



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PESCA**

**NAYARA NUNES CALDINI**

**USO DE BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDA E SECA NA ALIMENTAÇÃO DA  
TILÁPIA DO NILO**

**FORTALEZA**

**2015**

NAYARA NUNES CALDINI

USO DE BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDA E SECA NA ALIMENTAÇÃO DA  
TILÁPIA DO NILO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C149u    Caldini, Nayara.  
      Uso de biomassa de bioflocos úmida e seca na alimentação de tilápia do Nilo / Nayara Caldini. – 2015.  
      52 f. : il.

      Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2015.  
      Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Aquicultura . 2. Oreochromis . 3. Qualidade de água. I. Título.

CDD 639.2

---

NAYARA NUNES CALDINI

USO DE BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDA E SECA NA ALIMENTAÇÃO DA  
TILÁPIA DO NILO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em 20/05/2015

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Lúcia Helena Sipaúba Tavares  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

---

Prof. Luís Alejandro Vinatea Arana  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

A minha mãe.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força espiritual, somente Ele é digno de toda honra.

A minha mãe, por ser minha grande inspiração de vida.

As minhas irmãs, por sempre acreditarem em meu potencial.

A Hermano Hertz, por sempre se mostrar solícito a me ajudar em todas as vezes em que precisei, solucionando os problemas que pareciam impossíveis, se mantendo firme ao meu lado mesmo nos meus dias mais difíceis. Sem ele, esse trabalho jamais teria se concretizado tão bem. Obrigada por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditava.

A Pedro Nogueira, por sempre ter feito muito mais do que o dever de um simples “vice-líder”, por me ajudar, apoiar e escutar todas as incontáveis vezes que precisei. Sua amizade é um dos maiores bens que levo do laboratório.

Aos meus companheiros de laboratório, em especial a Vanessa Tomaz e Davi de Holanda, sem os quais esse trabalho não poderia ter sido realizado com sucesso. Agradeço pelos ótimos momentos compartilhados em todos esses anos de convívio dentro e fora do LCTA.

A Natália Aragão, que está comigo, literalmente, desde o primeiro dia de aula e desde então se mantém ao meu lado, como minha amiga e confidente fiel. Sempre se mostrou presente e até hoje nunca mediu esforços para me ajudar no que eu precisasse.

Ao meu orientador, professor Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá pela paciência e dedicação para concretização dessa dissertação e por todo os ensinamentos compartilhados em todos esses anos de trabalho.

Aos membros da banca, Lúcia Helena Sipaúba e Alejandro Luís Vinatea Arana, pela disponibilidade de se deslocarem de seus estados para darem sugestões valiosas para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos professores do curso de Engenharia de Pesca, pelo conhecimento compartilhado ao longo destes anos. Cada um contribuiu de alguma forma para a conclusão deste trabalho e, conseqüentemente, para minha formação profissional.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

## RESUMO

O presente estudo foi constituído por dois experimentos completos e consecutivos. No primeiro, objetivou-se demonstrar a viabilidade técnica da tecnologia do tanque BFT (c/bioflocos) avulso no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, pelo monitoramento de variáveis de qualidade de água e de desempenho produtivo. Os peixes foram alimentados com diferentes combinações de alimento artificial (ração balanceada) e de alimento natural (biomassa de bioflocos). À medida que diminuía o aporte de ração aos tanques, aumentava o fornecimento de biomassa de bioflocos. A biomassa de bioflocos foi produzida em um tanque externo de 500 L, em separado do sistema de cultivo (tanque BFT avulso). Os tanques de cultivo que receberam aplicações diárias de bioflocos apresentaram concentrações de nitrito na água significativamente menores do que as observadas nos tanques nos quais a única fonte de alimentação dos peixes foi a ração comercial. Concluiu-se que é possível reduzir as taxas regulares de arraçoamento de juvenis de tilápia do Nilo, com rações artificiais, em 25%, sem prejuízo zootécnico, caso se forneça bioflocos úmidos aos animais cultivados, como suplemento alimentar, em igual proporção. O segundo experimento teve como objetivo determinar os efeitos do fornecimento de biomassa seca de bioflocos a juvenis de tilápia do Nilo, mantidos em tanques experimentais de cultivo por oito semanas, sobre variáveis selecionadas de qualidade de água, desempenho zootécnico e qualidade de efluentes. Os peixes foram alimentados com diferentes combinações de ração balanceada e biomassa de bioflocos, na forma úmida (*in natura*) ou seca. À medida o aporte de ração aos tanques foi menor, o fornecimento de biomassa de bioflocos foi proporcionalmente maior. A biomassa de bioflocos foi produzida em dois tanques avulsos de 500 L. O desempenho zootécnico dos peixes nos tanques que receberam a suplementação de biomassa seca de bioflocos ficou abaixo do observado nos tanques com biomassa úmida. Pela ausência de resultados positivos, concluiu-se que não há justificativa técnica para a secagem dos bioflocos bacterianos com o objetivo de fornecer a biomassa seca aos peixes cultivados.

