

## AValiação DA FORMAÇÃO DE BIOFLOCOS NA CRIAÇÃO DE JUVENIS DE TAINHA *MUGIL CF. HOSPES* SEM RENOVAÇÃO DE ÁGUA

ANDRÉA FERRETTO DA ROCHA<sup>3</sup>; PAULO CÉSAR ABREU<sup>1</sup>; WILSON WASIELESKY JR.<sup>2</sup>; MARCELO BORGES TESSER<sup>3</sup>  
 Universidade Federal do Rio Grande – Instituto de Oceanografia, <sup>1</sup>Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos,  
<sup>2</sup>Laboratório de Carcinocultura, <sup>3</sup>Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Rio Grande – RS – Brasil. CEP: 96210-030 –  
 mbtesser@gmail.com

### RESUMO

Um dos maiores problemas enfrentados na aquicultura é a deterioração da qualidade da água das criações e dos ambientes receptores. Para minimizar esse problema em criações de peixes e camarões com limitada renovação de água, o uso de bioflocos pode contribuir tanto para a melhoria da qualidade da água como para a alimentação dos animais. Para verificar a possibilidade de manter bioflocos na criação de juvenis de *Mugil cf. hospes* (4,55 ± 0,15 g), foi realizado um experimento com três tratamentos: tainhas com inoculo de bioflocos (T), tainhas com bioflocos provenientes da criação de camarões *Litopenaeus vannamei* (TFC) e sem animais (SEM). O experimento teve delineamento casualizado, com três repetições e os resultados foram submetidos à análise de Kruskal-Wallis ( =0,05). Todos os tratamentos receberam ração comercial (44% PB). A concentração final de sólidos suspensos totais não diferiu (P>0,05) entre os tratamentos TFC (785,33 ± 269,05 mg L<sup>-1</sup>), T (310,67 ± 126,0 mg L<sup>-1</sup>) e SEM (298,67 ± 30,28 mg L<sup>-1</sup>), enquanto que o volume final de bioflocos de TFC (76,66 ± 5,77 mL L<sup>-1</sup>) foi maior (P<0,05) do que SEM (3,1 ± 2,48 mL L<sup>-1</sup>) e T (18,66 ± 5,50 mL L<sup>-1</sup>) foi similar a todos os tratamentos. Estes resultados demonstram que foi possível manter os bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*, tornando possível sua criação neste tipo de sistema.

**PALAVRAS CHAVE:** Aquicultura, bioflocos, meio heterotrófico

### ABSTRACT

#### Evaluation of biofloc formation in the mullet *Mugil cf. hospes* rearing without water exchange

One of the problems in aquaculture systems is the deterioration of rearing and effluent water quality. Biofloc technology (BFT) has been used both in fish and shrimp farms with limited water exchange, contributing to improve water quality and serving as complementary food source. To evaluate the formation of bioflocs in the rearing of mullet *Mugil cf. hospes* (juveniles of 4.55 ± 0.15 g) an experiment was conducted with three treatments: mullet with bioflocs inoculum (T); mullet with bioflocs from *Litopenaeus vannamei* shrimp culture (TFC) and without animals (SEM). The experiment had a randomized design with three replicates and the results were analyzed by Kruskal-Wallis ( =0.05). All treatments received commercial feed (44% CP). The final concentration of total suspended solids were similar (P>0,05) to all treatments TFC (785.33 ± 269.05 mg L<sup>-1</sup>), T (310.67 ± 126.0 mg L<sup>-1</sup>), SEM (298.67 ± 30.28 mg L<sup>-1</sup>), while of biofloc volume in TFC (76.66 ± 5.77 mL L<sup>-1</sup>) was higher (P<0.05) than in SEM (3.1 ± 2.48 mL L<sup>-1</sup>), and T (18.66 ± 5.50 mL L<sup>-1</sup>) was similar to all treatments. The results revealed that it is possible to maintain bioflocs in the culture of *Mugil cf. hospes*.

**KEYWORDS:** Aquaculture, biofloc, heterotrophic system

## INTRODUÇÃO

O uso de práticas ambientalmente amigáveis na aquicultura desponta como uma alternativa rentável e sustentável, minimizando os problemas de qualidade de água em criações e reduzindo a quantidade de efluentes gerados pela atividade (McIntosh 2000). Dentre as alternativas de produção nesse sistema destaca-se a criação em bioflocos ("Biofloc Technology" – BFT). Atualmente diversos estudos estão sendo desenvolvidos sobre a utilização de bioflocos nos sistemas de produção com limitada renovação de água, e também sobre os processos que ocorrem neste tipo de sistema (Kuhn *et al.* 2009). A produção comercial de tilápias e camarões já é realizada com sucesso utilizando essa tecnologia (Avnimelech 2006, Wasielesky *et al.* 2006), e outras espécies também podem se adaptar a este sistema de criação.

O sistema BFT consiste em estimular o desenvolvimento de uma densa comunidade microbiana através da manipulação da relação C:N na água de

criação, onde bactérias e outros microrganismos, invertebrados, restos de fezes e ração formam os agregados, ou bioflocos (Avnimelech 2007). A comunidade bacteriana presente nos bioflocos utiliza a amônia acumulada na água e a incorpora em biomassa microbiana, que pode ainda ser utilizada como fonte de alimento aos organismos criados (Thompson *et al.* 2002). Os bioflocos podem alcançar níveis de proteína bruta de até 50% PB (Azim & Little 2008), o que os tornam um alimento interessante para os animais no sistema produtivo, com a possibilidade da redução das taxas de arraçamento e, conseqüentemente, dos custos com alimentação, conforme observado por Avnimelech (1999).

Avnimelech (2007) ressalta que em sistemas sem renovação de água a composição bromatológica dos bioflocos pode variar de acordo com a espécie produzida e seus hábitos alimentares, assim como os processos relacionados à sua formação e os benefícios de sua utilização. Assim, torna-se necessário o conhecimento da composição da

comunidade microbiana aderida aos bioflocos para que, com o manejo adequado, seus efeitos benéficos sejam desenvolvidos e mantidos, otimizando sua função nos sistemas de aquicultura, tanto na remoção dos compostos nitrogenados do sistema como na alimentação do animal em produção (Ray *et al.* 2010).

As espécies da família Mugilidae estão representadas por organismos com ampla distribuição global, ocupando águas tropicais e subtropicais, principalmente das regiões costeiras e estuarinas (Menezes, 1983). Apresentam a característica de consumirem as camadas mais baixas no nível trófico, habilitando-as de serem produzidas em sistemas extensivos a intensivos (Benetti & Fagundes Netto, 1991). Atualmente, espécies de mugilídeos são produzidas comercialmente nos Estados Unidos e Egito (Lee & Ostrowski 2001, El-Sayed & El-Ghobashy 2010).

