

CULTIVO DE CAMARÕES MARINHOS EM SISTEMA DE BIOFLOCOS: ANÁLISE DA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA

DARIANO KRUMMENAUER, CARLOS ALBERTO SEIFERT JÚNIOR, LUIS HENRIQUE POERSCH, GERALDO KIPPER FOES, GABRIELE RODRIGUES DE LARA & WILSON WASIELESKY JUNIOR

Universidade Federal do Rio Grande – Instituto de Oceanografia, estação Marinha de Aquacultura, Rua do Hotel 2, Cassino, Rio Grande - RS – Brasil. CEP: 96210-030 – darianok@gmail.com

RESUMO

A necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pelo descarte de efluentes ricos em nutrientes e matéria orgânica é fundamental para a aquicultura. O sistema BFT (Biofloc Technology System) surge como uma alternativa aos sistemas convencionais, para minimizar a emissão de efluentes. Da mesma forma, fazem-se necessários estudos relativos ao reaproveitamento da água e da comunidade microbiana do cultivo em cultivos subsequentes. O presente estudo teve como objetivo analisar o uso de diferentes porcentagens de reutilização da água de cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. O experimento teve duração de 82 dias e foi realizado com quatro tratamentos (água clara (0), 2,5, 10 e 100% de reutilização de água). Parâmetros de qualidade da água foram monitorados diariamente (temperatura; oxigênio dissolvido; pH; e amônia). Semanalmente foram monitorados nitrito, nitrato, fosfato, salinidade, turbidez, transparência da água e material particulado em suspensão. Possíveis variações de amônia foram controladas através da fertilização orgânica utilizando dextrose como fonte de carbono. A cada 15 dias foram realizadas biometrias, para avaliar o crescimento dos camarões. O tratamento sem reutilização de água apresentou mortalidade total no 63º dia, nos tratamentos com 2,5, 10 e 100% de reutilização a sobrevivência foi de 66,5, 81,4 e 80,7% respectivamente, o peso médio final foi 2,91, 3,25 e 3,46g nos tratamentos de 2,5, 10 e 100%. Os resultados evidenciaram a possibilidade de se utilizar inóculos de bioflocos nos cultivos BFT. Além disso, o tratamento com 100% de reutilização de água apresentou os melhores resultados para desempenho dos camarões e qualidade de água ($p < 0,05$).

PALAVRAS CHAVE: Sistemas BFT, impactos ambientais, reutilização da água, inóculos, estabilização microbiana

ABSTRACT

Marine shrimp culture in biofloc technology system: analysis of water reuse.

The need to reduce environmental impacts generated by the discharge of wastewater rich in nutrients and organic matter is of great importance in Biofloc Culture Systems due the procedures for harvest, which may contain high concentrations of nitrogen compounds. In the same way, it is necessary to recycle the microbial community structure of the cultures. The present study aimed at using different percentages of water reuse in the culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in BFT systems. The experiment lasted 82 days and was carried out with four treatments: clear water (0), 2.5, 10 and 100% of water reuse. Potential variations of ammonia concentrations were controlled by organic fertilization using dextrose as a carbon source. Water quality parameters were monitored daily (temperature, dissolved oxygen, pH and ammonia). Weekly, water samples are collected to check nitrite, nitrate, phosphate, salinity, turbidity, water transparency and suspended particulate matter. Fortnightly, shrimp samples were weigh to estimate the growth of shrimps. In the treatment without reuse of water presented total mortality at 63 days. In the treatments with 2.5, 10 and 100% of reuse the survival was 66.5, 81.4 and 80.7% respectively. The final mean weight was 2.91, 3.25 and 3.46 g in treatments of 2.5, 10 and 100%. The results demonstrated the potential use of inoculums of bioflocs in BFT cultures. Furthermore, the treatment with 100% of water reuse presented high performance of shrimps and water quality.

KEYWORDS: BFT System, environmental impacts, water's reuse, inoculums, microbial stabilization

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento descontrolado do setor aquícola pode provocar alguns problemas ambientais, como destruição de mangues e de vegetações costeiras, disseminação de doenças associadas ao cultivo (na maioria das vezes por manejo inadequado), introdução de espécies exóticas e geração de efluentes com alta concentração de nutrientes e matéria orgânica (Primavera 2006). Portanto, faz-se necessária a adoção de sistemas de cultivo nos quais a renovação de água seja minimizada, reduzindo o uso dos recursos hídricos, a emissão de efluentes e a transmissão de doenças, culminando em uma atividade ambientalmente amigável. Entre as novas tecnologias de cultivo que estão sendo desenvolvidas em nível mundial destaca-se o cultivo de camarões em meio heterotrófico ou também chamado de sistema "BFT" (Biofloc Technology System ou Sistema de Bioflocos).

