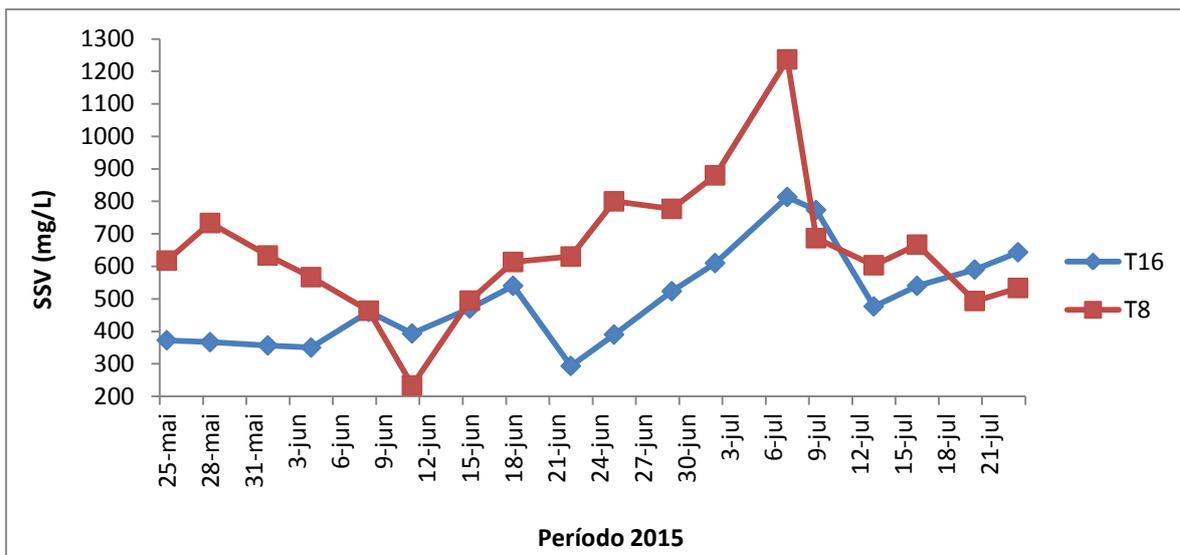


Figura 15 - Variações de sólidos suspensos voláteis (SSV) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

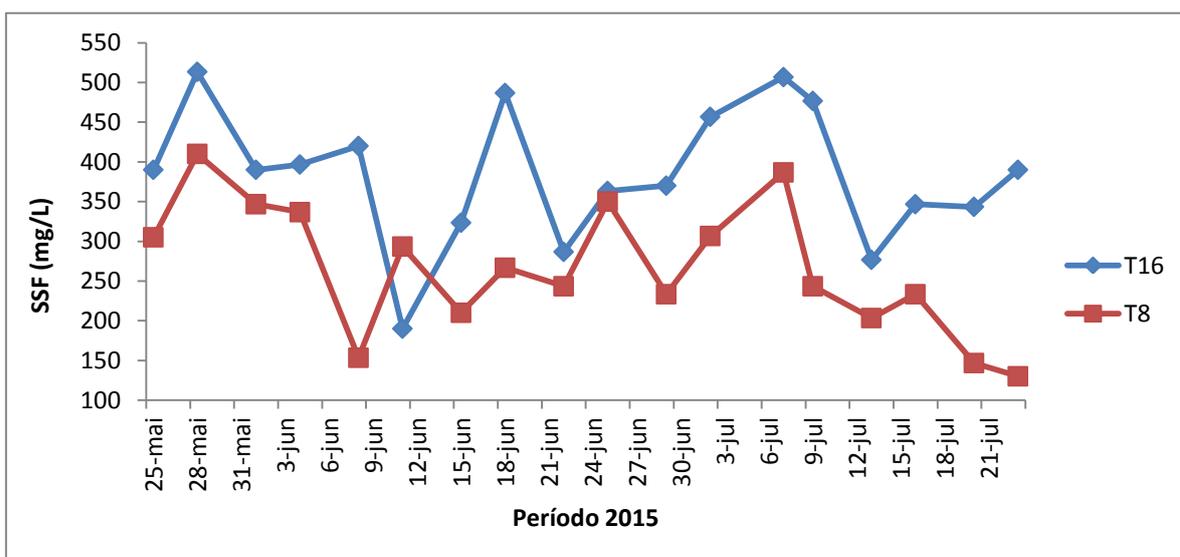


Figura 16 - Variações de sólidos suspensos fixos (SSF) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

Na figura 15 é possível observar que o incremento de biomassa microbiana ocorre rapidamente, através dos picos de SSV no gráfico. Além disso, em T₈, o crescimento microbiano foi favorecido, devido aos valores maiores de SSV, demonstrando que em baixas salinidades, o crescimento de bactérias heterotróficas e autotróficas é facilitado. Já Maicá et al. (2012), ao avaliarem o efeito de baixas salinidades na composição do floco e desempenho de *L. vannamei* em sistema BFT, verificaram que com o aumento da salinidade, houve

incremento de sólidos suspensos, sendo que, na salinidade de 25‰, a média na concentração de SST foi de $256,00 \pm 12,71$ mg/L.

Valores próximos aos encontrados no presente estudo também foram indicados por Ray et al. (2010a), com concentração média de SST de 820 ± 135 e 745 ± 165 mg/L; SSV de 509 ± 99 e 485 ± 114 mg/L em dietas a base de óleo de peixe e farelo vegetal em BFT, respectivamente, sem clarificação. O uso de clarificador é aconselhável, pois se pode reduzir a concentração de DBO, diminuir o estresse dos animais ou alterar a comunidade de microrganismos favorecendo a produção (Ray et al., 2010a). Schweitzer et al. (2013) indicam a manutenção de SST entre 400 e 600 mg/L para o cultivo superintensivo de *L. vannamei* sem prejuízo na produção.