Devido à importância dos bioflocos na manutenção da qualidade de água e como fonte adicional de alimento para os organismos criados, foi realizado um experimento que teve por objetivo verificar a composição de bioflocos desenvolvidos em sistema de criação de juvenis de tainhas *Mugil cf. hospes*, sem renovação de água.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Instalações e condições experimentais

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura, do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande - IO - FURG. Juvenis de tainha *Mugil cf. hospes* (Chao *et al.* 1982), peso médio inicial de  $4,55 \pm 0,15$  g, capturados na praia do Cassino, RS, foram distribuídos em tanques circulares de polietileno (160 L de volume útil), na densidade de 40 animais em cada tanque. Os tanques de dois tratamentos que iniciaram em água clara foram abastecidos com água salina bombeada da praia do Cassino e filtrada em filtro de cartucho (CUNO® – 5µm de poro), e o tanque do terceiro tratamento foi completamente preenchido com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *Litopenaeus vannamei*. Não foi realizada renovação de água, mas apenas a reposição do volume evaporado com água de abastecimento público, previamente decolorada. O fotoperíodo foi mantido em 12 h claro e

12 h escuro dia<sup>-1</sup>, utilizando-se lâmpadas frias fluorescentes (40 W). Aquecedores submersos foram utilizados para manutenção da temperatura da água. A oxigenação da água e a suspensão do material particulado foram mantidas por fluxo de ar. O experimento teve duração de 21 dias.

### Desenho experimental

O experimento era composto de três tratamentos com três repetições cada, a saber: T: tainhas mantidas em tanques com água do mar filtrada (5µm) e inoculação de 1 L de água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*; SEM: unidades experimentais mantidas com água do mar filtrada (5µm) e inoculação de 1 L de água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*, sem animais; TFC: tainhas mantidas em tanques completamente preenchidos com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões *L. vannamei*;

### Formação de bioflocos e alimentação

A água com bioflocos utilizada em todos os tratamentos foi obtida de um tanque de produção de camarões *L. vannamei* já bem estabelecido, previamente inoculado com microalgas diatomáceas e fertilizado com melaço.

Após a adição de bioflocos todos os tratamentos foram fertilizados com melaço e farelo de trigo, juntamente com a ração, mantendo-se uma relação de carbono:nitrogênio de 20:1 na água dos tanques (Avnimelech 1999). Após um período de cinco dias, a adição de melaço foi feita de tal forma a manter uma relação carbono:nitrogênio de 6:1 a partir da concentração de N-amônia total, sempre que esta concentração excedia  $1 \text{ mg L}^{-1}$  (Ebeling *et al.* 2006). Todos os tratamentos receberam ração comercial para camarões (44% PB) na proporção de 5% da biomassa para os tratamentos T e TFC, dividido em três ofertas ao dia. O tratamento SEM recebeu a média do peso (g) da ração oferecida aos tratamentos T e TFC. A análise da composição bromatológica dos bioflocos e da ração (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal – UFPEL, seguindo os protocolos da AOAC (1984).

TABELA 1 – Composição bromatológica da ração, dos bioflocos formados nos diferentes tratamentos (n=1) e dos ingredientes utilizados como fonte de carbono durante o estudo.

	Proteína bruta (%MS) <sup>1</sup>	ENN <sup>2</sup> (%)	Extrato etéreo (%MS)	Fibras (%MS)	Cinzas (%MS)	MS (%)
Ração	43,97	29,07	8,13	4,28	14,55	86,14
Biofoco T	28,90	24,65	0,30	2,46	43,69	88,57
Biofoco SEM	19,88	19,95	1,20	3,91	55,06	90,86
Biofoco TFC <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-
Biofoco inicial <sup>4</sup>	25,60	18,75	0,14	5,44	50,07	93,42
Melaço em pó	5,6	81,64	0,16	0,2	12,4	61
Farelo de trigo	18,9	61,1	2,7	11,3	6,0	88,1

<sup>1</sup>Matéria seca, <sup>2</sup>Extrativo não-nitrogenado: estimados através da diferença [100-PB+EE+FB+cinzas], <sup>3</sup>Amostra danificada, <sup>4</sup>Amostra retirada da criação de camarões *L. vannamei*

### Monitoramento da qualidade da água e microrganismos

Diariamente foram monitorados a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido da água com aparelho multiparâmetros (YSI<sup>®</sup>-550<sup>a</sup>) e a salinidade utilizando refratômetro (Atago<sup>®</sup>). O pH foi medido com pHmetro digital (YSI<sup>®</sup>-pH100). Semanalmente, as concentrações de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>) foram analisadas segundo Aminot & Chaussepied (1983), a alcalinidade (CaCO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) segundo APHA (1989), a turbidez, utilizando turbidímetro (HACK<sup>®</sup>-2100P) e a concentração de sólidos suspensos totais (SST), a partir da diferença de peso dos filtros (GF 1-A<sup>®</sup>) previamente secos em estufa e após a filtração de 25 ml de amostra de água (Strickland & Parsons, 1972).

As concentrações de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-1</sup>) e de fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) foram analisadas duas vezes na semana segundo Aminot & Chaussepied (1983) e as concentrações de amônia total (TAN) foram analisadas cinco vezes durante a semana adotando o método da UNESCO (1983). A relação N:P da água foi calculada a partir do somatório das concentrações de N-TAN, N-NO<sub>2</sub><sup>-1</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-1</sup> dividido pela concentração de P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>. A concentração de clorofila *a* foi determinada semanalmente em fluorímetro (Turner<sup>®</sup> TD700) segundo o método descrito por Welshmeyer (1994) após extração do pigmento fotossintético em acetona 90%, no escuro, a -12°C, durante 24 horas. O volume de bioflocos (ml L<sup>-1</sup>) da água foi determinado duas vezes na semana por meio de sedimentação de um litro de amostra de água durante 15 minutos em cone Imhoff, de acordo com a metodologia descrita por Eaton *et al.* (1995) e adaptada por Avnimelech (2007).

Para determinação da abundância de bactérias

aderidas aos bioflocos e de ciliados, amostras de água foram coletadas a cada três dias e preservadas em solução de formol tamponado (4%). Para a contagem de bactérias, 0,1 mL de amostra foi concentrada em filtros de membrana de polycarbonato (Nuclepore, 0,2 µm de diâmetro de poro), escurecidos com Irgalan Black e corados com Laranja de Acrídina 1% (Hobbie *et al.* 1977). Foram contados 30 campos de cada lâmina, em microscópio de epifluorescência (Zeiss, Axioplan), equipado com conjuntos de filtros para excitação por luz verde (546 nm), com magnificação final de 1000 x. Para a contagem de ciliados, alíquotas de 2,1 mL das amostras foram colocadas em câmaras de sedimentação Utermöhl e 30 campos observados em microscópio de luz invertida, equipado com fase de contraste (Zeiss, Axiovert) e magnificação final de 400 x (Utermöhl 1958).