Os bioflocos são agregados de microorganismos (bactérias, fitoplâncton e zooplâncton), associados a partículas, colóides, polímeros orgânicos e células mortas (Forster 1976). As bactérias heterotróficas atuam na formação dos bioflocos, utilizando o nitrogênio inorgânico da água e carbono dissolvido para produção de biomassa bacteriana. Nos sistemas BFT a agregação é induzida através da manipulação da relação de carbono:nitrogênio do cultivo, mantendo essa relação entre 15 e 20:1 (Avnimelech 1999, 2009).

Além de melhorar a qualidade da água, os agregados microbianos servem como complemento na dieta dos organismos, permitindo assim uma redução na quantidade de proteína bruta utilizada na ração (Samocha *et al.* 2004) e até mesmo a redução da ração utilizada.

O sistema de bioflocos também possibilita uma maior biossegurança, uma vez que, com a redução de troca de água, reduz-se também a possibilidade de

introdução de doenças no sistema (Wasielesky *et al.* 2006) e a salinização de corpos de água (Boyd 2003). Estudos realizados com o camarão-branco *Litopenaeus vannamei* em tecnologia de bioflocos, apontam para a adoção de altas densidades de estocagem, possibilitando assim o uso de menores áreas para o emprego desta atividade. Além disso, devido às menores taxas de renovação de água, há uma menor necessidade de uso de água, comparando-se com os cultivos tradicionais (Wasielesky *et al.* 2006).

Porém, existe ainda, principalmente durante a despesca, a liberação de efluentes com altas taxas de nutrientes e matéria orgânica. Além disso, há um período de tempo necessário para a maturação dos bioflocos em um novo cultivo, o que ocorre entre o início do cultivo e a estabilização da comunidade microbiana na água (Suita 2009). Logo, a utilização da água de um ciclo de produção anterior para formação dos bioflocos nos cultivos subsequentes pode encurtar o tempo para o processo de estabilização da comunidade microbiana (Mcabee *et al.* 2003). O presente estudo visa analisar a possibilidade do reaproveitamento da água em sistemas de produção superintensiva de *L. vannamei*, assim como avaliar a utilização de inóculos na formação de bioflocos, contribuindo, dessa forma, para a busca de sustentabilidade ambiental e econômica para a tecnologia de bioflocos.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito de diferentes porcentagens de reutilização da água (efluentes) para produção de camarões marinhos em sistema de bioflocos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Delineamento experimental

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA), do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, durante 82 dias utilizando quinze unidades experimentais com volume útil de 800 L com área de fundo de 1,4 m². Em cada unidade experimental foi montado um sistema de aeração abastecido por um soprador de ar (7 hp). A densidade de estocagem de camarões em cada tanque foi de 625 indivíduos/m³, sendo que, durante o experimento, os camarões foram alimentados com ração comercial com 38% de proteína bruta.

Ao total foram utilizados quatro tratamentos com três repetições. O tratamento controle consistiu por tanques com 0% de reutilização de água e os demais tratamentos compostos por diferentes percentuais (2,5%, 10%, e 100%) de reutilização de água de um cultivo prévio do *L. vannamei* produzido em sistema de bioflocos.

Para estimular a formação dos agregados microbianos, no tratamento controle, foram inoculadas diatomáceas *Thalassiosira weissflogii*. Após a inoculação de microalga foi acrescentado uma fonte de carbono (dextrose) seguindo a metodologia proposta por Avnimelech (1999) e Ebeling *et al.* (2006), onde se mantinha uma relação C/N entre 15 e 20:1, juntamente com aplicações de farelo de trigo como substrato para fixação dos microorganismos. Além disso, aplicações de probiótico comercial foram realizadas semanalmente a fim de auxiliar na manutenção da qualidade da água em todos os tratamentos. Os parâmetros físicos e químicos monitorados diariamente foram: temperatura e oxigênio dissolvido (medidos com um oxímetro YSI 55), pH (utilizando um pHmetro YSI 100) e concentração de amônia (UNESCO 1983). Semanalmente foram analisadas as concentrações de nitrito, nitrato e fosfato, utilizando a metodologia de Strickland & Parsons (1972), salinidade (utilizando um refratômetro), turbidez (através de um turbidímetro Hach 2100P), transparência da água (mensurada com a utilização de um disco de Secchi) e material particulado em suspensão (Strickland & Parsons 1972).