Os tratamentos foram clarificados a partir da medição de Ssed acima de 40 mL/L. Entretanto, a concentração média de Ssed excedeu esta premissa, com valores médios de $47,07 \pm 24,22$ para T₁₆ e $51,39 \pm 25,80$ para T₈. Provavelmente, o tempo de clarificação não foi suficiente para remover com eficiência o volume de floco particulado. Na figura 17 são apresentadas as variações de Ssed ao longo do experimento, vale ressaltar que no intervalo entre os dias 01/07/15 e 08/07/15 não foi possível realizar a clarificação devido a problemas com o decantador, desta forma durante este período, o volume do floco ficou elevado atingindo valores máximos de 125 mL/L e 135 mL/L em T₁₆ e T₈. No entanto, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

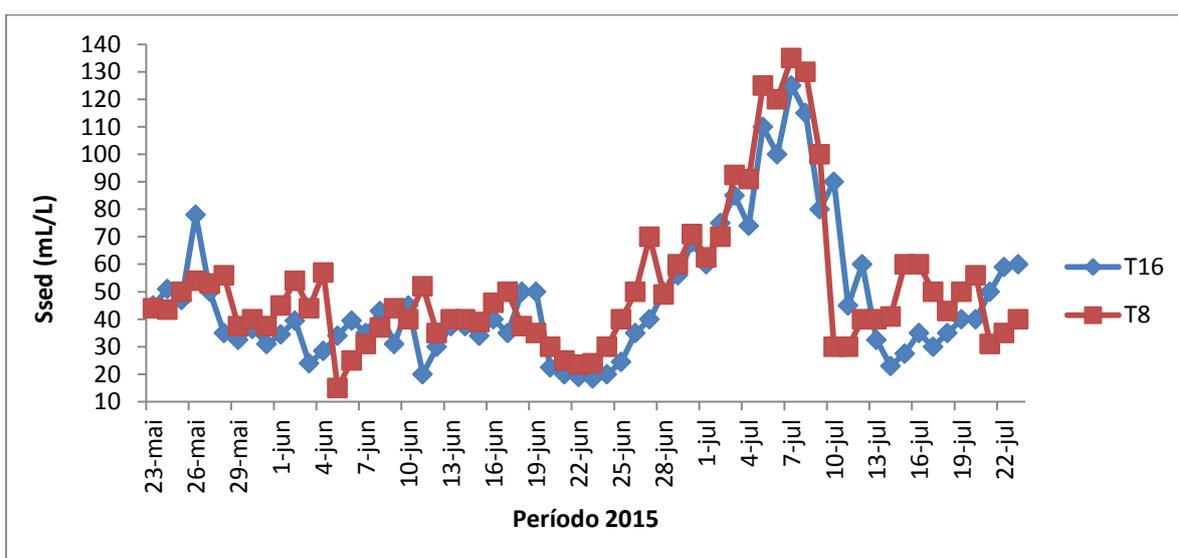


Figura 17 - Variações de Ssed durante a criação de *Litopenaeus vannamei* nas salinidades de 8 e 16‰

De acordo com a tabela 7, a concentração de sólidos dissolvidos removidos pelo clarificador é superior aos sólidos suspensos, sendo verificado pela relação de remoção entre ST e SST. Isto demonstra uma possível falha de dimensionamento do clarificador, já que a partir do princípio de sedimentação, partículas maiores tendem a sedimentar através da força gravitacional e velocidade de sedimentação. Segundo Von Sperling, (1996) a sedimentação de flocos tem sua eficiência aumentada com o aumento da profundidade do clarificador e do tempo.

Gaona et al. (2011) utilizaram um clarificador com capacidade para 1000 L e bomba com vazão de 4500 L/h, que ficava ligada por seis horas interrompidas ao atingir concentrações de SST superiores a 500 mg/L nos tanques de cultivo, a fim de evitar estresse aos camarões. Seu objetivo foi mantido, demonstrando eficiência do clarificador dimensionado, porém no presente estudo verifica-se que a capacidade do clarificador utilizado de 53 L, vazão da bomba de 1350 L/h e tempo de 3 a 5 horas não foram suficientes para evitar elevadas concentrações de ST e SST no sistema de cultivo.

Para o lançamento dos efluentes em corpos hídricos os sólidos suspensos totais não devem ultrapassar 100 mg/L e sólidos sedimentáveis até 1 mL/L, demonstrando a necessidade de tratamento tanto da água de cultivo, quanto para o lodo do clarificador.

5.1.4 Compostos nitrogenados e fosfato

Na tabela 8 são apresentadas as concentrações médias de nitrato, nitrito, amônia total e fosfato ao longo do experimento.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para nitrato, nitrito e fosfato, já a concentração de amônia total foi diferente entre os tratamentos (Tabela 8). Nas figuras 18, 19, 20 e 21 são apresentadas as variações das concentrações de nitrato, nitrito, fosfato e amônia, respectivamente, em T₁₆ e T₈ ao longo do período experimental.

Tabela 8 - Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos nitrato, nitrito, amônia total e fosfato ($\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-/\text{AT}/\text{PO}_4^{3-}$) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ (8‰)	T ₁₆ (16‰)
NO_3^- (mg/L)	6,56±0,92 ^a	6,74±1,00 ^a
NO_2^- (mg/L)	0,51±0,40 ^a	0,46±0,26 ^a
AT(mg/L)	1,11±0,78 ^b	0,76±0,44 ^a
PO_4^{3-} (mg/L)	4,02±0,88 ^a	3,86±1,00 ^a

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Fischer LSD ($p < 0,05$)