### Análises estatísticas

A análise de variância não-paramétrica Kruskal-Wallis foi realizada para avaliar possíveis diferenças estatísticas entre todos os tratamentos para os parâmetros de qualidade de água, bioflocos (volume de bioflocos e concentração de sólidos suspensos totais) e de microrganismos. Os valores em percentagem foram previamente transformados para o arco seno da raiz quadrada. Todas as análises estatísticas foram executadas ao nível de 5% de significância (Sokal & Rohlf 1995).

### RESULTADOS

As concentrações de SST no início do experimento não apresentaram diferenças significativas entre os

tratamentos, que atingiram os valores máximos de  $785,33 \pm 269,05 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $310,67 \pm 126,0 \text{ mg L}^{-1}$  e  $298,67 \pm 30,28 \text{ mg L}^{-1}$ , para TFC, T e SEM, respectivamente (Figura 1A). Quanto ao volume de bioflocos, no início do estudo o tratamento TFC registrava  $29 \pm 1,73 \text{ mL L}^{-1}$ , enquanto que os tratamentos T e SEM não apresentavam volume

detectável. Ao final do experimento o tratamento TFC ( $76,66 \pm 5,77 \text{ mL L}^{-1}$ ) registrou volume de bioflocos significativamente maior do que o tratamento SEM ( $3,1 \pm 2,48 \text{ mL L}^{-1}$ ), enquanto que o tratamento T ( $18,66 \pm 5,50 \text{ mL L}^{-1}$ ) não diferiu dos demais tratamentos (Figura 1B).

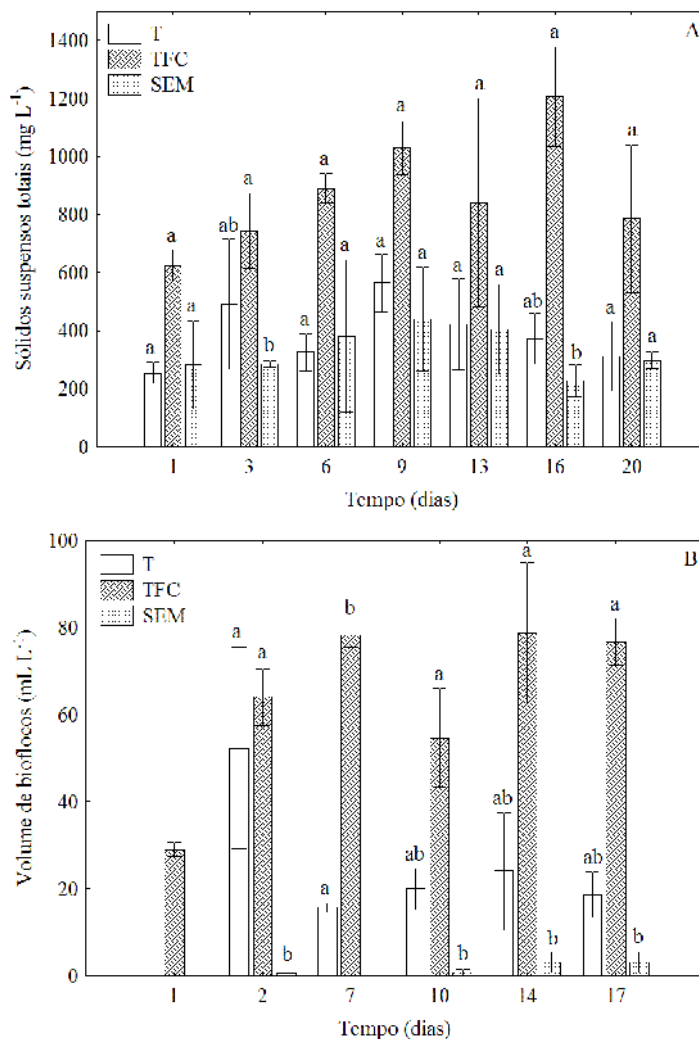


FIGURA 1 – Concentração de sólidos suspensos totais (A) e volume de bioflocos (B) durante o estudo nos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos no teste Kruskal-Wallis em cada período amostral

A comunidade microbiana aderida aos bioflocos, no início do estudo, foi significativamente mais abundante no tratamento SEM, que apresentava maior quantidade de bactérias totais ( $7,28 \pm 3,61 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) do que os tratamentos T ( $3,82 \pm 2,40 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) e TFC ( $2,03 \pm 0,85 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ), também diferentes entre si. Aos nove dias de estudo a maior ( $P < 0,05$ ) abundância de bactérias totais foi observada no tratamento TFC ( $8,95 \pm 2,94 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ), enquanto que os tratamentos SEM ( $4,83 \pm 2,32$

$\times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) e T ( $3,57 \pm 2,55 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) foram similares entre si. No final do estudo a maior ( $P < 0,05$ ) abundância de bactérias totais foi registrada pelo tratamento T ( $8,09 \pm 2,59 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ), enquanto que SEM ( $4,01 \pm 2,40 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) e TFC ( $3,37 \pm 2,0 \times 10^4 \text{ org mL}^{-1}$ ) não diferiram entre si (Figura 2A). Em relação à presença de ciliados nas amostras, aos nove dias de estudo pode-se observar que o tratamento SEM ( $885,07 \pm 455,23 \text{ org mL}^{-1}$ ) apresenta significativamente maior abundância de ciliados totais

do que o tratamento TFC ( $650,26 \pm 958,84$  org mL<sup>-1</sup>), e abundância similar ( $P > 0,05$ ) ao tratamento T ( $857,98 \pm 663,98$  org mL<sup>-1</sup>). No final do estudo a maior ( $P < 0,05$ ) abundância de ciliados totais foi registrada

no tratamento SEM ( $4931,12 \pm 1730,34$  org mL<sup>-1</sup>), seguida dos tratamentos T ( $993,45 \pm 709,15$  org mL<sup>-1</sup>) e TFC ( $234,82 \pm 465,13$  org mL<sup>-1</sup>), todos estatisticamente diferentes entre si (Figura 2B).