**Palavras-chave:** Aquicultura. *Oreochomis*. Qualidade de água.

## ABSTRACT

This study consisted of two complete and following experiments. In the first one, the objective was to demonstrate the technical feasibility of the separate BFT (bioflocs) tank technology in juvenile cultivation of Nile tilapia, for monitoring variables of water quality and productive performance. Fish were fed on different combinations of artificial food (balanced diet) and natural food (bioflocs biomass). As the supply of artificial food decreased, the biomass supply of bioflocs increased. Bioflocs biomass was produced in one external 500-L tank, separately from the cultivation system (separate tank BFT). The tanks which received daily applications of bioflocs showed significantly lower nitrite concentrations than those observed in tanks in which the only source of fish feed was a commercial feed. It was concluded that it can be reduced the regular feeding rates of juvenile Nile tilapia, with artificial diets, by 25 %, without losses, if bioflocs is provided as a food supplement in equal proportion. The second experiment has aimed determine the effects of the provision of dried bioflocs biomass to Nile tilapia juveniles, stocked in experimental rearing tanks for 8 weeks, upon selected variables of water quality, growth performance and effluents quality. Fish was fed with different combinations of artificial diets and bioflocs biomass in the wet (*in natura*) and dried form. As the supply of artificial diet was decreased, the provision of bioflocs biomass was increased in the same proportion. The bioflocs biomass was produced in two extra 500-L tanks. The growth performance of fish that were partially fed with dried bioflocs biomass has remained below what was observed in the tanks supplied with the wet bioflocs biomass. Due to the lacking of positive results, there is not any rationale to dry the bacterial bioflocs aiming at their delivery to the cultured fish.

**Keywords:** Aquaculture. *Oreochromis*. Quality water.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Concentração de nitrito da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos .....	18
Figura 2 –	Taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos .....	22
Figura 3 –	Concentração de nitrito da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos secos e úmidos como suplementação alimentar .....	30
Figura 4 –	Concentração de nitrato na água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos bacterianos como suplemento alimentar .....	31
Figura 5 –	Peso corporal final de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos úmidos e secos como suplemento alimentar .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporção de ração artificial e de biomassa de bioflocos fornecida diariamente .....	12
Tabela 2 – Composição bromatológica da biomassa seca de bioflocos produzida no tanque BFT avulso (% na matéria seca) .....	13
Tabela 3 – Qualidade da água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos .....	16
Tabela 4 – Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos .....	20
Tabela 5 – Proporção de ração artificial e de biomassa de bioflocos fornecida diariamente aos peixes .....	26
Tabela 6 – Qualidade da água de tanques <i>indoor</i> de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa seca e úmida de bioflocos bacterianos .....	29
Tabela 7 – Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa úmida ou seca de bioflocos bacteriano .....	34
Tabela 8 – Qualidade dos efluentes de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo alimentados por oito semanas com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa de bioflocos bacterianos .....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Impactos ambientais da aquicultura</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Compostos nitrogenados liberado pela aquicultura</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Relação Carbono: Nitrogênio da água</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4</b>	<b>Tecnologia dos bioflocos para aquicultura</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5</b>	<b>Bioflocos como suplemento alimentar para aquicultura</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS GERAIS</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>“USO DE TANQUE AVULSO COM BIOFLOCOS NO CULTIVO DE JUVENIS DA TILÁPIA DO NILO”</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>“ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA DO NILO COM DIETA ARTIFICIAL E BIOMASSA SECA DE BIOFLOCOS”</b> .....	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## **1 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1 Impactos ambientais da aquicultura**

Segundo a FAO (2009), em 2050 a população mundial será de 9,1 bilhões de habitantes, sendo 34% maior do que a população atual. Este crescimento combinado com a crescente demanda por água impõe uma grande pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimento (HUNDLEY, 2013). A aquicultura vem assumindo uma importância cada vez maior em todo mundo, pois representa uma alternativa à exploração dos recursos naturais e se apresenta como o setor de produção alimentar que mais cresce no mundo, respondendo por cerca de 50% dos produtos pesqueiros mundiais destinados à alimentação humana (FAO, 2012).

Em 2010, a produção aquícola alcançou 60 milhões de toneladas (FAO 2012). No Brasil, a principal espécie cultivada é a tilápia do Nilo (KUBITZA *et al.*, 2012), alcançando uma produção de 155.450 toneladas em 2010 (MPA, 2013). Esta produção em massa de pescado pode aportar considerável quantidade de nutrientes aos corpos d'água, causando a eutrofização dos mesmos (CRAB *et al.*, 2007).

Os efluentes dos viveiros de peixes e camarões são ricos em nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. Ao serem lançados diretamente no corpo de água receptor, os efluentes de aquicultura podem causar sua eutrofização e, em consequência, deterioração, perda de biodiversidade e de biomassa aquática (LEFRANÇOIS *et al.*, 2010).

Os sistemas intensivos de produções aquícolas são capazes de produzir grandes quantidades de biomassa, porém para que isso seja possível, faz-se necessário o uso de grandes quantidades de rações, onde somente de 20 a 30% do N e P presentes nas mesmas é retido na biomassa dos peixes. A parte desperdiçada é eliminada na água gerando um grande acúmulo de matéria orgânica assim como de nitrogênio amoniacal, fazendo-se necessário a realização de várias trocas de água durante o cultivo (AVNIMELECH, 2006).

### **1.2 Compostos nitrogenados liberados pela aquicultura**

Os peixes e camarões excretam amônia, a qual pode se acumular nos viveiros. A principal fonte de amônia dos cultivos é a proteína animal ofertada na ração, uma vez que os animais aquáticos dependem de uma grande quantidade de proteínas para o seu

desenvolvimento. Em viveiros, a amônia é oxidada por espécies de bactérias até nitrito e nitrato. Ao contrário do dióxido de carbono que é liberado para o ar por difusão ou aeração forçada, não existe um mecanismo eficaz para liberar os metabólitos nitrogenados para fora da lagoa. Há, então, uma necessidade de desenvolver métodos para remover esses compostos do cultivo (AVNIMELECH, 1999).