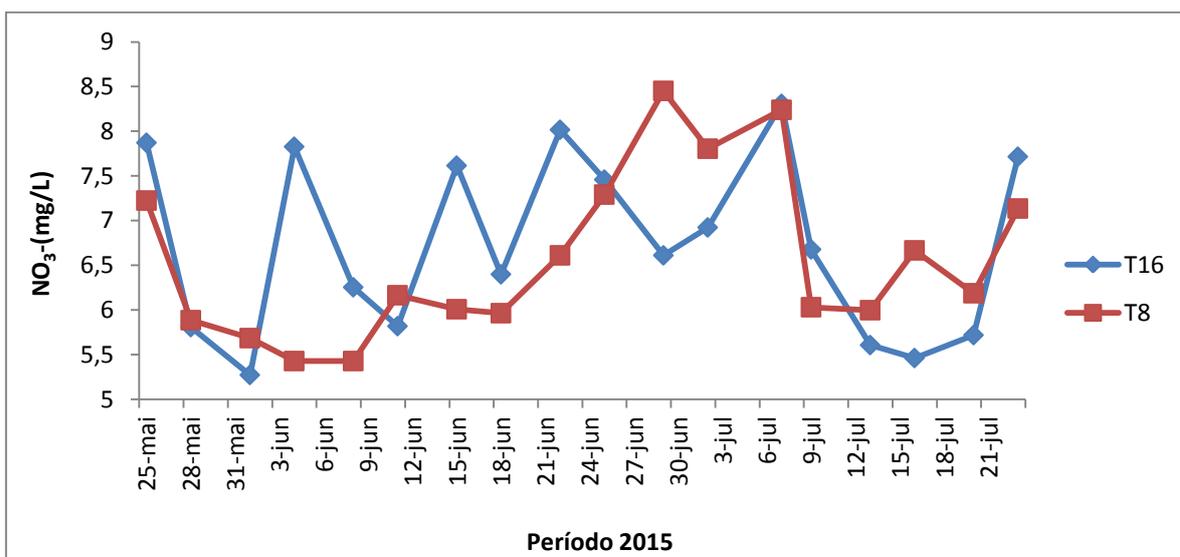


Figura 18 - Variações de nitrato (NO_3^-) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

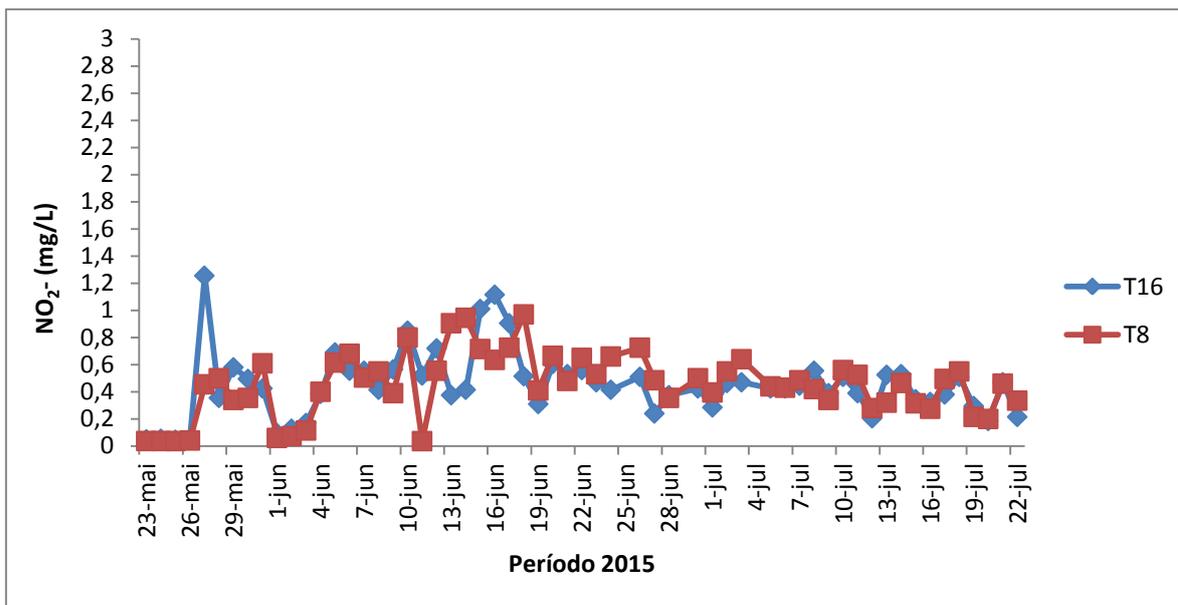


Figura 19 - Variações de nitrito (NO₂⁻) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

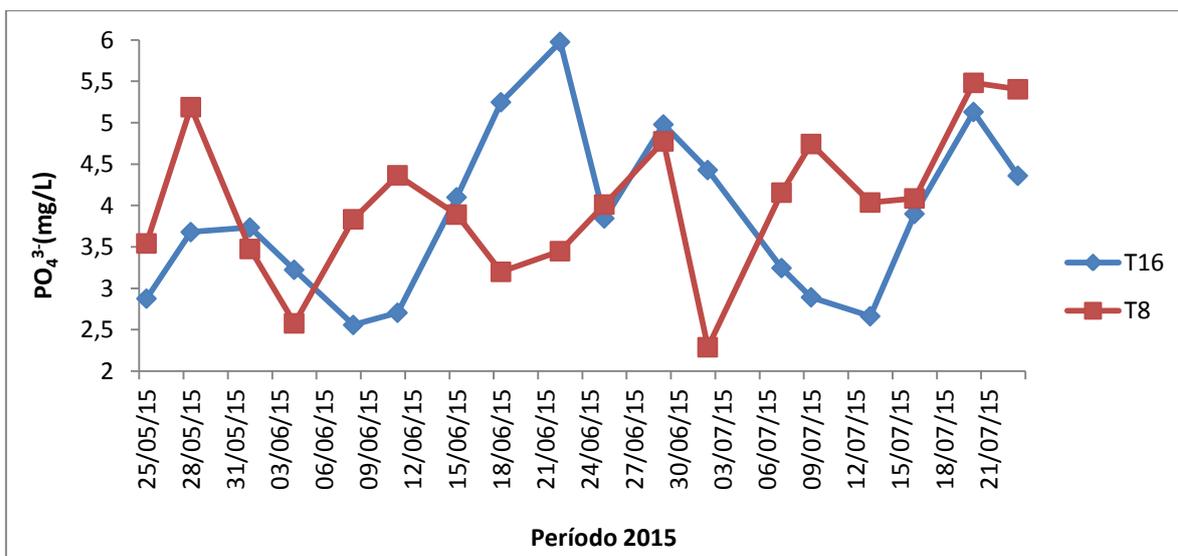


Figura 20 - Variações de fosfato (PO₄³⁻) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

A partir dos gráficos de nitrato e nitrito foi possível verificar que ao longo do cultivo a nitrificação não foi a principal via de remoção de amônia, já que as concentrações dos subprodutos das reações de nitrificação se mantiveram constantes ao longo do cultivo, com poucas variações. Além do crescimento mais lento de bactérias nitrificantes, ocorre

competição por espaço e oxigênio com as bactérias heterotróficas, como mencionado por Hargreaves (2006).