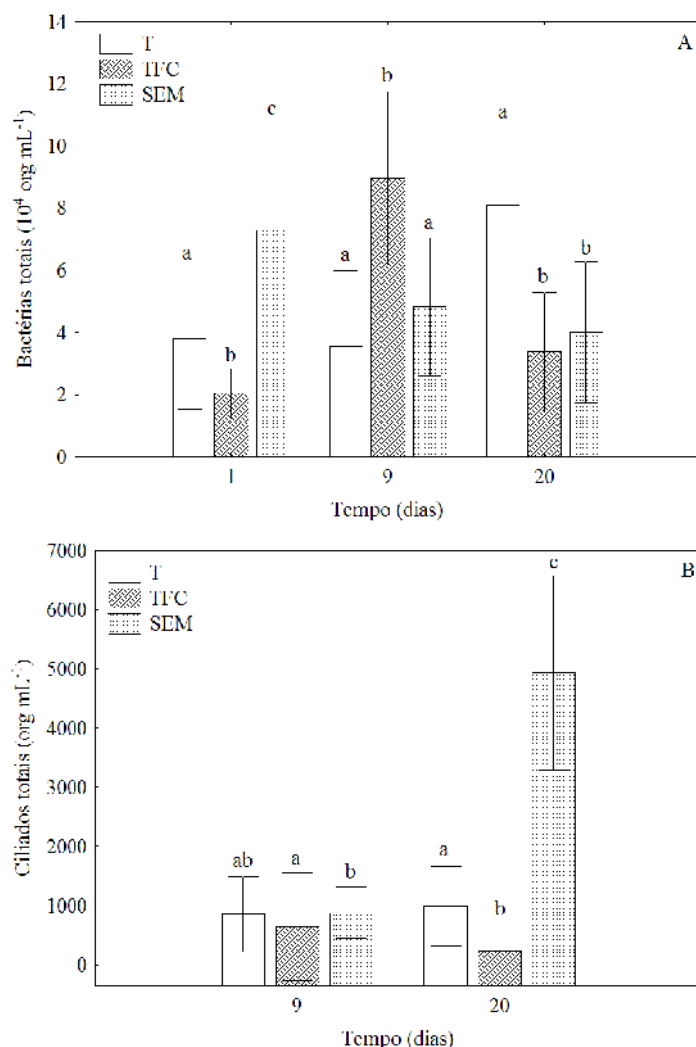


FIGURA 2 – Abundância de bactérias totais aderidas aos bioflocos (A) e ciliados totais (B) durante o estudo na água dos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ( $P < 0,05$ ) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.

Com relação aos tipos de bactérias observadas aderidas aos bioflocos, no início do estudo foi observada abundância de bactérias dos tipos cocos e bacilos significativamente maior nos tratamentos SEM (cocos:  $3,58 \pm 1,73 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>, bacilos:  $3,40 \pm 2,79 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) e T (cocos:  $2,03 \pm 1,31 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>, bacilos:  $1,77 \pm 2,42 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) em comparação ao tratamento TFC (cocos:  $1,20 \pm 0,85 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>, bacilos:  $0,16 \pm 0,60 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) (Figura 3 A e B). Ainda, no início do estudo o tratamento TFC registrava maior ( $P < 0,05$ ) abundância de bactérias filamentosas ( $0,65 \pm 0,54 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) do que o tratamento SEM ( $0,30 \pm 0,95 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>), enquanto que o tratamento T não registrava bactérias filamentosas. Aos nove dias de estudo o tratamento TFC apresentou maior ( $P < 0,05$ ) abundância de bactérias do tipo cocos ( $7,35 \pm 2,60 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), em comparação aos tratamentos SEM ( $3,07 \pm 1,52 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) e T ( $2,03 \pm 2,55 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), que não diferiram entre si. As bactérias do tipo bacilos e filamentosas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos SEM ( $0,22 \pm 0,55 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) e T ( $0,16 \pm 0,37 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), enquanto que o tratamento TFC não registrou bactérias filamentosas neste período amostral. No final do estudo a maior ( $P < 0,05$ ) abundância de bactérias do tipo cocos foi

registrada pelo tratamento T ( $7,97 \pm 2,57 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), diferindo dos tratamentos SEM ( $2,70 \pm 2,36 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) e TFC ( $2,63 \pm 1,66 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), similares entre si. Neste período somente o tratamento T registrou bactérias do tipo bacilos ( $0,53 \pm 1,12 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>). Em contrapartida, maior abundância de bactérias filamentosas foram

observadas nos tratamentos SEM ( $0,79 \pm 0,72 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) e TFC ( $0,74 \pm 0,67 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>), diferindo significativamente do tratamento T ( $0,10 \pm 0,24 \times 10^4$  org mL<sup>-1</sup>) (Figura 3C). Durante o processo de contagem de microrganismos foram visualizados os agregados microbianos/bioflocos em todos os tratamentos (Figura 4).