Uma característica intrínseca dos sistemas de aquicultura intensiva é o acúmulo de nitrogênio inorgânico na água. O alimento fornecido aos peixes e camarões contém altos níveis de proteína (20 a 55%). Aproximadamente 70 a 75% do nitrogênio da proteína da ração é liberado na água, seja como restos de ração ou como produto da excreção dos animais. Esse nitrogênio orgânico, após sua decomposição, se dissolve na água como Nitrogênio Amoniacal Total (NAT). O equilíbrio entre a forma não ionizada  $\text{NH}_3$  (tóxica) e a ionizada  $\text{NH}_4$  (não-tóxica) depende do pH, da salinidade e da temperatura. A amônia tóxica é letal para a maioria dos organismos e mesmo em baixas concentrações pode retardar o crescimento dos animais (BROWDY; RAY; LEFFLER; AVNIMELECH, 2012).

O metabolismo dos compostos nitrogenados tóxicos aos peixes é realizado por uma diversidade de microrganismos, porém as bactérias heterotróficas apresentam maior importância no sistema de bioflocos, sendo as nitrificantes autotróficas responsáveis pelo processo de nitrificação. Esse processo é dividido em duas etapas, sendo a primeira responsável pela oxidação biológica da amônia em nitrito e, em seguida, do nitrito em nitrato (HARGREAVES, 2006).

### **1.3 Relação Carbono: Nitrogênio da água**

Quando a relação carbono: nitrogênio da água é elevada, os resíduos nitrogenados são convertidos em biomassa microbiana. Com a adição de carbono na água, o crescimento bacteriano é estimulado, sendo iniciada a absorção de nitrogênio através da produção de proteína bacteriana. Essa absorção é promovida pelo crescimento das bactérias que diminuem a concentração da amônia mais rapidamente do que a nitrificação, uma vez que a taxa de crescimento e produção microbiana heterotrófica é 10 vezes maior do que a das bactérias nitrificantes (CRAB *et al*, 2007).

A relação C:N da maior parte dos alimentos utilizados nos tanques de aquicultura é de cerca de 10:1 ou menor. Entretanto, as bactérias heterotróficas necessitam de 15 - 20 unidades de carbono por unidade nitrogênio assimilado (AVNIMELECH, 1999). A relação C:N dos viveiros pode ser aumentada pela adição de uma fonte de carbono, tal como o melaço e o

amido de tapioca. A manipulação da relação C:N pode resultar numa mudança de um sistema autotrófico para um heterotrófico (BROWDY *et al*, 2001). A população de bactérias heterotróficas além de retirar o nitrogênio da água, pode ser utilizado como uma fonte de alimento para os organismos aquáticos cultivados (ASADUZZAMAN *et al*, 2010).

Azim *et al* (2008) realizaram um experimento de 8 semanas para investigar a possibilidade de produção microbiana proteica em tanques *indoor* de 250 L através da manipulação da relação C:N na alimentação aplicada aos peixes. Foram ofertadas rações com dois níveis de proteínas (35% e 22% de proteína), resultando em uma relação de C:N de 8,4 e 11,6 respectivamente. Os tanques foram aerados e agitados continuamente. O desenvolvimento dos bioflocos foi melhor nos tanques alimentados com baixa proteína do que nos com alta proteína, apresentando mais de 50% de proteína bruta, 2,5% de lipídios, 4% de fibra e 7% de cinzas. A composição dietética e o tamanho do bioflocos podem ser considerados como apropriados para os peixes onívoros.

Asaduzzaman *et al* (2010) realizaram um experimento para investigar o efeito de três relações C/N (10/1; 15/1; 20/1), juntamente com a presença ou ausência de comunidades naturais de alimento para o cultivo de camarões de água doce. A ração apresentava 30% de proteína bruta e foi aplicado amido de tapioca para aumentar a relação C/N. Como substrato foram utilizados brotos laterais do bambu colocados verticalmente nos viveiros. O aumento da relação C/N de 10 a 20 aumentou significativamente o biovolume de fitoplâncton, crustáceos e rotíferos na coluna d'água em 15%, 6% e 11%, respectivamente. O aumento da relação C/N de 10 a 20 aumentou o biovolume de bactérias heterotróficas em 70%. O estudo mostrou que as comunidades de plâncton, perifíton e floco microbiano foram subutilizadas no tratamento CN20.

#### **1.4 Tecnologia dos bioflocos para aquicultura**

Com o crescimento da população humana, há uma necessidade de expansão nas indústrias de alimentos, tais como a aquicultura. Contudo, a fim de preservar o meio ambiente e os recursos naturais, essa expansão deve ocorrer de forma sustentável. A tecnologia dos bioflocos é uma técnica utilizada para melhorar a qualidade de água na aquicultura, equilibrando o carbono e o nitrogênio no sistema. Essa tecnologia ganhou atenção como sendo um método sustentável de controlar a qualidade de água, com o valor agregado de produção de alimento *in situ*. Com a tecnologia de bioflocos, torna-se possível minimizar a troca de água em sistemas de aquicultura, mantendo-se a qualidade da água (CRAB *et al*, 2012).

A tecnologia de bioflocos consiste na retenção de resíduos e sua conversão em alimento natural dentro do sistema de cultivo. Isso ocorre devido a constante aeração, agitação da água e aplicação de fontes de carbono à água de cultivo, fatores que favorecem a decomposição aeróbica e mantém concentrações de bactérias benéficas ao cultivo (HARGREAVES, 2006). O fornecimento de aeração constante é importante, tanto para agitação da água como para manutenção de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido na água. Com o aumento da comunidade bacteriana, o consumo de oxigênio dissolvido também aumenta. A adição de fontes de carbono para ajustar a relação C: N aumenta a conversão de nitrogênio em biomassa bacteriana (FROES *et al.*, 2012).