Portanto, adicionar matéria orgânica ao sistema acabou por inibir o crescimento de bactérias autotróficas. Silva et al. (2013), avaliando a dinâmica de nitrogênio e fósforo em cultivo de *L. vannamei* em bioflocos, observaram o aumento nas concentrações de nitrato a partir do 21º dia de cultivo, chegando ao valor máximo de 4,5 mg/L no dia 39. Neste estudo não houve clarificação, dessa forma as bactérias nitrificantes não foram removidas do sistema. No presente estudo, entre os dias 01/07 e 08/07 sem clarificação foi possível observar que a concentração de nitrato atingiu valores máximos de 8,3 mg/L em T₁₆ e 8,23 mg/L em T₈. Concentrações de nitrato acima de 300 mg/L em bioflocos afetaram o desempenho zootécnico de *L. vannamei* e a sua sobrevivência, como descrito por Furtado et al. (2014).

Em relação ao fosfato, há um incremento da sua concentração ao longo do cultivo, já que é um componente proveniente da ração. Entretanto, apenas cerca de 13% do fósforo presente no alimento é normalmente incorporado à biomassa dos camarões, o restante pode comprometer a qualidade da água (Briggs and Fvng-Smith, 1994). O clarificador removeu concentrações médias de fosfato bem elevadas de 553,08±102,16 mg/L em T₁₆ e 521,60±138,43 mg/L em T₈.

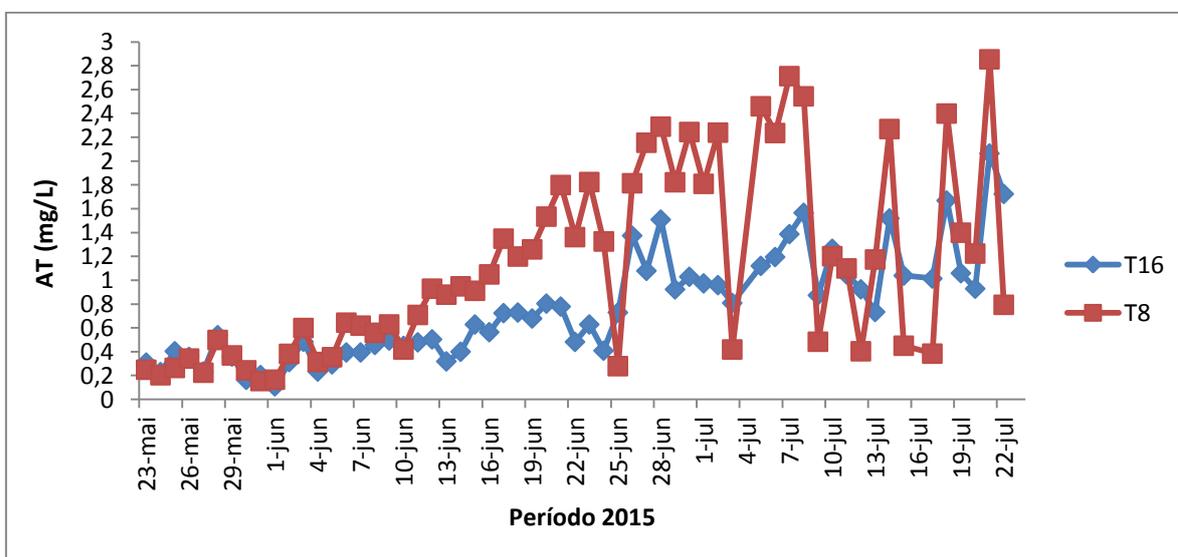


Figura 21 - Variações de amônia total (AT) durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

Durante o experimento, o método de adição de carbono como forma de controle da amônia não foi eficiente, já que a tendência da concentração de amônia foi aumentar em ambos os tratamentos, como observado na figura 21. Isto corrobora a constatação anterior referente à quantidade de resíduo inerte no sistema superior à biomassa ativa responsável pela degradação biológica da matéria. Ou seja, a assimilação da amônia na biomassa de bactérias heterotróficas também foi baixa, talvez devido à relação C:N ou à remoção de biomassa ativa pelo clarificador. Observou-se que no período de 1 a 8 de julho, em que não houve clarificação, a concentração de amônia total também aumentou. Dessa forma, o aumento no volume de floco microbiano não implica em remoção de amônia, já que nem toda a biomassa presente é ativa.

Os níveis de excreção de amônia por crustáceos variam de acordo com o ambiente, como avaliado por Jiang et al. (2000), que verificaram o efeito da salinidade na excreção de nitrogênio pelo camarão branco, cujas taxas de excreção foram menores em salinidades 25‰ quando comparadas as salinidade 10‰ e 40‰. Uma das possíveis explicações para isto pode ser atribuída a compensação osmótica em salinidades mais baixas para manter o equilíbrio hídrico corpóreo. Dessa forma, as concentrações médias de amônia total em $T_8 = 1,11 \pm 0,78$ mg/L e $T_{16} = 0,76 \pm 0,44$ mg/L foram provenientes da maior quantidade de nitrogênio excretado pelos animais. Estas concentrações elevadas de amônia podem ter contribuído para a mortalidade dos animais em ambos os tratamentos, mas principalmente em T_8 , já que *L. vannamei* são menos tolerantes a amônia em salinidades menores (Li et al., 2007).