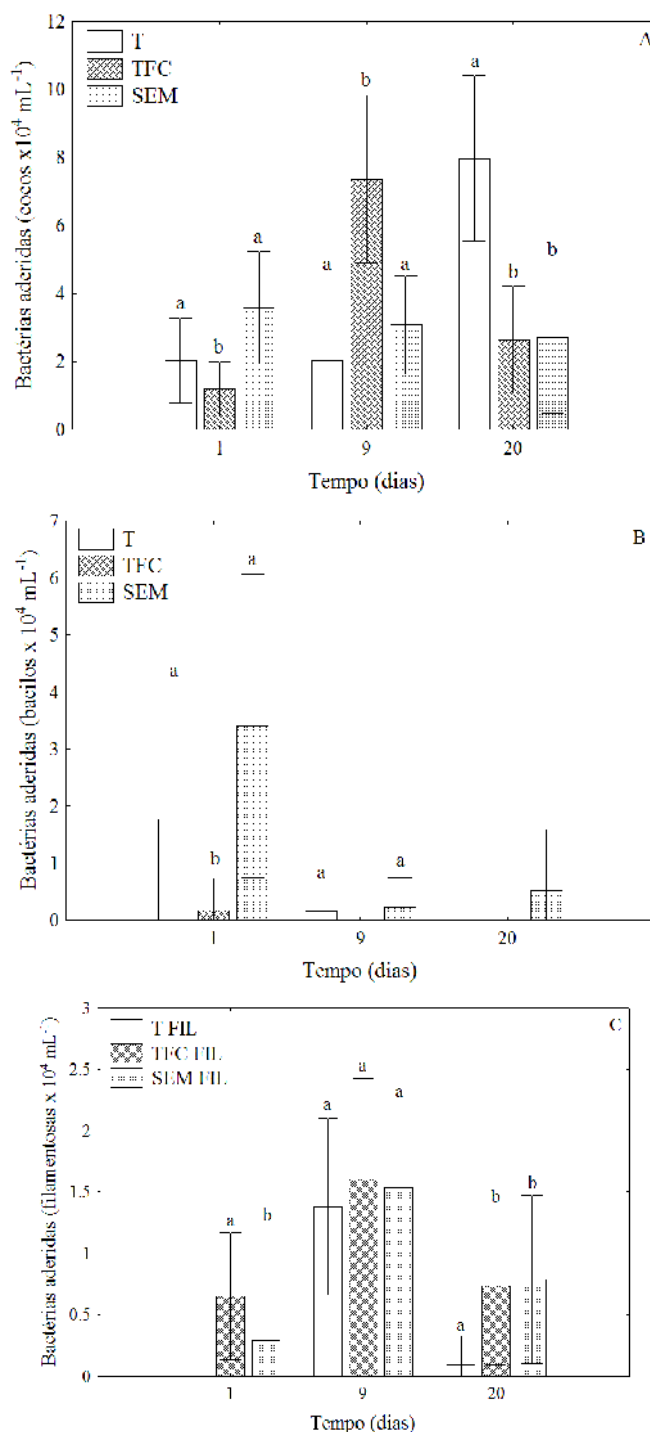


FIGURA 3 – Abundância de bactérias do tipo cocos (A), bacilos (B) e filamentosas (C) aderidas aos bioflocos nos tratamentos T, TFC e SEM durante o estudo. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ( $P < 0,05$ ) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.

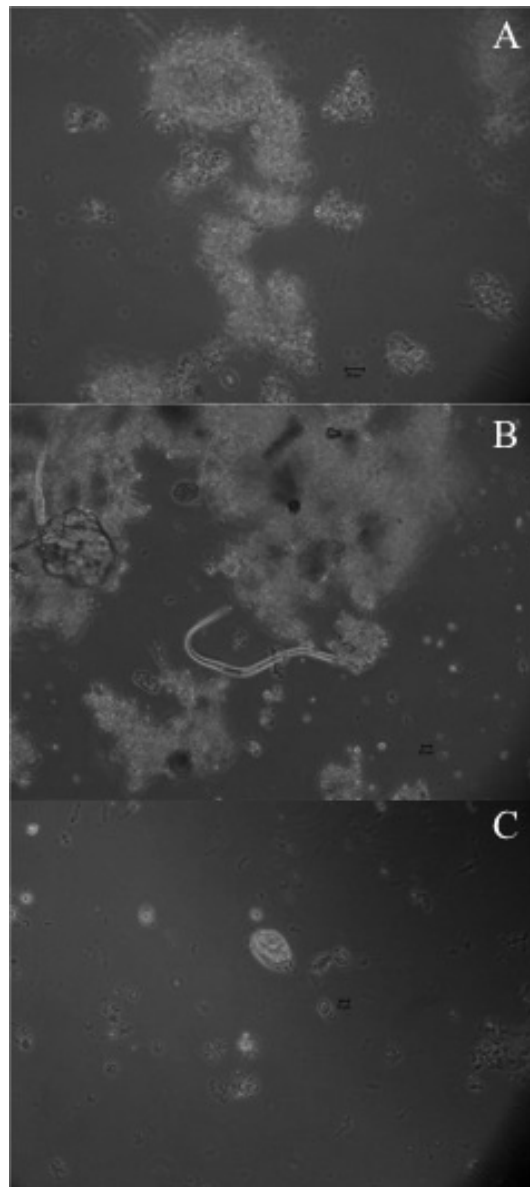


FIGURA 4 – Imagens de bioflocos observados em microscópio Axiovert – Zeiss (A=400x), nas amostras de água dos tratamentos T (A), TFC (B) e SEM (C) no 9º dia do estudo. Fotos: Prof. Paulo César Abreu.

A composição bromatológica dos bioflocos dos tratamentos demonstra que o nível de proteína bruta variou entre 19,9% e 28,9% (tratamentos SEM e T, respectivamente) (Tabela 1).

Durante o estudo, a temperatura média da água não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A salinidade média da água foi maior e diferente no tratamento TFC. Os valores médios de

oxigênio dissolvido e pH da água também mostraram influência dos tratamentos. A alcalinidade média da água durante o estudo foi maior nos tratamentos T e SEM, enquanto que a maior turbidez média da água foi observada no tratamento TFC, que também apresentou maior concentração média de clorofila a (Tabela 2).

TABELA 2 – Parâmetros de qualidade da água nos tratamentos T, TFC e SEM durante o estudo. Valores apresentados em média ± desvio padrão. Letras diferentes entre colunas indicam diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos após o teste Kruskal-Wallis.

Parâmetro	T	TFC	SEM
Temperatura (°C)	24,53 ± 1,56 <sup>a</sup>	24,57 ± 1,44 <sup>a</sup>	24,80 ± 1,48 <sup>a</sup>
Salinidade	31,37 ± 1,47 <sup>a</sup>	33,33 ± 1,71 <sup>b</sup>	31,32 ± 1,21 <sup>a</sup>
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	5,47 ± 0,85 <sup>a</sup>	5,93 ± 0,70 <sup>b</sup>	5,72 ± 0,61 <sup>ab</sup>
pH	8,00 ± 0,28 <sup>a</sup>	7,95 ± 0,25 <sup>a</sup>	8,09 ± 0,28 <sup>a</sup>
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	345,11 ± 46,0 <sup>a</sup>	277,22 ± 34,02 <sup>b</sup>	397,89 ± 72,22 <sup>a</sup>
Turbidez (ntu)	77,20 ± 58,25 <sup>a</sup>	341,78 ± 103,8 <sup>b</sup>	35,44 ± 26,46 <sup>a</sup>
Clorofila <i>a</i> (µg L <sup>-1</sup> )	3,81 ± 2,97 <sup>a</sup>	180,83 ± 45,58 <sup>b</sup>	2,87 ± 2,39 <sup>a</sup>
N-Amônia total (mg L <sup>-1</sup> )	2,17 ± 2,56 <sup>ab</sup>	0,36 ± 0,53 <sup>a</sup>	2,46 ± 1,79 <sup>b</sup>
N-Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	9,07 ± 9,64 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,92 <sup>b</sup>	2,29 ± 3,80 <sup>a</sup>
N-Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	6,32 ± 7,48 <sup>a</sup>	31,58 ± 5,37 <sup>b</sup>	1,84 ± 1,79 <sup>a</sup>
Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )	2,37 ± 1,44 <sup>a</sup>	5,81 ± 2,03 <sup>b</sup>	3,38 ± 2,06 <sup>a</sup>

Quanto aos compostos nitrogenados, o tratamento SEM apresentou concentração média de amônia total (2,46 ± 1,79 mg L<sup>-1</sup>) maior do que o tratamento TFC (0,36 ± 0,53 e 0,56 ± 0,73 mg L<sup>-1</sup>), não diferindo do tratamento T (2,17 ± 2,56 mg L<sup>-1</sup>). A concentração média de nitrito mais elevada durante o estudo foi registrada no tratamento T (9,07 ± 9,64 mg L<sup>-1</sup>), enquanto que a concentração média de nitrato

mais elevada foi observada no tratamento TFC (31,58 ± 5,37 mg L<sup>-1</sup>), assim como a concentração média de fosfato na água (5,81 ± 2,03 mg L<sup>-1</sup>) foi mais elevada neste tratamento (Tabela 2).