Desempenho zootécnico do camarões

Para avaliar o ganho de peso dos camarões, foram realizadas biometrias em intervalos de quinze dias ao longo do período experimental, quando 60 camarões eram amostrados, pesados e repostos às respectivas unidades experimentais. Para análise da sobrevivência e produção de biomassa, foi realizada a contagem total dos indivíduos bem como uma biometria total ao término do estudo. A taxa de conversão alimentar aparente (TCA) foi determinada de acordo com a fórmula:

$$TCA = RF / (B_f - B_i)$$

Onde: RF=quantidade de ração fornecida ao longo de todo o período experimental, B_f=Biomassa final, B_i=Biomassa inicial.

Análise Estatística

Foram realizados testes estatísticos para analisar a sobrevivência e crescimento dos camarões nos diferentes tratamentos. Depois de verificadas a homocedasticidade das variâncias e a normalidade da distribuição dos dados foi aplicada ANOVA de uma via ($\alpha = 0,05$). Quando detectadas diferenças significativas foi aplicado teste de Tukey HSD (Sokal & Rohlf 1969).

RESULTADOS

Parâmetros físicos e químicos

Os resultados dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água observados nos tratamentos ao longo do estudo estão apresentados na tabela 1. É importante ressaltar que o tratamento sem reutilização de água teve duração de 63 dias quando ocorreu mortalidade total dos animais.

TABELA 1 – Médias e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos.

Tratamentos (Porcentagem de reutilização)	0%	2,5%	10%	100%
Temperatura (°C)	24,38±1,91 ^a	25,18±2,09 ^a	24,96±2,06 ^a	25,05±2,04 ^a
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,49±0,98 ^a	5,28±1,02 ^a	5,18±0,97 ^a	5,47±0,92 ^a
pH	7,66±0,42 ^a	7,59±0,33 ^a	7,64±0,31 ^a	7,62±0,33 ^a
Amônia (mg/L)	0,63±0,71 ^a	0,25±0,38 ^a	0,29±0,41 ^a	0,09±0,18 ^a
NO ₂ (mg/L)	11,43±15,46 ^a	0,87±2,02 ^b	0,60±2,21 ^b	0,09±0,14 ^b
NO ₃ (mg/L)	8,29±10,96 ^a	29,78±28,66 ^b	29,45±28,43 ^b	36,70±24,60 ^b
PO ₄ (mg/L)	1,07±0,60 ^a	0,87±0,97 ^a	0,69±0,53 ^a	0,66±0,59 ^a
Alcalinidade (mg/L)	149,79±46,78 ^a	145,83±53,37 ^a	158,33±44,09 ^a	132,5±40,13 ^a
Salinidade	28,45±2,48 ^a	29,07±2,53 ^a	29,87±2,47 ^a	29,78±2,60 ^a
Transparência da água (cm)	29,82±18,24 ^a	23,19±19,19 ^a	22±17,33 ^a	9,77±4,11 ^b
Turbidez (NTU)	135±129 ^a	335±236 ^b	348±197 ^b	371±170 ^b
Sólidos em suspensão (mg/L)	535,71±453,53 ^a	1100,37±988,52 ^b	1152,22±965,10 ^b	1153,78±787,51 ^b

A temperatura média foi de 24,92°C e não foram encontradas variações entre os tratamentos ($P > 0,05$). Para o oxigênio dissolvido foi observada uma tendência de queda ao longo do período experimental para todos os tratamentos variando as médias entre 5,5 e 7,5 mg/L no início do experimento e 3,0 e 5,5 mg/L ao final do período experimental. As quedas mais significativas foram observadas no

tratamento sem reutilização de água ao final do experimento.

O pH não variou entre os tratamentos com reutilização de água ao longo do período experimental, apresentando valores entre aproximadamente 7 e 8,5. Exceção foi observada no tratamento com 0% de reutilização de água, que apresentou uma queda significativa (6,7) ($P < 0,05$) precedendo o 63º dia experimental (Figura 1).