A partir dos resultados analisados ao longo do trabalho é notável que tanto a água de cultivo, quanto o lodo removido pelo clarificador não atendem a legislação de lançamento de efluentes em corpos receptores, demonstrando a necessidade de tratamento vinculado à produção. Através das características de altas concentrações de matéria orgânica, nitrogenados, sólidos totais, suspensos e fosfato, além da vazão de remoção pelo clarificador é possível dimensionar sistemas de tratamentos como, por exemplo, “wetlands” construídos com recirculação da água; reatores anaeróbios e leitos de secagem para os lodos do clarificador.

“Wetlands” construídos baseiam-se em um sistema artificialmente projetado para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos (como areia, solo ou cascalho), nos quais ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações de microrganismos que, através de processos biológicos, químicos e físicos, promovem o tratamento de águas residuárias (Sousa et al., 2000). Os “wetlands” também estão entre as tecnologias eficientes para o tratamento de

águas residuárias em sistemas de recirculação na aquacultura (Shi et al., 2011) com remoção de nutrientes como fosfato e nitrogenados.

As tecnologias envolvendo processos anaeróbios apresentam vantagens, como a produção de biogás, baixa produção de lodo e baixo custo de implantação e de operação (Uemera e Harada, 2000; Oliveira e Foresti, 2004). Entre os sistemas de tratamento anaeróbios utilizados atualmente, destacam-se os reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (reator UASB), que devido as suas características hidrodinâmicas, construtivas e operacionais, estão sendo cada vez mais utilizados, além de apresentarem elevadas eficiências em relação ao tratamento de águas residuárias (Neto, 2007). Devido à alta fração de sólidos orgânicos particulados presente nos efluentes de carcinicultura é vantajosa à adoção de processo anaeróbio em dois estágios ou adoção de decantadores primários antes dos reatores.

5.2 Condições climatológicas

Durante o experimento foram verificadas as condições ambientais em que os camarões estavam submetidos. Na tabela 9 são apresentados os valores máximos, mínimos e atuais de temperatura e umidade.

Apesar de o experimento ter sido realizado nos meses de maio a julho, referentes ao outono e inverno, não foram observadas variações bruscas de temperatura e umidade dentro do laboratório. Isto demonstra a possibilidade de cultivo de camarão ao longo de todo o ano em condições controladas.

Tabela 9 - Condições climatológicas durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	MÉDIAS
T MÁX (°C)	26,50±1,52
T MIN (°C)	22,57±1,51
T ATUAL (°C)	23,49±1,40
U MÁX (%)	90,56±3,17
U MIN (%)	81,87±5,39
U ATUAL (%)	88,86±3,30

Temperatura e umidade referentes ao horário de 8 horas

5.3 Desempenho zootécnico dos camarões

As médias e desvios padrões do desempenho zootécnico dos camarões estão apresentados na tabela 10.

A partir destes resultados é possível verificar que o ganho de peso foi superior na salinidade 16‰ com médias de $5,99 \pm 0,54$ g e na salinidade 8‰ de $2,91 \pm 0,93$ g, assim como a taxa de crescimento específico e biomassa final que também foram maiores em T₁₆. Foi observada maior mortalidade em T₈, demonstrando que a salinidade afetou o desempenho dos animais. Vale ressaltar que os picos de amônia total também contribuíram para a mortalidade em ambos os tratamentos.

Através do teste de Tukey, foram observadas diferenças significativas de crescimento a partir do dia 11/07/15 com pesos para T₁₆ = $8,4 \pm 0,42$ g e T₈ = $7,01 \pm 0,05$ g, atingindo no dia 23/07/15 pesos de $9,55 \pm 0,49$ g para T₁₆ e $7,47 \pm 0,52$ g para T₈.

Tabela 10 - Médias e desvios padrões do desempenho zootécnico de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	T ₈ (8‰)	T ₁₆ (16‰)
Ganho de peso (g)	$2,91 \pm 0,93^b$	$5,99 \pm 0,54^a$
Taxa de crescimento específico (%/dia)	$0,82 \pm 0,27^b$	$1,64 \pm 0,13^a$
Mortalidade (%)	$24 \pm 4,12^b$	$14,7 \pm 2,52^a$
Biomassa final (g)	$147,93 \pm 47,2^b$	$338,46 \pm 37,12^a$
Conversão alimentar	$1,7 \pm 0,93^a$	$1,7 \pm 0,23^a$

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são significativamente diferentes pelo teste de Fischer LSD ($p \leq 0,05$)

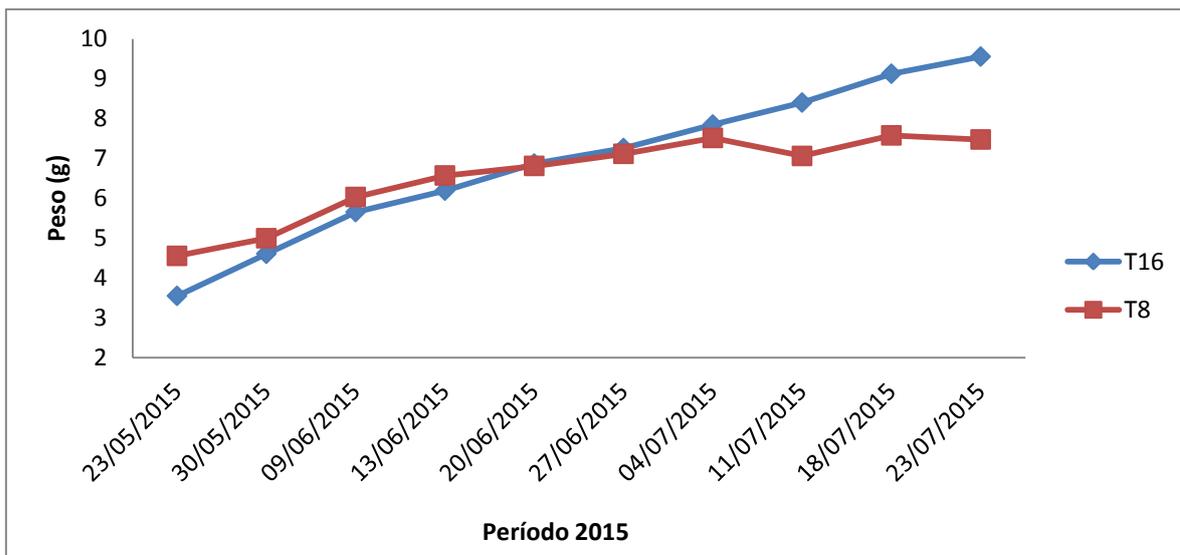


Figura 22 - Peso médio dos camarões durante a criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT nas salinidades de 8 e 16‰