A relação N:P teve influência do tratamento T no final do estudo, diferindo dos demais tratamentos (Figura 5).

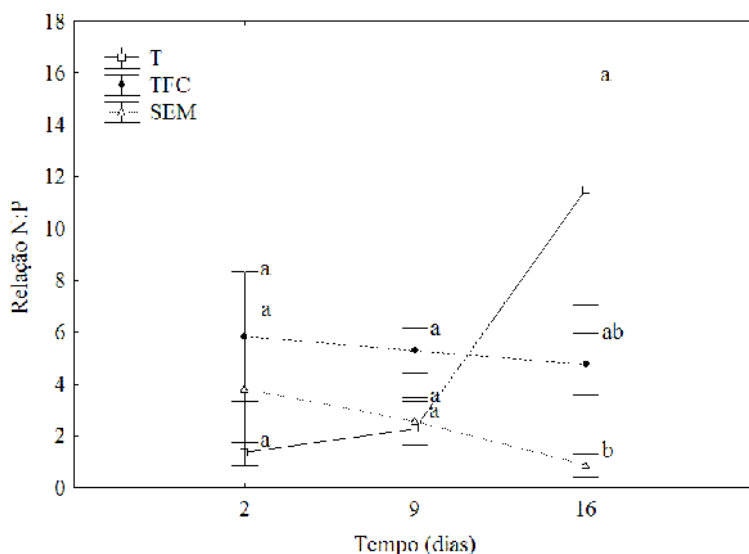


FIGURA 5 – Relação N:P da água durante o estudo nos tratamentos T, TFC e SEM. Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes indicam diferença estatística ( $P < 0,05$ ) após o teste Kruskal-Wallis em cada período amostral.

## DISCUSSÃO

Neste trabalho, foi possível constatar a manutenção e mesmo aumento na quantidade de bioflocos na criação de juvenis de tainhas *Mugil cf.*

*hospes*. Um maior volume de bioflocos no tratamento TFC era previsto uma vez que este tratamento iniciou o estudo com os tanques preenchidos com água contendo bioflocos provenientes da criação de camarões. Os tratamentos T e SEM, que iniciaram o



estudo com apenas um inoculo de bioflocos, apresentaram menor concentração média de clorofila *a*. Tal fato pode ter resultado da diminuição de luz na coluna de água, uma vez que o aumento da concentração de SST na coluna d'água acarreta no aumento da turbidez, o que dificulta a penetração de luz na água e afeta a atividade fotossintética (Vinatea *et al.* 2010). Por outro lado, o biofoco proveniente da criação de camarões era mais antigo e, nestes casos é normal apresentar elevadas concentrações de clorofila, devido principalmente, à maior abundância de cianobactérias filamentosas.

É importante ressaltar que, embora os tratamentos não tenham diferido na concentração final de SST, o tratamento TFC manteve e aumentou o volume dos bioflocos no sistema durante o tempo de estudo, o mesmo não ocorreu com o tratamento SEM.

A presença de animais no sistema, assim como a espécie animal produzida, parece ser fundamental para a manutenção dos bioflocos devido, principalmente, à comunidade microbiana predominante no sistema. Diferentes espécies incorporam e excretam nutrientes de forma diferente, sendo que os nutrientes disponíveis no meio determinam a composição da comunidade microbiana e conseqüentemente a composição dos bioflocos (Crab *et al.* 2010). Ferreira (2008) observou diferenças na composição dos bioflocos formados por duas espécies de camarões (*L. vannamei* e *Farfantepenaeus paulensis*), sugerindo que em função da espécie, diferentes relações N:P são observadas, e que a relação N:P pode estar relacionada com a abundância de bactérias formadoras de bioflocos, principalmente do tipo cocos. No período final do estudo foi observado que o tratamento T registrou maior relação N:P e também maior abundância de bactérias totais aderidas e bactérias do tipo cocos, o que pode indicar uma correlação entre o aumento na abundância de bactérias e o aumento na relação N:P da água.

Embora a formação de agregados microbianos em sistemas de criação onde não há renovação de água seja estimulada, a produção de bioflocos pode ocorrer em velocidade maior que a do consumo pelos animais criados (Vinatea *et al.* 2010), ultrapassando os valores máximos de 400 mg L<sup>-1</sup> de SST recomendados por Avnimelech (2009) para criação de peixes em sistema de bioflocos. Ferreira (2008) observou valores médios de SST de 360 mg L<sup>-1</sup> a 940 mg L<sup>-1</sup> na

produção de *L. vannamei*, e valores mínimos de 140 mg L<sup>-1</sup> em água sem animais, semelhante ao observado no tratamento SEM do presente trabalho, reforçando a importância da presença dos animais no sistema para a produção dos bioflocos.

Quanto às concentrações dos compostos nitrogenados e fosfato, o tratamento TFC apresentou maiores concentrações destes nutrientes, principalmente devido ao acúmulo de resíduos de ração e excreção dos animais, uma vez que esta é a principal via de entrada de fósforo e nitrogênio no sistema (Barak *et al.* 2003). O tratamento T apresentou concentrações de amônia total acima do nível de segurança (2,35 mg L<sup>-1</sup>) recomendado por Sampaio *et al.* (2002) para juvenis de *M. platanus*. O tratamento TFC não ultrapassou este nível. Nos tratamentos T e SEM o nitrito se elevou no mesmo momento em que a amônia total diminuiu, aproximadamente em torno do décimo dia, indicando um processo de nitrificação no sistema. O tratamento TFC não apresentou concentrações altas de nitrito, embora tenha registrado a maior concentração média de nitrato, indicando um processo de nitrificação mais avançado (Avnimelech 1999). Ainda assim, os níveis de nitrato estiveram dentro dos limites de segurança estipulados por Poersch *et al.* (2007) para juvenis de tainha *M. platanus* (152,2 mg L<sup>-1</sup>).