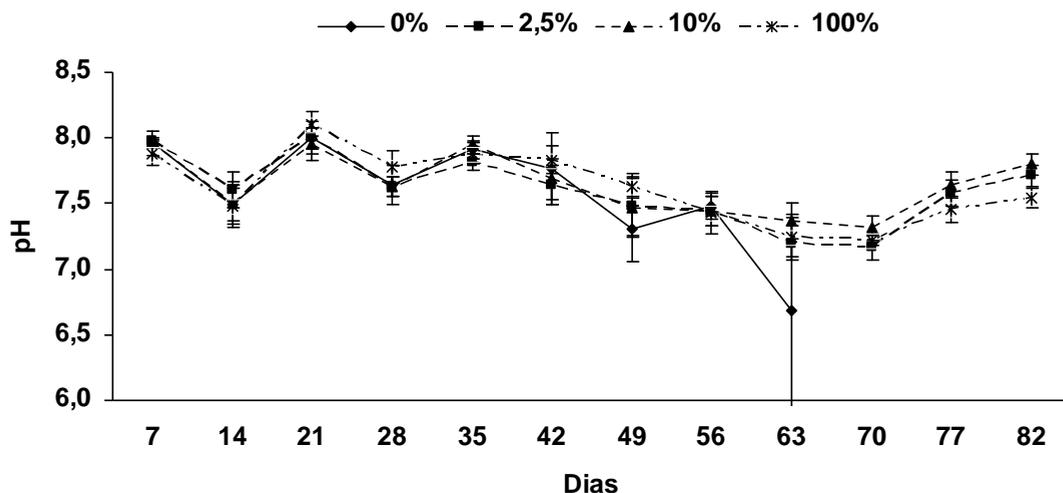


FIGURA 1 – Variação do pH ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

Variações significativas foram observadas entre os tratamentos com relação à amônia (Figura 2). Observa-se que o tratamento com 0% de reutilização de água apresentou maiores médias, chegando a

pouco mais de 2 mg/L. Por outro lado, o tratamento com 100% de reutilização de água apresentou concentrações menores que 0,5 mg/L em quase todo o período experimental.

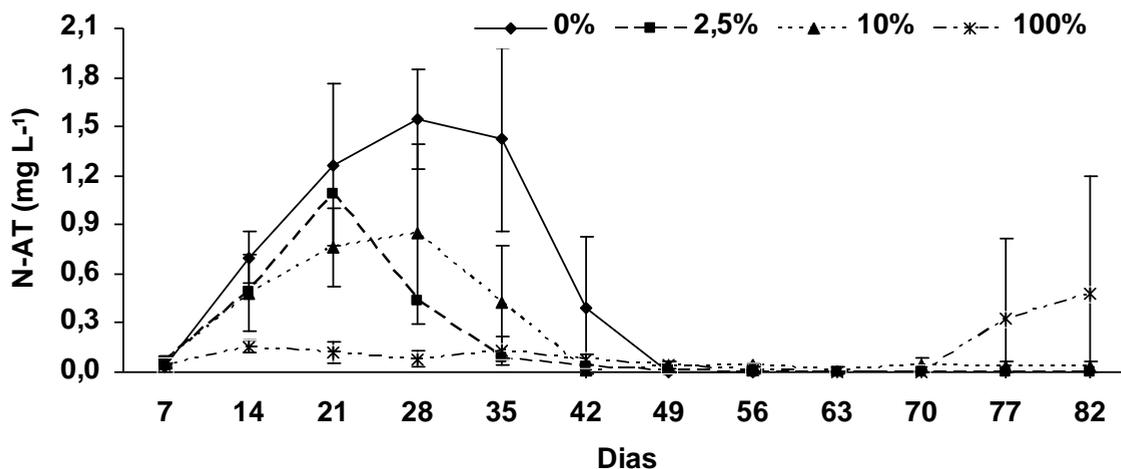


FIGURA 2 – Variação na concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

Na figura 3, pode-se observar uma diferença expressiva ($P < 0,05$) entre as concentrações de nitrito no tratamento com 0% de reutilização de água e os restantes tratamentos. Sem o reutilização de água as

concentrações alcançaram 35mg/L, a partir dos 30 dias de experimento, enquanto que nos demais tratamentos as concentrações mantiveram-se inferiores a 8mg/L.