A expansão da produção aquícola é restrita devido à pressão que provoca no meio ambiente, a descarga de resíduos nos corpos d'água e por sua dependência do óleo e da farinha de peixe. A tecnologia de bioflocos oferece uma solução para ambos os problemas, uma vez que ela combina a remoção de nutrientes da água com a produção de biomassa microbiana que pode ser utilizada como fonte de alimento adicional. Compreender os princípios da biofloculação é essencial para a prática ideal da tecnologia e fatores como a concentração de oxigênio dissolvido, a escolha da fonte de carbono orgânico e da carga orgânica, influenciam diretamente no crescimento dos flocos (SCHRYVER *et al.*, 2008).

Schweitzer *et al* (2013) afirmaram que em taxas de troca zero, os sistemas superintensivos acumulam partículas floculadas (bioflocos) na coluna d'água, logo um controle sobre a concentração dessas partículas deve ser realizado. Foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de três concentrações de bioflocos sobre a atividade microbiana, os indicadores de qualidade de água e o desempenho zootécnico do *Litopenaeus vannamei*. Os níveis de bioflocos foram expressos como três predefinições de Sólidos Suspensos Totais (SST), como segue: 200 mg/L (T200), 400 – 600 mg/L (T400 – 600) e 800 – 1000 mg/L (T800 – 1000). A redução dos SST até 200 mg/L reduziu significativamente a taxa de nitrificação, apresentando uma maior concentração de amônia e nitrito. A menor taxa de sobrevivência foi observada no T800 – 1000 e uma análise das brânquias indicaram que os camarões apresentaram intolerância ao SST maior do que 800 mg/L. Os níveis intermediários de SST (400 – 600 mg/L) mostraram melhores resultados para o *Litopenaeus vannamei*.

Os parâmetros físico-químicos da água, taxa de sobrevivência, crescimento e composição corporal do camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) foram monitorados e avaliados por seis meses em dois sistemas de criação de viveiro: bioflocos e o cultivo tradicional. O estudo foi realizado em um sistema *indoor*, onde em quatro tanques de 20 m<sup>3</sup> foram estocados 37 camarões/m<sup>2</sup>, sendo os animais alimentados duas vezes por dia. Os

parâmetros de qualidade de água (pH, temperatura, amônia, nitrito, nitrato, oxigênio e turbidez) foram semelhantes entre os dois cultivos, bem como a taxa de sobrevivência. O peso corporal final foi significativamente maior no sistema de bioflocos. O conteúdo dos camarões capturados (proteína e lipídios) foi significativamente maior no sistema de bioflocos, o que foi atribuído a contribuição nutricional do bioflocos (PERÉZ-FUENTES; PÉREZ-ROSTRO; HERNÁNDEZ-VERGARA, 2013).

Zhao *et al* (2012) realizaram um experimento de 106 dias para investigar a eficácia da tecnologia de bioflocos para a manutenção da qualidade de água, suplementação alimentar e inibição de patógenos no sistema de produção de *Marsupenaeus japonicus*. O experimento apresentava dois tratamentos: um com sistema de bioflocos e um grupo controle. A sacarose foi adicionada à água dos viveiros com base na quantidade diária de ração. O monitoramento indicou que as concentrações de amônia e nitrito foram, significativamente, menores no sistema de bioflocos. O sistema de bioflocos resultou em uma produção de camarão 41,6% maior do que o grupo controle, além uma taxa de eficiência proteica 12% maior e um FCA 7,22% menor do que o grupo controle.

Um cultivo multi-trófico na aquicultura (IMTA) é uma estratégia ecológica e econômica que minimiza os resíduos do sistema, reduz o risco de doenças e fornece uma fonte de renda adicional. Um estudo foi realizado para avaliar os efeitos da adição de amido de milho sobre a produção de bioflocos e o retorno econômico em um sistema IMTA com *Litopenaeus vannamei*, *Scatophagus argus* e *Ipomea aquatic*. Havia 4 tratamentos, sendo T1 com monocultura de *Litopenaeus vannamei* e sem adição de amido; T2 com policultura e sem adição de amido e T3 e T4 com policultura e adição de amido. As maiores sobrevivências foram no T3 e T4, tendo o T3 o maior rendimento do camarão e desempenho econômico. Os níveis de nitrito e NAT foram menores no T3 e T4. A adição de amido no sistema de bioflocos com IMTA de camarão ocasionou uma melhoria na produtividade e rentabilidade para as espécies estudadas (LIU; HU; DAI; AVNIMELECH, 2014).

Segundo Ray *et al* (2011) o controle na concentração dos bioflocos pode fornecer grandes benefícios na produção. Afim de ajudar a refinar o grau de controle dos flocos microbianos foi realizado um estudo que avaliou dois níveis de bioflocos na qualidade da água e na produção do camarão (*Litopenaeus vannamei*). Foram utilizados oito *raceways* de 50 m<sup>3</sup> para estocar 250 camarões/m<sup>3</sup>. Os dois tratamentos consistiam em alta quantidade de sólidos suspensos totais (THS) e baixa quantidade de sólidos suspensos totais (TLS). Não houve diferença significativa entre os tratamentos para qualidade de água, com exceção do nitrato que

apresentou uma menor concentração no THS, nem no desempenho zootécnico. No entanto o camarão do tratamento TLS cresceu a uma taxa significativamente maior.

### **1.5 Bioflocos como suplemento alimentar para aquicultura**

Segundo Avnimelech (2009), o cultivo de bioflocos oferece diversas vantagens como a redução na emissão de efluentes poluídos, a possibilidade do uso de rações comerciais com nível de proteína reduzido e a possibilidade de utilizar elevadas densidades de estocagem em menores áreas de cultivo. Isto se deve a formação de uma biota microbiana que assimila os compostos nitrogenados e que também podem servir como suplemento alimentar para os animais cultivados.