Os diversos processos que atuam de forma inter-relacionada em sistemas de bioflocos, como assimilação bacteriana, nitrificação e respiração realizados por microrganismos e até mesmo pelos organismos criados, podem refletir na redução da alcalinidade da água (Azim & Little 2008). Este fato foi observado no tratamento TFC, onde os tanques foram completamente preenchidos com água contendo bioflocos da criação de camarões *L. vannamei* e, portanto, já apresentava alcalinidade menor. Entretanto, a alcalinidade média dos tratamentos se manteve superior a 100 mg L<sup>-1</sup> de acordo com o recomendado por Ebeling *et al.* (2006) para este tipo de sistema, assim como o pH, que se manteve entre 7,0 e 9,0, dentro dos limites considerados ideais para que ocorra os processos de nitrificação no sistema (Chen *et al.* 2006).

No que se refere à qualidade nutricional dos bioflocos, já foi verificado sua estreita relação com a comunidade de microrganismos. Silva *et al.* (2008)

demonstraram que existe relação entre a composição da comunidade microbiana e o conteúdo de proteína e lipídio do biofilme consumido por *F. paulensis*, relatando um aumento na abundância de bactérias do tipo cocos aderidas ao substrato ao longo do tempo, e que bactérias filamentosas teriam influência sobre o conteúdo de lipídio. No presente estudo, os bioflocos do tratamento T, que apresentaram maior nível de proteína bruta, próximo a 30%, apresentaram maior abundância de bactérias do tipo cocos no final do estudo, enquanto que o tratamento SEM, que apresentou menor abundância de bactérias do tipo cocos no mesmo período, registrou o menor nível de proteína bruta nos bioflocos. Também é importante ressaltar que o maior conteúdo de lipídio foi observado nos bioflocos do tratamento SEM, que registrou a maior quantidade de cílios totais. Embora esses resultados corroborem com os relatados por Silva *et al.* (2008), não é possível afirmar que exista diferença estatística entre a composição nutricional dos bioflocos dos diferentes tratamentos. Entretanto, é possível afirmar que bactérias do tipo cocos foram dominantes em todos os tratamentos e em todos os períodos amostrais, sugerindo sua relação com a formação de agregados microbianos, assim como observado por Ferreira (2008). Os níveis de proteína bruta e lipídios nos bioflocos podem variar em função de diversos fatores e ao longo do período de produção, principalmente em função da composição de microrganismos, que também varia de acordo com as condições de crescimento (Chamberlain *et al.* 2001). Silva (2009), após 45 dias de criação de *L. vannamei* em sistema sem renovação, observou bioflocos com valor de proteína bruta inferior a 25% e níveis de lipídio entre 2,29 a 7,15%, que variaram em função do tempo. Em contrapartida, bioflocos com níveis de proteína bruta próximos a 50% foram produzidos em sistema de criação de tilápias por Azim *et al.* (2008). O percentual de lipídio dos bioflocos formados durante o estudo (0,14 – 1,20%) ficou próximo ao reportado por outros autores (Wasielesky *et al.* 2006, Azim *et al.* 2008, Kuhn *et al.* 2009), assim como o elevado conteúdo de cinzas em bioflocos também foi relatado por Wasielesky *et al.* (2006), Ju *et al.* (2008) e Silva (2009). Interessante mencionar que os bioflocos nesse estudo apresentaram valores de proteína bruta próximos a 30%, valor este próximo aos 34% de proteína bruta estimado por Carvalho *et al.* (2010) para

dietas de juvenis de tainha *M. platanus*.

Com este trabalho, pode-se concluir que foi possível a manutenção dos bioflocos em sistema de criação de juvenis de tainha *Mugil cf. hospes* e o seu desenvolvimento a partir da utilização de um inoculo. Trabalhos futuros devem ser realizados para detectar a possibilidade de formação de bioflocos na criação da referida espécie.

#### AGRADECIMENTOS

Andréa Ferretto da Rocha agradece a bolsa de doutorado fornecida pela CAPES. Os professores Wilson Wasielesky Jr. e Paulo César Abreu são pesquisadores do CNPq.

#### REFERÊNCIAS

- AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu Marin. Brest: CNEXO. 395p. In: BAUGARTEN, MGZ, MBR JUSSELI & LFH NIENCHESKI. Manual de analyses em oceanografia química. Ed. da FURG. 134p.
- APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. 1193p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis, 12. ed. Arlington. Washington. 1141p.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34(3): 172-178.
- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc Technology - A Practical Guide Book. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. 181p.
- AZIM, ME & DC LITTLE. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283: 29-35.
- AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590-3599.
- BARAK, Y, E CYTRYN, I GELFAND, M KROM & J VAN RIJN. 2003. Phosphorus removal in a prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 220: 313-326.
- BENETTI, DD & J FAGUNDES NETO. 1991. Preliminary results on growth of mullets (*Mugil liza* and *M. curema*) fed on artificial diets. *J. World Aquac. Soc.*, 22: 55-57.
- CARVALHO, CVA, A BIANCHINI, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2010. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.