Menores desempenhos zootécnicos em salinidades mais baixas em sistemas de bioflocos também foram notadas por Decamp et al. (2003) que atribuíram menor taxa de crescimento e sobrevivência em salinidade 9‰ devido a relação entre alcalinidade superior a 150 mg/L de CaCO_3 e altas concentrações de cloretos (>300 mg/L) para o sucesso da espécie em baixas salinidades.

Maicá et al. (2012) também observaram influência positiva do aumento da salinidade na sobrevivência, ganho de peso e biomassa final. Menores crescimentos em salinidades menores podem estar relacionados com o uso de proteínas não apenas para alimentação, mas também para a manutenção do equilíbrio osmótico (Rosas et al., 2001).

Jatobá et al. (2014) em estudo comparativo entre os índices zootécnicos dos animais em sistema intensivo convencional e sistema de bioflocos, com a mesma densidade de 250 animais/m², observaram que ao fornecer rações com 36,7% de proteína, o melhor desempenho foi verificado no sistema BFT, com ganho de peso de $9,18 \pm 1,14$ g e taxa de crescimento semanal de $1,84 \pm 0,23$ g/semana. Isto comprova a eficiência do cultivo em BFT com altas densidades, além disso, observaram que a redução da porcentagem de proteína na ração para 30,3% não alterou significativamente o ganho de peso e a taxa de crescimento semanal, demonstrando a viabilidade econômica aliada à produtividade.

As taxas de conversão alimentar não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, já que em ambos houve formação de comunidades bacterianas, que auxiliam na redução do consumo de ração e na conversão alimentar dos camarões quando comparados

com animais criados em água clara (Wasiolesky et al., 2006). Entretanto, as taxas de conversão alimentar foram relativamente altas quando comparadas com outros trabalhos em sistema BFT. Maicá et al. (2012) verificaram taxas de 0,81 a 0,87 em baixas salinidades com densidade de 300 camarões/m²; Krummenauer et al. (2011) com densidade de 300 camarões/m² observaram taxa de 1,29 ±0,05 em sistema BFT.

Vale ressaltar que os flocos podem auxiliar no ganho de peso dos camarões fornecendo nutrientes que seriam encontrados apenas na ração. Ekasari et al. (2014) avaliaram a composição nutricional do floco e observaram que partículas superiores a 100 µm e inferiores a 48 µm apresentam alto valor nutricional para camarões, com elevadas concentrações de lipídeos e proteínas em flocos maiores e aminoácidos essenciais em flocos menores.

6 CONCLUSÃO

A utilização de sistemas BFT como forma de redução da degradação ambiental gerados por sistemas convencionais de produção de camarão são ferramentas promissoras, tanto na redução da quantidade de água utilizada, quanto no reuso da mesma por vários ciclos. Entretanto, esta intensificação da produção aumenta a quantidade de compostos nitrogenados, fosfatos, sólidos e matéria orgânica na água de cultivo, o que demonstra a necessidade de certo grau de manejo para a manutenção da qualidade de água.

A partir dos resultados deste trabalho, foi possível verificar que a qualidade da água se altera ao longo do cultivo em bioflocos, podendo interferir no desempenho dos animais, assim como a salinidade. A utilização de melaço como forma de controle de amônia não foi eficiente, além de ter contribuído para o aumento da matéria orgânica no meio. Isto demonstra a demanda por novas fontes de carbono para o crescimento de bactérias heterotróficas.

Além disso, a utilização de clarificadores para a redução de sólidos totais, suspensos e sedimentáveis são indispensáveis, entretanto, é importante considerar o dimensionamento correto, a vazão da bomba e o tempo de funcionamento, a fim de se obter melhores eficiências na remoção desses compostos. Vale ressaltar ainda que o lodo proveniente desta clarificação, por apresentar valores elevados de matéria orgânica e sólidos, deve ser tratado antes da disposição no solo e em corpos hídricos. Uma alternativa seria o emprego de leitos de secagem com posterior uso como adubo.

O mesmo vale para o efluente gerado nos tanques de bioflocos. Apesar de esta água

residuária ser reutilizável em novos ciclos de produção, há a necessidade de tratamento no caso de descarte, já que não atendem aos padrões de lançamento vigentes na legislação brasileira. Dessa forma, tratamentos vinculados aos tanques ou posteriores aos ciclos produtivos são alternativas para garantir alta produtividade aliada ao baixo risco de contaminação e impactos ambientais reduzidos. Portanto, estudos a cerca das melhores opções de tratamento são imprescindíveis para uma carcinicultura sustentável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. C. S.; MATTOS, P.; LIMA, P. E. S. et al. *Shrimp farming in coastal Brazil: Reasons for market failure and sustainability challenges*. Ocean & Coastal Management, v. 54, n.9, p. 658-667, 2011.

ACEB. *Anuário brasileiro da pesca e aquicultura*. Sebrae p.136, 2014.

APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Stand. Methods. p.541, 1999.

ARANTES, R. F. *O efeito da relação C/N sobre a comunidade microbiana no cultivo superintensivo de Litopennaeus vannamei sem renovação*. 2007. 39 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Aquicultura, Departamento de Aqüicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

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

BOYD, C. E. *Water Quality for Pond Aquaculture*. Alabama: Int. Cent. Exp. Stn, 1998. 37p.

BOYD, C. E.; CLAY, J. *Evaluation of Belize Aquaculture Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System*. Consortium Program. p.17, 2012.