Segundo Wasielesky *et al* (2006), os resíduos da alimentação dos organismos aquáticos são as principais fontes de nitrogênio utilizadas para a formação de agregados microbianos, vindo a ser uma fonte de nutrientes aos animais cultivados. Os bioflocos podem apresentar até 30% de proteína, porém o cultivo sem a oferta de ração se torna inadequado para sustentar o crescimento normal do camarão. O ideal seria a combinação do alimento comercial com os bioflocos, aumentando significativamente as taxas de crescimento e ganho em peso, reduzindo o fator de conversão alimentar.

De acordo com Chaberlain *et al.* (2001), quando existe uma abundância de alimento natural no sistema de cultivo, a utilização de dietas com níveis elevados de proteína é desnecessária. A presença do bioflocos rico em proteína pode reduzir os níveis de proteína nas rações, podendo ocasionar uma diminuição nos custos com alimentação, o que representa mais de 50% das despesas totais de produção

Xu e Pan (2012) realizaram um experimento de 30 dias para investigar os efeitos dos bioflocos no desempenho produtivo, na alimentação, na atividade enzimática e na composição do corpo de juvenis de *Litopenaeus vannamei*. Havia dois tratamentos com bioflocos, CN 15 (relação C/N 15:1) e CN 20 (relação C/N 20:1) e um grupo controle com troca de água e sem ajuste da relação C/N. Foi utilizado a sacarose como fonte de carbono. Os parâmetros de qualidade de água se mantiveram dentro dos limites aceitáveis para os camarões. O crescimento (peso final, ganho em peso e taxa de crescimento específico) dos camarões foi significativamente melhor nos tratamentos com bioflocos. Os bioflocos podem melhorar o desempenho do camarão por serem uma fonte de alimentação suplementar e melhorar a digestão e utilização dos alimentos artificiais.

Kuhn *et al* (2009) realizaram um estudo de 35 dias, onde os bioflocos foram produzidos em reatores, usando-se efluente de tilápia e açúcar como meio de crescimento. Foi determinado que 1 kg de floco microbiano pode ser produzido por 1,49 kg de sacarose. Estes flocos foram testados como um ingrediente na alimentação de camarão. Duas dietas controles (ausência de bioflocos) foram comparadas com três dietas experimentais (presença de bioflocos). Os camarões alimentados com as dietas experimentais superaram aqueles alimentados com as dietas controle em termos de ganho em peso por semana, sem haver diferenças significativas na sobrevivência. Com isso, os flocos microbianos poderiam oferecer uma alternativa alimentar para a indústria de camarão.

Um experimento de 28 dias foi realizado para investigar os efeitos da substituição parcial e total da farinha de peixe por farinha de flocos microbianos e concentrado de proteína de soja, na ração de juvenis de *Litopenaeus vannamei*. O desempenho zootécnico do camarão não foi significativamente diferente entre as dietas, sugerindo que a farinha de peixe pode ser totalmente substituída pela farinha de bioflocos e pelo concentrado proteico de soja (BAUER *et al*, 2012).

Um experimento de 7 semanas foi realizado para investigar a contribuição de bioflocos sobre a nutrição proteica de juvenis de *Litopenaeus vannamei*. Havia quatro tratamentos com bioflocos, onde os animais foram alimentados com 20% de PB (BFT 20%), 25% de PB (BFT 25%), 30% de PB (BFT 30%) e 35% PB (BFT 35%) e um grupo controle sem bioflocos com 35% PB. Foi adicionando açúcar mascavo para formação dos bioflocos. Os tratamentos BFT 30% e BFT 35% apresentaram melhores taxas de peso final, ganho em peso e taxa de crescimento específico. Os resultados mostraram que os juvenis criados em tanques com bioflocos podem ter o nível de proteína da dieta reduzido para 25% sem afetar o crescimento do camarão (XU; PAN; ZHAO; HAUNG, 2012).

Luo *et al* (2014) realizaram um experimento para comparar o crescimento, a atividade digestiva, o bem-estar e a relação custo-benefício de tilápias, geneticamente melhoradas, cultivadas em sistema de recirculação (RAS) e em sistema interno de bioflocos (BFT). A densidade de estocagem inicial foi de 8,06 kg/m<sup>3</sup> em todos os tanques, sendo obtido ao final 44,95 kg/m<sup>3</sup> nos tanques BFT e 36,87 kg/m<sup>3</sup> nos tanques RAS. O peso individual final, o ganho de peso total e a taxa de crescimento específico foram maiores no sistema BFT do que no sistema RAS. Não houve diferença significativa entre a proteína bruta e o lipídio contidos no músculo dos peixes cultivados nos dois sistemas. A análise parcial do custo-benefício dos sistemas nas condições experimentais mostrou que o sistema BFT é mais eficiente do que o sistema de recirculação no cultivo de tilápia.

Azim e Little (2008) avaliaram a tecnologia dos bioflocos (BFT) em tanques de cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O experimento apresentou dois tratamentos com bioflocos e um controle, onde foram usados tanques internos de 250 L. Os tratamentos com bioflocos consistiam em concentrações diferentes de proteína bruta (PB) da ração, sendo um tratamento com 35% PB e o outro com 24% PB, o controle não apresentava bioflocos, e concentração de proteína bruta da ração de 35%. A qualidade nutricional dos bioflocos foi adequada para a tilápia, uma vez que os tratamentos com bioflocos obtiveram um crescimento 45% a mais do que o controle.