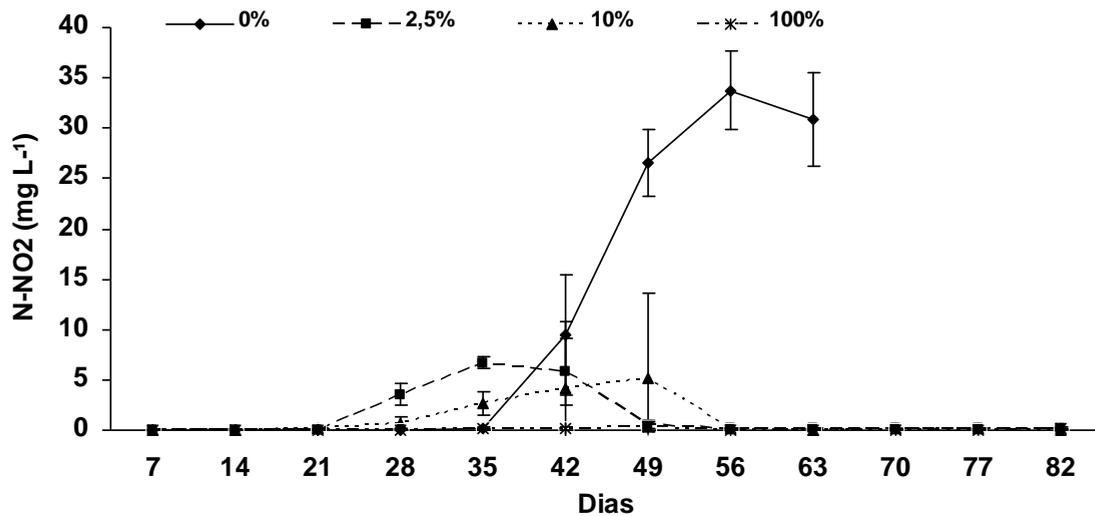


FIGURA 3 – Variação na concentração de nitrito ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

As concentrações de nitrato apresentaram crescimento ao longo do experimento, sem que diferenças significativas fossem observadas ($P > 0,05$).

Ao final do período experimental se observaram concentrações médias oscilando próximas a 80 mg/L para os diferentes tratamentos testados (figura 4).

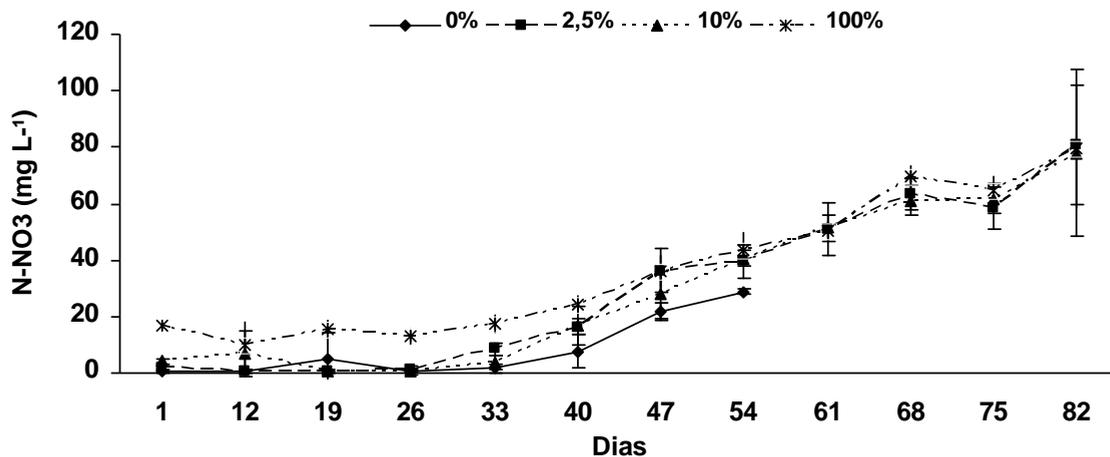


FIGURA 4 – Variação na concentração de nitrato ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

A alcalinidade apresentou tendências uniformes nos diferentes tratamentos ($P > 0,05$), sendo que os valores mínimos registrados apareceram no tratamento com 100% de reutilização de água, com valores próximos de 75 mg/L. Os valores máximos foram registrados ao final do experimento para o

tratamento com 2,5% de reutilização de água com concentração próxima a 240 mg/L.

Os valores de turbidez foram maiores ($P < 0,05$) no tratamento com 100% de reutilização de água no início do experimento (figura 5).

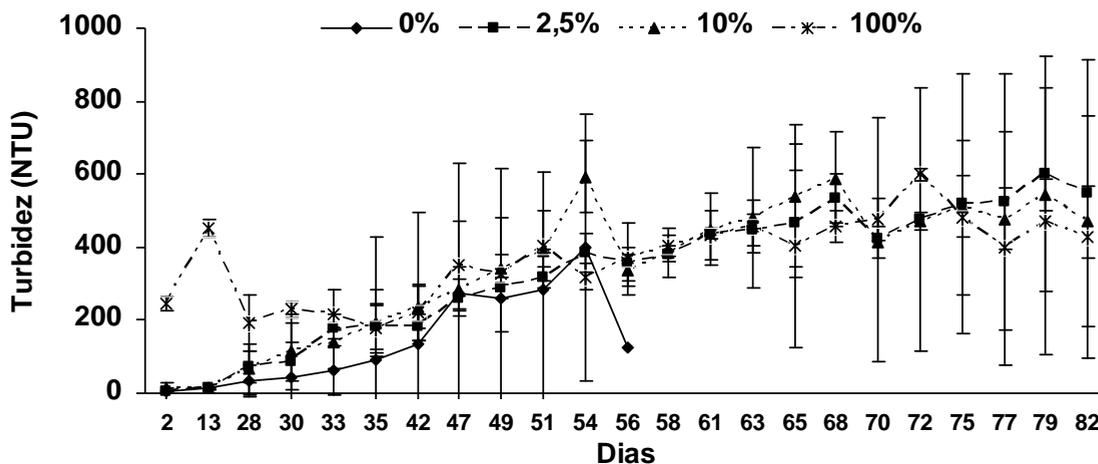


FIGURA 5 – Variação na turbidez ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