BRIGGS, M. R. P.; Fvng-Smith, S. J. *A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand*. Aquaculture Research. v.25, p789-811, 1994.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H. et al. *Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize*. Aquaculture

v.219, p.393-411, 2003.

CAVALLI, R. O.; FERREIRA, J. F. *O futuro da pesca e da aquicultura marinha no Brasil: a maricultura*. Ciência e Cultura. v.62, n.3, p.38-39, 2010.

CHIEN, Y. H. *Water quality requirements and management for marine shrimp culture: Water quality requirements and management for marine shrimp culture*. Keelung, Taiwan: Department of Aquaculture. p.144-156, 1992.

COPAM/CERH - Conselho Estadual de Política Ambiental/Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais. Deliberação Normativa Conjunta, nº 01, de 05 de maio de 2008.

CUNHA, P. E. V. *Caracterização dos meios de cultivo de viveiros de carcinicultura e da lagoa de disposição dos efluentes no Rio Grande do Norte: subsídios para proteção dos ecossistemas deste estudo*. 2004. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

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

DEVI, A. C. A.; KURUP, B. M. *Biofloc Technology: An Overview and its application in animal food industry*. Int. J. Fish. Aquac. Sci. v.5, p.1-20, 2015.

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. v.257, p.346-358, 2006.

EKASARI, J.; ANGELA, D.; WALUYO, S. H.; BACHTIAR, T. et al. *The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals*. Aquaculture. v. 426-427, p. 105-111, 2014.

EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; GOGUENHEIM, J.; GAXIOLA, G. *Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris**. Aquaculture Research. v. 44, p. 75-85, 2012.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. *Biomass Now – Cultivation and Utilization: Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal*

Food Industry. INTECH, 2013.p.301-328.

ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 826p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Aquaculture Production statistics database updated to 2013 Summary information, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture, 2014.

FONSECA, S. B. da.; MENDES, P. de P.; ALBERTIM, C. J. de L.; BITTENCOURT, C. F. *Cultivo de camarão marinho em água doce em diferentes densidades de estocagem*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 44, n. 10, 2009.

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; BALLESTER, E. et al. *Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco Litopenaeus vannamei*. Atlântica. v. 34, p. 31-39, 2012.

FUGIMURA, S.; FLOR, H. R.; JR, W. W.; MIYAKO, L. et al. *Criação do camarão Litopenaeus schmitti com diferentes salinidades e níveis de proteína na dieta em sistema de bioflocos*. Boletim do Instituto de Pesca. v. 41, p. 865-876, 2015.

FURTADO, P. S.; CAMPOS, B. R.; SERRA, F. P.; KLOSTERHOFF, M. et al. *Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei, reared with biofloc technology (BFT)*. Aquaculture International. p. 315-327, 2014.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. J. *The effect of different alkalinity levels on Litopenaeus vannamei reared with biofloc technology (BFT)*. Aquaculture International. p. 345-358, 2015.

GAONA, C. A. P. *Efeito da remoção de sólidos suspensos totais e desempenho zootécnico do camarão Litopenaeus vannamei em sistema superintensivo com bioflocos*. 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

GAONA, C. A. P.; POERSCH, L. H.; KRUMMENAUER, D.; FOES, G. K. et al. *The Effect of Solids Removal on Water Quality , Growth and Survival of Litopenaeus vannamei in a*

Biofloc Technology Culture System. International Journal of Recirculating Aquaculture. v.12, p. 54-73, 2011.

GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. *Methods of Seawater Analysis*. Germany: Ed WILEY-VCH, 1983. 634p.

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

HOLTHUIS, L. B. *FAO Species Catalogue: Shrimps and Prawns of the World*. FAO Fish. Synopsis. n.125, v. 1, p.38-50, 1976.

INFOSTAT, UNC, Córdoba, AR, 2008.

INSTANT GRAPHPAD SOFTWARE, Inc, V 3, NC, USA, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - *Produção da Pecuária Municipal*. Brasil. v. 42, p. 1-63, 2014.

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis -. *Diagnóstico da carcinicultura no Estado do Ceará*. Brasília (DF): DIPRO/DILIQ/DIFAPE/GEREX-CE, 2005. 177p.

JATOBÁ, A.; SILVA, B. C da.; SILVA, J. S da.; VIEIRA, F de. N. et al. *Protein levels for Litopenaeus vannamei in semi-intensive and biofloc systems*. *Aquaculture*. v. 432, p. 365-371, 2014.

JIANG, D. H.; LAWRENCE, A. L.; NEILL, W. H.; GONG, H. *Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by Litopenaeus vannamei juveniles*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. v. 253, p. 193-209, 2000.

KARGI, F.; DINÇER, A. R. *Effect of salt concentration on biological treatment of saline wastewater by fed-batch operation*. *Enzyme and Microbial Technology*. v.19, p.529-537, 1996.

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L. H. et al. *Superintensive culture of white shrimp, Litopenaeus vannamei, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities*. *Journal of the World Aquaculture Society*. v. 42, p. 726-733, 2011.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT, C. A. J.; POERSCH, L. H.; FOES, G. K. et al. *Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água*. Atlântica. v. 34, p. 103-111, 2012.

LI, E.; CHEN, L.; ZENG, C.; CHEN, X. et al. *Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, Litopenaeus vannamei, at different salinities*. Aquaculture. v. 265, p. 385-390, 2007.

LOEBMANN, D.; MAI, A. C. G.; LEE, J. T. *The invasion of five alien species in the Delta do Parnaíba environmental protection area, northeastern Brazil*. Rev. Bio. Trop. v. 58, p. 909-923, 2010.

MAICÁ, P. F.; BORBA, M. R DE.; WASIELESKY, W. J. *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. v. 43, p. 361-370, 2012.

MCGRAW, W.; TEICHERT-CODDINGTON, D. R.; ROUSE, D. B.; BOYD, C. E. *Higher minimum dissolved oxygen concentrations increase penaeid shrimp yields in earthen ponds*. Aquaculture. v. 199, p. 311-321, 2001.