Avnimelech (2007) avaliou o consumo de flocos microbianos pela tilápia de Moçambique. Os peixes de 107 g foram estocados em tanques de 1 m<sup>3</sup>, em elevada densidade populacional e troca zero de água. Os peixes foram mantidos nos tanques por duas semanas, não sendo alimentados durante a semana final, sendo os flocos bacterianos a única fonte de alimentação nessa última semana. O volume dos bioflocos, a concentração de sólidos suspensos totais, bem como de carbono total e de nitrogênio na matéria em suspensão na água foram monitorados nesse trabalho. O autor concluiu que os flocos bacterianos desenvolvidos na tecnologia de bioflocos apresentam um grande potencial como fonte de alimento para tilápia e possivelmente para outros peixes.

Um estudo de 60 dias foi realizado para investigar o efeito da suplementação dietética de bioflocos sobre o desempenho e a atividade de enzimas digestivas em juvenis de *Penaeus monodon*. Níveis graduais de bioflocos secos foram incluídos nas dietas basais do camarão: 0 (B0), 4 (B4), 8 (B8) e 12% (B12). Os bioflocos secos continham 24,3% PB. O peso corporal final dos camarões dos tratamentos B4 e B8 foram significativamente maiores, em comparação com o observado em B0. Os camarões do tratamento B4 apresentaram uma maior atividade de enzimas digestivas para amilase, celulase, lipase e protease. Foi concluído que a suplementação de 4% de bioflocos secos na ração aumenta o crescimento e atividade de enzimas digestivas do camarão *Penaeus monodon* (ANAND *et al*, 2014).

Ballester *et al* (2010) realizaram um experimento onde juvenis de *Farfantepenaeus paulensis* foram criados em um sistema com bioflocos e alimentados com dietas contendo quantidades crescentes de proteína bruta (250, 300, 400, 450 g/kg). O desenvolvimento do floco microbiano foi promovido por altas taxas de aeração e adição de farelo de trigo e melaço à água de cultivo. Após 45 dias, a sobrevivência média dos camarões cultivados estava acima de 89%, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Os resultados mostraram que, em sistemas de bioflocos, os níveis de PB na dieta, para cultivo dessa espécie de camarão, podem ser mantidos em 350 g/kg.

## 2 OBJETIVOS GERAIS

1. Demonstrar a viabilidade técnica do uso da tecnologia de um tanque avulso com bioflocos para a suplementação alimentar no cultivo de tilápia do Nilo;
2. Determinar os efeitos do fornecimento de biomassa seca de bioflocos bacterianos a juvenis de tilápia do Nilo.

## 3 USO DE TANQUE AVULSO COM BIOFLOCOS NO CULTIVO DE JUVENIS DA TILÁPIA DO NILO

Use of a separate bioflocs tank on Nile tilapia culture

**RESUMO** - O presente trabalho teve por objetivo demonstrar a viabilidade técnica da tecnologia do tanque BFT avulso no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, pelo monitoramento de variáveis de qualidade de água e de desempenho produtivo. Os peixes foram alimentados com diferentes combinações de alimento artificial (ração balanceada) e de alimento natural (biomassa de bioflocos). À medida que diminuía o aporte de ração aos tanques, aumentava o fornecimento de biomassa de bioflocos. A biomassa de bioflocos foi produzida em um tanque externo de 500 L, em separado do sistema de cultivo (tanque BFT avulso), sendo feito o ajuste diário da relação C: N da água para 15:1, pela aplicação de melação de cana em pó à água, nesse tanque. Os tanques de cultivo que receberam aplicações diárias de bioflocos apresentaram concentrações de nitrito na água significativamente menores do que as observadas nos tanques nos quais a única fonte de alimentação dos peixes foi a ração comercial. É possível reduzir as taxas regulares de arraçamento de juvenis de tilápia do Nilo, com rações artificiais, em 25%, sem prejuízo zootécnico, caso se forneça bioflocos úmidos aos animais cultivados, como suplemento alimentar, em igual proporção.

**Palavras-chave:** Aquicultura. *Oreochromis*. Qualidade de água.

**ABSTRACT** - This study aimed to demonstrate the technical feasibility of separate BFT tank technology in juvenile cultivation of Nile tilapia, for monitoring quality variables of water and productive performance. The fish were fed different combinations of artificial food (balanced diet) and natural food (bioflocs biomass). As the supply of food decreased the tanks increased the biomass supply bioflocs. Bioflocs biomass was produced in an external tank 500 L, separately from the cultivation system (separate tank BFT) being made daily adjustment of the C: N ratio of the water to 15:1 by applying the molasses water in this tank. The tanks which received daily applications of bioflocs showed significantly lower nitrite concentrations than

those observed in tanks in which the only source of fish feed was a commercial feed. You can reduce the regular feeding rates of juvenile Nile tilapia, with artificial diets, 25 %, without losses, if bioflocs to provide wet grown animals, as a food supplement, in equal proportion .

**Key words:** Aquaculture. *Oreochromis*. Water quality.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, há grande interesse pelo sistema superintensivo de cultivo de peixes e camarões em bioflocos (sistema BFT). O sistema BFT alia duas realidades tidas anteriormente como incompatíveis: alta produtividade de pescado com sustentabilidade ambiental (CRAB *et al.*, 2012). No sistema BFT, a água de cultivo é tratada dentro das próprias unidades produtivas, não havendo a necessidade de trocas de água. Com isso, o impacto ambiental é mínimo ou mesmo nenhum. Além disso, o fato de não haver a entrada de água nova nos tanques de cultivo aumenta a biossegurança dos animais cultivados, diminuindo o risco de surtos de doenças infecciosas (AVNIMELECH, 2009).