Os sólidos em suspensos totais (SST) (figura 6) percebem-se uma tendência de aumento nas concentrações semelhantemente em todos os tratamentos.

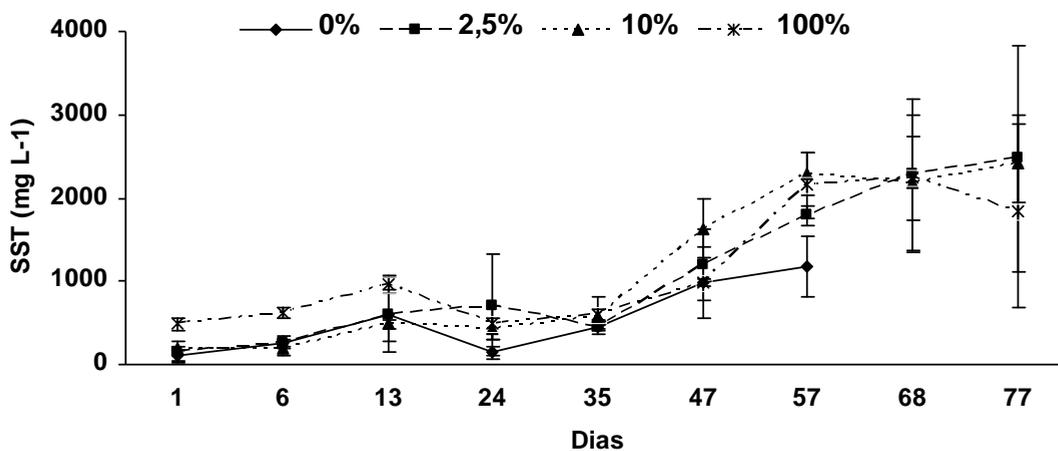


FIGURA 6 – Variação na concentração de sólidos totais em suspensão ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

Desempenho dos camarões

Os índices de desempenho zootécnico dos camarões cultivados estão apresentados na tabela 2.

TABELA 2 – Média do desempenho zootécnico dos camarões ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos.

Tratamentos (Porcentagem de reutilização)	0%	2,5%	10%	100%
Peso inicial (g)	0,008±0,003	0,008±0,003	0,008±0,003	0,008±0,003
Peso final (g)	-	2,91±1,09 ^a	3,25±1,40 ^b	3,46±1,26 ^b
Sobrevivência (%)	-	66,5±11,1 ^a	81,4±10,3 ^a	80,73±13,6 ^a
Biomassa final (g)	-	969,24±99,2 ^a	1325,19±160,1 ^b	1396,63±143,2 ^b
TCA	-	2,89±0,23 ^a	2,09±0,54 ^b	2,13±0,49 ^b
Crescimento semanal (g)	-	0,25±0,02 ^a	0,28±0,07 ^a	0,29±0,05 ^a

As sobrevivências dos camarões no experimento não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos com 2,5%, 10% e 100% de reutilização de água. No tratamento com 0% de reutilização de água, não foi verificada sobrevivência, uma vez que no dia 63 do período experimental se observou a mortalidade total dos camarões deste tratamento.

Na figura 7, constata-se, para todos os tratamentos, que os camarões tiveram um crescimento

maior a partir 28^o dia do período experimental. Os maiores pesos estiveram sempre relacionados com o tratamento com 100% de reutilização da água, chegando a um peso médio de 3,46g, uma vez que a partir do 15^o dia já foram observadas diferenças estatísticas significativas em relação aos outros tratamentos.