MCGRAW, W. J. *Utilization of Heterotrophic and Autotrophic Bacteria in Aquaculture*. Global Aquaculture Advocate. v. 50, p. 82-83, 2002.

MEDEIROS, V. A.; FONTOURA, G. A. T.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA, G. L. *Avaliação do efeito as salinidade e da adição de um suplemento nutricional no tratamento biológico de um efluente industrial complexo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. Trabalho Completo. p.1-15.

METCALF e EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. Metcalf & Eddy, Inc. 3 ed, 1991. 1334p.

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

MUHLERT, A. C. S.; LIMA, J. S. G.; MACHADO, L.; EVANGELISTA, R. A. *Indicadores numéricos como ferramenta para avaliação da sustentabilidade ecológica da carcinicultura*

marinha em Sergipe, Brasil. Interciência. v. 38, p. 615-620, 2013.

NETO, M. S. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator anaeróbio compartimentado seguido de reator UASB. 2007. 170f. Dissertação (Mestrado) em Microbiologia Agropecuária - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

OLIVEIRA, R. A de.; FORESTI, E. *Balanço de massa de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura*. Eng. Agríc., v.24, p.807-820, 2004.

OLIVEIRA, R. C. de. *O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade*. Rev. Intertox Toxicol. Risco Ambient. e Soc. v. 2, p. 71-89, 2009.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R.; SOTO, E. D. *Estudo setorial para consolidação de uma aqüicultura sustentável no Brasil*. Curitiba: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais, 2007. 279p.

OTOSHI, C. A.; SCOTT, M. S.; NAGUWA, F. C.; MOSS, S. M. *Shrimp behavior may affect culture performance at super-intensive stocking densities*. Global Aquacult. Advoc. p. 67-69, 2007.

PIÉRRRI, V. *Efeito da alcalinidade sobre o cultivo de Litopenaeus vannamei em sistema de bioflocos*. 2012. 48f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PONCE-PALAFIX, 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.

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

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

- RAY, A. J.; SEABORN, G.; LEFFLER, J. W.; WILDE, S. B. et al. *Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management*. *Aquaculture*. v. 310, p. 130-138, 2010b.
- ROCHA, I. de P. CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2004. Brasília. *O Agronegócio Do Camarão Marinho No Brasil. Anais...* Brasília: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2004. p. 1-11.
- ROCHA, I. de P. *Carcinicultura Brasileira: Processos Tecnológicos, Impactos Sócio-Econômicos, Sustentabilidade Ambiental, Entraves e Oportunidades*. *Revista ABCC*, v.1, p. 26-34, 2011.
- RODRIGUES, J.; BORBA, E. M. *Carcinicultura brasileira: estatísticas e revelações*. *ABCC*. p. 40-42, 2012.
- ROSAS, C.; CUZON, G.; GAXIOLA, G.; LE PRIOL, Y. et al. *Metabolism and growth of juveniles of Litopenaeus vannamei: Effect of salinity and dietary carbohydrate levels*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. v. 259, p. 1-22, 2001.
- SAMPAIO, Y.; COSTA, E. *Geração de empregos diretos e indiretos na cadeia produtiva do camarão cultivado*. *Revista da ABCC*. v. 5, p.60-64, 2003.
- SANTOS, C. H. A DOS.; LOURENÇO, J. A.; BAPTISTA, R. B.; IGARASHI, M. A. *Crescimento e sobrevivência do camarão-branco do pacífico Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) em diferentes salinidades*. *Ciência Animal Brasileira*. v. 10, p. 783-789, 2009.
- SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; DO ESPÍRITO SANTO, C. M. et al. *Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of Litopenaeus vannamei in a tank system operated with no water exchange*. *Aquaculture Engineering*. v. 56, p.59-70, 2013.
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *Aquicultura e Pesca : Camarões*. Estudos de mercado SEBRAE/ESPM, 2008. 113p.
- SHI, Y.; ZHANG, G.; LIU, J. ZHU, Y. et al. *Performance of a constructed wetland in treating brackish wastewater from commercial recirculating and super-intensive shrimp growout systems*. *Bioresource Technology*, 102, p.9416-9424, 2011.

SIDONIO, L., CAVALCANTI, I., CAPANEMA, L.; MORCH, R. et al. *Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades*. BNDES Setorial. v. 35, 421-463, 2012.

SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática< <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela>> acesso: Dez, 2015.

SILVA, K. R. DA.; WASIELESKY JR, W. J.; ABREU, P. C. *Nitrogen and phosphorus dynamics in the Biofloc production of the pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society. v. 44, p. 30-41, 2013.

SISVAR , Versão 5.0, DEX/UFLA, Lavras, MG, 2007.

SOUSA, J. T. DE.; VAN HAANDEL, A. C.; COSENTINO, P. R. da S.; GUIMARÃES, A. V. A. *Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas “wetlands” construídos*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.87-91, 2000.

UEMERA, S.; HARADA, H. *Treatment of sewage by a UASB reactor under moderate to low temperature conditions*. Bioresource Technology, v.72, p.275-282, 2000.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission, 1983.

VIAU, V. E.; SOUZA, D. M. DE.; RODRÍGUEZ, E. M. et al. *Biofilm feeding by postlarvae of the pink shrimp Farfantepenaeus brasiliensis (Decapoda, Penaidae)*. Aquaculture Research. v. 44, p. 783-794, 2013.

VON SPERLING, V. M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. 2.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. 211p.

VON SPERLING, V. M. *Lodos Ativados*. 3.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012. 428p.

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

WASIELESKY, W. J.; FROES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER. et al. *Nursery of Litopenaeus vannamei reared in a Biofloc System: The effect of stocking densities and*

compensatory growth. Journal of Shellfish Research. v. 32, p. 799-806, 2013.

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. *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. v. 350-353, p. 147-153, 2012.

ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L.; WANG, C.; LI, J.; WANG, L. *Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system*. Aquaculture. v. 434, p. 442-448, 2014.

ZHU, S.; CHEN, S. *Effects of organic carbon on nitrification rate in fixed film biofilters*. Aquaculture Engineering. v. 25, p. 1-11, 2001.