Através da correção da relação C: N da água, associada ao fornecimento de intensa aeração mecânica aos tanques de cultivo, propicia-se o desenvolvimento de imensa comunidade microbiana na coluna d'água que cresce removendo nutrientes do meio, em especial amônia. Com isso, há a purificação da água de cultivo a partir do trabalho de imobilização de nutrientes realizado pelas bactérias (LOU *et al.*, 2014). Os bioflocos que se desenvolvem na água de cultivo controlam não somente a acumulação de metabólitos no meio de cultivo, mas podem ser utilizados, ainda, como fonte alimentar pelos animais cultivados (XU *et al.*, 2012). Havendo a ingestão de bioflocos pelos animais, é possível se reduzir os níveis de proteína das rações comerciais, com conseqüente diminuição nos custos com alimentação (AVNIMELECH, 2007).

Embora os bioflocos possam conter até 30% de proteína na sua constituição, o cultivo intensivo de peixes e camarões exclusivamente à base de bioflocos tem-se mostrado inadequado do ponto de vista zootécnico (JATOBÁ *et al.*, 2014). A estratégia ideal seria a combinação da oferta do alimento artificial (rações) com do alimento natural (bioflocos) para obtenção de melhores taxas de crescimento e ganho em peso animal (ANAND *et al.*, 2014).

Apesar de seus benefícios, um dos grandes obstáculos para o uso em larga escala da tecnologia de produção de peixes através do sistema BFT de cultivo é o alto investimento necessário para iniciar o empreendimento. São exigidos consideráveis dispêndios de capital na compra de aeradores e de mantas de revestimento para fazer a conversão de viveiros convencionais (cultivo autotrófico; águas verdes) para viveiros BFT (cultivo heterotrófico;

águas marrons ou café) (CRAB *et al.*, 2012). Além disso, há receio em se gastar grandes somas com novas tecnologias, sem ter a convicção de que os resultados econômicos serão favoráveis (AVNIMELECH, 2009).

Uma alternativa de menor custo para o uso em larga escala da tecnologia BFT na criação de peixes, mas ainda sem demonstração de viabilidade técnica, é o uso de tanque avulso na produção dos bioflocos. O tanque BFT avulso é uma unidade em separado do sistema de cultivo dos peixes, destinada exclusivamente à produção de bioflocos. Nesse caso, seria possível diminuir os custos operacionais do sistema convencional de cultivo BFT por se utilizar um único viveiro ou tanque na produção de bioflocos. Esses bioflocos autóctones são ofertados aos animais cultivados, servindo como suplemento alimentar e atuando como biofiltro.

O presente trabalho teve por objetivo demonstrar a viabilidade técnica da tecnologia do tanque BFT avulso no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), pelo monitoramento de variáveis de qualidade de água e de desempenho zootécnico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com peso corporal entre 1 – 2 g foram obtidos junto a fazenda Bom Princípio (Guaíba – Ceará) e transportados até as instalações do LCTA – Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (Fortaleza – Ceará). Inicialmente, os peixes foram mantidos por quatro dias em um tanque circular de 1000 L, servido por aeração constante, para aclimação às condições laboratoriais. Nessa fase, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (8, 11, 14 e 17 h) com ração comercial balanceada farelada para peixes tropicais onívoros, contendo 49,4% de proteína bruta, na taxa de 5% do peso vivo/dia.

O experimento foi realizado no sistema *indoor* (águas claras) do laboratório, em 30 tanques circulares de polietileno de 100 L, que foram estocados com 3 peixes/tanque (peso inicial de 1,77 g  $\pm$  0,05 g). O estudo teve a duração de 8 semanas. Havia o fornecimento de aeração mecânica constante a todos os tanques. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia, inicialmente com ração comercial farelada (Pirá Alevino 55: 55% de proteína bruta; 7,0 % de extrato etéreo; 17% de matéria seca; 2,8% de matéria fibrosa) em seguida, com ração comercial peletizada de 1.0 mm (Pirá Mirim: 45% de proteína bruta; 8,0 % de extrato etéreo; 17% de matéria seca; 2,8% de matéria fibrosa) e, ao final, com a ração peletizada com granulometria entre 2 – 4 mm (Pirá 40: 40% de proteína bruta; 8,0 % de extrato etéreo; 12% de matéria seca; 6,0% de matéria fibrosa). Os horários das refeições foram as 8, 12 e 16 h. Não houve troca de água nos tanques de cultivo durante todo o período experimental, apenas a reposição de água para manutenção do nível inicial.

Os peixes foram alimentados com diferentes combinações de alimento artificial (ração balanceada) e de alimento natural (biomassa de bioflocos). À medida que diminuía o aporte de ração aos tanques, aumentava o fornecimento de biomassa de bioflocos.

Nos tanques do tratamento 1, os peixes receberam exclusivamente ração balanceada, não havendo a suplementação com biomassa de bioflocos (100% de ração). Nos tanques do tratamento 5, os peixes foram alimentados exclusivamente com biomassa de bioflocos, não havendo o fornecimento de ração balanceada aos mesmos (100% bioflocos). Nos tanques dos tratamentos experimentais 2, 3 e 4, houve o fornecimento tanto de ração balanceada como de biomassa de bioflocos aos peixes cultivados, em diferentes proporções. Já nos tanques dos tratamentos 6, 7 e 8, houve o fornecimento apenas de ração nas mesmas proporções dos tratamentos 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1** – Proporção de ração artificial e de biomassa de bioflocos fornecida diariamente

Tratamento	Ração (%)	Bioflocos (%)
100R	100	0
75R+25BF	75	25
50R+50BF	50	50
25R+75BF	25	75
100BF	0	100
75R	75	0
50R	50	0
25R	25	0

A biomassa de bioflocos foi produzida em um tanque externo de 500 L, em separado do sistema de cultivo (tanque BFT avulso). O tanque BFT avulso foi provido de aeração constante, com um soprador e pedras porosas, e movimentação intensas da água de forma ininterrupta, através do trabalho de uma bomba submersa com capacidade de 2000L/h, que recirculava a água dentro do tanque. No tanque BFT avulso, foram estocados 60 juvenis de tilápia com peso corporal em torno de 50 g, sendo os animais alimentados com ração comercial peletizada de 2 – 4 mm e 35,9% PB até o final do experimento, na taxa diária de 3,5% da biomassa total.