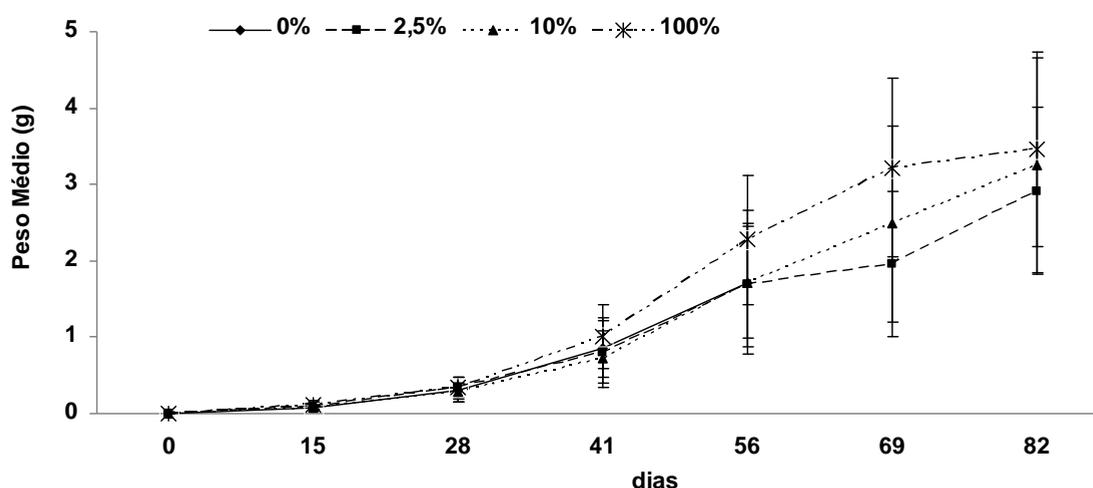


FIGURA 7 – Peso médio dos camarões ao longo do período experimental nos diferentes tratamentos no cultivo de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT com reutilização de água.

DISCUSSÃO

O reutilização de água na aquicultura pode resultar no aumento da concentração de alguns compostos, como nitrogenados e fosfatados, no sistema de produção (Colt 2006). No presente estudo observa-se exatamente este efeito, com aumento inicial das concentrações de amônia seguido de aumento de nitrito e de nitrato. Da mesma forma pode-se observar aumento nas concentrações de sólidos em suspensão, turbidez e alcalinidade, porém sem efeitos de mortalidade dos camarões cultivados ao longo do tempo mantendo-se dentro do intervalo ideal para crescimento da espécie em todos os tratamentos (Van Wyk & Scarpa 1999).

Lin & Chen (2001), indicam que o nível de segurança da amônia para juvenis de *L. vannamei* em salinidade 25 é de 3,55 mg/L N-AT. No presente estudo, nenhum dos tratamentos atingiu valores de concentração de amônia que pudessem estar relacionados a uma menor sobrevivência dos camarões. As concentrações de nitrito registradas no presente estudo foram inferiores a 10 mg/L para os tratamentos com reutilização de água. No tratamento com 0% de reutilização, os valores médios observados foram acima de 25,7 mg/l que são os valores máximos recomendados por Lin & Chen (2003). Deste modo, a mortalidade observada no tratamento sem reutilização de água provavelmente foram decorrentes das altas concentrações de nitrito neste tratamento.

Van Rijn *et al.* (2006) afirmam que ao contrário da amônia e nitrito, o nitrato é pouco tóxico aos organismos aquáticos. Segundo Kuhn *et al.* (2010), concentrações inferiores a 220 mg/L de nitrato não afetam a sobrevivência, o crescimento e a biomassa de *L. vannamei*. No presente estudo, as concentrações médias de nitrato dissolvido na água foram inferiores aos reportados como letais pelos autores acima citados.

Segundo Godoy (2008), a matéria particulada na coluna d'água consiste de organismos vivos, partículas inorgânicas e detritos. Sua agregação é um processo complexo e envolve interações físicas, químicas e biológicas entre as partículas. A partir dessa informação, pode-se concluir que deve ocorrer

um aumento da concentração de sólidos em suspensão, turbidez e diminuição da transparência da água devido a uma maior concentração da comunidade microbiana no cultivo.

Cohen *et al.* (2005), afirma que as bactérias heterotróficas assimilam os produtos nitrogenados do sistema e convertem em proteína microbiana, que por sua vez são consumidas pelos camarões reduzindo a conversão alimentar. Fato que não foi observado no presente trabalho, onde foram registradas taxas de conversão alimentar relativamente altas quando comparadas com outros trabalhos em sistema BFT (Krummenauer *et al.* 2011).