- CHAMBERLAIN, G, Y AVNIMELECH, RP MCINTOSH & M VELASCO. 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with balanced C:N, II: Composition and nutritional value of organic detritus. Global Aquaculture Advocate, June.
- CHAO, NL, LE PEREIRA, JP VIEIRA, MA BEMVENUTI & LP CUNHA. 1982. Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região adjacente, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Atlântica, 5 (1): 67-75.
- CHEN, S, J LING & JP BLANCHETON. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. Aquacultural Engineering, 34: 179-197
- CRAB, R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. Aquaculture Research, 41: 559-567.
- EATON, AD, LS CLESERCI & AE GREENBERG (Eds.), 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 10th edition. Amer. Pub. Health Assoc., Washington D.C.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. Aquaculture, 257: 346-358.
- EL-SAYED, A-FM & AE EL-GHOBASHY. 2011. Effects of tank colour and feed colour on growth and feed utilization of thinlip mullet (*Liza ramada*) larvae. Aquaculture Research, 42: 1163-1169.
- FERREIRA, L. 2008. Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande, 57p.
- HOBBIE, JE, RL DALEY & S JASPER. 1977. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. Appl. Environ. Microbiol., 33: 1225-1228.
- JU, ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, WC KUO & FD HORGAN. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. Aquaculture Research, 39: 118-133.
- KUHN, DD, GD BOARDMAN, AL LAWRENCE, L MARSH & GJ FLICK JR. 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. Aquaculture, 296: 51-57.
- LEE CS & AC OSTROWSKI. 2001. Current status of marine finfish larviculture in the United States. Aquaculture, 200: 89-109.
- MENEZES, NA. 1983. Guia prático para conhecimento e identificação de tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. Revista Brasileira de Zoologia, 2: 1-12.
- POERSCH, LH, MHS SANTOS, K MIRANDA-FILHO & W WASIELESKY JR. 2007. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (pisces: Mugilidae). B. Inst. Pesca, São Paulo, 33(2): 247-252.
- RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE, A LAWSON & CL BROWDY. 2010a. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. Aquaculture, 310: 130-138.
- SAMPAIO, LA, W WASIELESKY JR. & KC MIRANDA-FILHO. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. Bull. of Environmental Contamination and Toxicology, 68: 668-674.
- SILVA, AF. 2009. Influência da densidade de estocagem sobre o desempenho do camarão branco *Litopenaeus vannamei* durante a fase final de engorda em sistema super-intensivo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande. 45p.
- SILVA, CF, E BALLESTER, J MONSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY JR. & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. Aquaculture Nutrition, 14: 507-514.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1995. Biometry. 3<sup>rd</sup> edition. W. H. Freeman and Company: New York. 887p.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2ed. Ottawa: Bulletin 167.
- THOMPSON, FL, PC ABREU & W WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture, 203: 263-278.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and guides. Paris. 12p.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 9: 1-38.
- VINATEA, L, AO GÁLVEZ, CL BROWDY, A STOKES, J VENERO, J HAVEMAN, BL LEWIS, A LAWSON, A SHULER, & JW LEFFLER. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. Aquacultural Engineering, 42: 17-24.
- WASIELESKY JR., 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.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. Limnol. Oceanogr., 39: 1985-1992.
- AMINOT, A & M CHAUSSEPIED. 1983. Manuel des analyses chimiques em milieu Marin. Brest: CNEXO. 395p. In: BAUGARTEN, MGZ, MBR JUSSELI & LFH NIENCHESKI. Manual de análises em oceanografia química. Ed. da FURG. 134p.
- APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. 1193p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis, 12. ed. Arlington. Washington. 1141p.
- AVNIMELECH, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture, 176: 227-235.
- AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. Aquacultural Engineering, 34(3): 172-178.
- AVNIMELECH, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture, 264: 140-147.
- AVNIMELECH, Y. 2009. Biofloc Technology - A Practical Guide Book. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. 181p.
- AZIM, ME & DC LITTLE. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 283: 29-35.

- AZIM, ME, DC LITTLE & JE BRON. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590-3599.
- BARAK, Y, E CYTRYN, I GELFAND, M KROM & J VAN RIJN. 2003. Phosphorus removal in a prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 220: 313-326.
- BENETTI, DD & J FAGUNDES NETO. 1991. Preliminary results on growth of mullets (*Mugil liza* and *M. curema*) fed on artificial diets. *J. World Aquac. Soc.*, 22: 55-57.
- CARVALHO, CVA, A BIANCHINI, MB TESSER & LA SAMPAIO. 2010. The effect of protein levels on growth, postprandial excretion and tryptic activity of juvenile mullet *Mugil platanus* (Günther). *Aquaculture Research*, 41: 511-518.
- CHAMBERLAIN, G, Y AVNIMELECH, RP MCINTOSH & M VELASCO. 2001. Advantages of Aerated Microbial Reuse Systems with balanced C:N, II: Composition and nutritional value of organic detritus. *Global Aquaculture Advocate*, June.
- CHAO, NL, LE PEREIRA, JP VIEIRA, MA BEMVENUTI & LP CUNHA. 1982. Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região adjacente, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Atlântica*, 5 (1): 67-75.
- CHEN, S, J LING & JP BLANCHETON. 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering*, 34: 179-197
- CRAB, R, B CHIELENS, M WILLE, P BOSSIER & W VERSTRAETE. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41: 559-567.
- EATON, AD, LS CLESERCI & AE GREENBERG (Eds.), 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 10th edition. Amer. Pub. Health Assoc., Washington D.C.
- EBELING, JM, MB TIMMONS & JJ BISOGNI. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture*, 257: 346-358.
- EL-SAYED, A-FM & AE EL-GHOBASHY. 2011. Effects of tank colour and feed colour on growth and feed utilization of thinlip mullet (*Liza ramada*) larvae. *Aquaculture Research*, 42: 1163-1169.
- FERREIRA, L. 2008. Formação de flocos microbianos em cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e do camarão-branco *Litopenaeus vannamei*. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Aquicultura. Universidade Federal do Rio Grande, 57p.
- HOBBIE, JE, RL DALEY & S JASPER. 1977. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33: 1225-1228.
- JU, ZY, I FORSTER, L CONQUEST, W DOMINY, WC KUO & FD HORGAN. 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. *Aquaculture Research*, 39: 118-133.
- KUHN, DD, GD BOARDMAN, AL LAWRENCE, L MARSH & GJ FLICK JR. 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296: 51-57.
- LEE CS & AC OSTROWSKI. 2001. Current status of marine finfish larviculture in the United States. *Aquaculture*, 200: 89-109.
- MENEZES, NA. 1983. Guia prático para conhecimento e identificação de tainhas e paratis (Pisces, Mugilidae) do litoral brasileiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 2: 1-12.
- POERSCH, LH, MHS SANTOS, K MIRANDA-FILHO & W WASIELESKY JR. 2007. Efeito agudo do nitrato sobre alevinos da tainha *Mugil platanus* (pisces: Mugilidae). *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 33(2): 247-252.
- RAY, AJ, G SEABORN, JW LEFFLER, SB WILDE, A LAWSON & CL BROWDY. 2010a. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 310: 130-138.
- SAMPAIO, LA, W WASIELESKY JR. & KC MIRANDA-FILHO. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bull. of Environmental Contamination and Toxicology*, 68: 668-674.
- SILVA, AF. 2009. Influência da densidade de estocagem sobre o desempenho do camarão branco *Litopenaeus vannamei* durante a fase final de engorda em sistema super-intensivo. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande. 45p.
- SILVA, CF, E BALLESTER, J MONSERRAT, L GERACITANO, W WASIELESKY JR. & PC ABREU. 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquaculture Nutrition*, 14: 507-514.
- SOKAL, RR & FJ ROHLF. 1995. *Biometry*. 3<sup>rd</sup> edition. W. H. Freeman and Company: New York. 887p.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada. 2ed. Ottawa: Bulletin 167.
- THOMPSON, FL, PC ABREU & W WASIELESKY. 2002. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. *Aquaculture*, 203: 263-278.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring*. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and guides. Paris. 12p.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodik. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, 9: 1-38.
- VINATEA, L, AO GÁLVEZ, CL BROWDY, A STOKES, J VENERO, J HAVEMAN, BL LEWIS, A LAWSON, A SHULER, & JW LEFFLER. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering*, 42: 17-24.
- WASIELESKY JR., 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.
- WELSCHMEYER, NA. 1994. Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.*, 39: 1985-1992.

Submetido: 21/12/2011

Aceito: 15/02/2012