Com relação à temperatura, ao oxigênio dissolvido e ao pH, estes podem ter afetado o crescimento e sobrevivência dos camarões. Segundo Ponce-Palafox *et al.* (1997) em temperaturas abaixo de 25°C os camarões são relativamente inativos diminuindo o consumo alimentar e conseqüentemente reduzindo seu crescimento. Portanto, as baixas temperaturas podem ter causado a um menor crescimento dos camarões no início do período experimental. Segundo Van Wyk & Scarpa (1999), as concentrações ótimas de oxigênio dissolvido, para *L. vannamei* são iguais ou maiores que 5 mg/L. Pode-se observar que em todos os tratamentos, no presente estudo, as concentrações médias de oxigênio dissolvido mostraram-se próximas a este valor. Entretanto, no 57º dia experimental, no tratamento com 0% se percebeu uma queda acentuada nas concentrações de oxigênio dissolvido, que pode ser associada à mortalidade camarões nesta data. Além disso, no período final do experimento ocorreu um aumento da colonização microbiana, o que pode estar associado à diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido observadas no presente estudo (De Shryver *et al.* 2008).

Com exceção do tratamento 0% a variação de pH durante o período experimental esteve dentro da faixa de tolerância da espécie reportada por Van Wyk & Scarpa (1999). No tratamento 0% a queda do pH ocorrida no 57º dia experimental, apresentou valores abaixo do limite aceitável para os camarões, mostrando ter relação com o evento de mortalidade registrado no período.

CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que a utilização de um inóculo mínimo (2,5%) acelera a formação dos agregados microbianos em sistemas BFT. Além disso, o tratamento que utilizou 100% de reutilização de água apresentou os melhores índices de sobrevivência e crescimento demonstrando ser a melhor estratégia a ser adotada. Dessa maneira, pode-se garantir um sistema de cultivo sustentável e ambientalmente correto, minimizando assim, impactos ambientais resultantes da liberação de efluentes ricos em nutrientes e matéria orgânica, bem como, minimizando o uso de água necessário para o cultivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Wilson Wasielesky Junior e Luis Henrique Poersch são bolsistas de produtividade do CNPq.

REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon: nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2009. *Biofloc Technology – A Practical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA. 182 p.
- BOYD, CE. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm- level. *Aquaculture*, 226: 101-112.
- COHEN, JM, TM SAMOCHA, JM FOX, RL GANDY, & AL LAWRENCE. 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacult. Eng.*, 32: 425–442.
- COLT, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacult. Eng.*, 34: 143–156.
- De SHRYVER, RP, T CRAB, N DEFROIDT & WV BOON. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BI SOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- FORSTER, CF. 1976. Bioflocculation in the activated sludge process. *Water S.A.*, 2: 119-125.
- GODOY, L. 2008. Desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em meio de diatomáceas ou flocos microbianos com mínima troca de água. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 66p.
- KRUMMENAUER D, S PEIXOTO, R CAVALLI, L POERSCH, W WASIELESKY. 2011. Superintensive culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. *J. World Aquacult. Soc.* (artigo aceito para publicação).
- KUHN, DD, SA SMITH, GD BOARDMAN, MW ANGIER, L MARSH & GJ FLICK. 2010. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antenna length, and pathology. *Aquaculture*, 309: 109 -114
- LIN, Y & J CHEN. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259: 109-119
- LIN, Y & J CHEN. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224: 193-201.
- PONCE-PALAFIX, J, CA MARTINEZ-PALACIOS & LG ROSS. 1997. The effect of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157: 107-115.
- PRIMAVERA, JH. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean Coast Manage.*, 49: 531–545.
- SAMOCHA, TM, AL LAWRENCE, CA COLLINS, FL CASTILLE, WA BRAY, CJ DAVIES, PG LEE & GF WOOD. 2004. Production of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in high-density greenhouse-enclosed raceways using low salinity groundwater. *Aquaculture*, 15: 1-19.
- STRICKLAND, JDH. & TR PARSONS, 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Ottawa: Fishery Research Board Canada, 310 p.
- SOKAL RR. & FJ ROHLF. 1969. *Biometry. Principle and practices of statistics in biological research*. W. H. Freeman & Co, 776 p.
- SUITA SM. 2009. O uso da dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bioflocos e desempenho do camarão-branco *Litopenaeus vannamei* cultivados em sistema sem renovação de água. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Aquicultura). Universidade Federal do Rio Grande. 44 p.
- UNESCO, 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Manual and Guides 12*, Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris, France.
- VAN RIJN, J, Y TAL & HJ SCHREIER. 2006. Denitrification in recirculating systems: Theory and applications. *Aquacult. Eng.*, 34(3): 364-376.
- VAN WYK, P & J SCARPA. 1999. *Water Quality and Management*. In: VAN WYK, P *et al.* (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee. Chap. 06: 128-138.
- WASIELESKY, W, H ATWOOD, A STOKES & CL BROWDY. 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.

Submetido – 21/12/2011
Aceito – 06/03/2012