No tanque BFT avulso, foi feito o ajuste diário da relação C: N da água para 15:1, pela aplicação de melão em pó à água, segundo a fórmula apresentada por Avnimelech (1999). Para avaliação do desenvolvimento dos bioflocos na água, foi feita a determinação de sólidos sedimentáveis com o auxílio de cones de *Imhoff*, três vezes por semana. Havia a suspensão temporária na aplicação de melão ao tanque BFT avulso quando a concentração de oxigênio dissolvido na água caía abaixo de 5 mg/L.

Diariamente, antes da primeira refeição, uma amostra de água de 1000 mL foi coletada do tanque BFT avulso, sendo filtrada em malha de 40  $\mu\text{m}$  para a retenção da biomassa úmida de bioflocos. A biomassa úmida de bioflocos foi pesada em balança de precisão para posterior cálculo da densidade de bioflocos úmidos em  $\text{g L}^{-1}$ . Estimou-se que havia 10% de matéria seca na biomassa úmida de bioflocos. Em seguida, foi feito o cálculo do volume de bioflocos úmidos a ser aplicado em cada tanque de cultivo, em função do tratamento experimental, da taxa alimentar empregada (as taxas alimentares variaram de 12,8%, para peso corporal médio de 1,5 g, até 4,5%, para peso corporal médio de 25 g) e da densidade de bioflocos observada no tanque BFT avulso. Se, por exemplo, o peso corporal médio dos peixes em determinado tanque foi de 3,3 g (biomassa total de 10 g e três indivíduos), o tanque pertencia ao tratamento 3 (50% ração + 50% biomassa de bioflocos) e a densidade de bioflocos úmidos no tanque BFT avulso foi de  $1 \text{ g L}^{-1}$ , procedia-se aos seguintes cálculos para obtenção do volume de bioflocos úmidos que deveria ser aplicado àquele tanque, naquele dia: 1 – a taxa de arraçoamento diária para o peso corporal de 3,3 g foi de 6,3%. Como a biomassa de peixe estocada no tanque foi de 10 g, deveria ser fornecido 0,63 g de alimento ao tanque; 2 – como se tratava de um tanque do tratamento 3 (50% ração + 50% biomassa de bioflocos), haveria o fornecimento de 0,315 g de ração artificial e de 0,315 g de biomassa seca de bioflocos; 3 – como o percentual estimado de matéria seca nos bioflocos úmidos foi de 10%, dividia-se  $0,315 \text{ g}/0,1$  para se obter o correspondente valor de bioflocos úmidos, em gramas. No nosso exemplo, 3,15 g; 4 – como a densidade de bioflocos úmidos para aquele dia foi de  $1 \text{ g L}^{-1}$ , calculávamos que deveriam ser aplicados 3,15 L de bioflocos úmidos ao tanque em questão.

Uma amostra de biomassa de bioflocos, seca em estufa a  $100^{\circ}\text{C}$  por 12 horas, foi enviada ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC (Fortaleza – Ceará) para determinação de sua composição centesimal (Tabela 2).

**Tabela 2** – Composição bromatológica da biomassa seca de bioflocos produzida no tanque BFT avulso (% na matéria seca)

Análise	%
Proteína bruta	23,54
Extrato etéreo	3,46
Resíduo mineral	33,83
Fibra em detergente ácido	4,77
Fibra em detergente neutro	33,38

O pH, a temperatura e a condutividade elétrica da água de cultivo foram determinados duas vezes na semana, tanto pela manhã como tarde, com o auxílio de medidor de pH mPA210

(MS Tecnopon®), termômetro e condutivímetro CD-850, respectivamente. Semanalmente, foram determinadas as concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT – método do Indofenol), nitrito (espectrofotometria a 543 nm) e o oxigênio dissolvido (Oxímetro 55 – YSI); quinzenalmente, foram realizadas determinações de CO<sub>2</sub> livre (titulação com solução-padrão de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), alcalinidade total (titulação com solução-padrão de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dureza total (titulação com solução-padrão de EDTA), fósforo reativo (espectrofotometria a 690 nm) e sulfeto dissolvido total (titulação com solução-padrão de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). A partir dos resultados de NAT e sulfeto dissolvido total, calculavam-se as concentrações de NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S de acordo com El-Shafai *et al.* (2004) e Boyd e Tucker (2000). As determinações de qualidade de água foram realizadas de acordo com as orientações da APHA (1999). As variáveis de desempenho zootécnico observadas no presente trabalho foram as seguintes: sobrevivência, peso corporal final, taxa de crescimento específico ( $TCE = [(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / n^\circ \text{ de dias de cultivo}] \times 100$ ), produtividade de pescado, fator de conversão alimentar (FCA = ração fornecida (g)/ganho em peso (g)) e taxa de eficiência proteica (TEP = ganho em peso (g)/proteína bruta fornecida (g)). Quinzenalmente, foram realizadas biometrias dos peixes para o ajuste da quantidade de ração e de bioflocos fornecidos em cada tanque.

As variáveis de qualidade de água e de desempenho zootécnico foram analisadas pela ANOVA unifatorial. O teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias duas a duas, quando havia diferença significativa entre os tratamentos. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares BioStat 5.0 e Excel 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Qualidade de água

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o pH da água e as concentrações de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal total (NAT) e NH<sub>3</sub>.

Uma característica intrínseca dos sistemas intensivos de piscicultura é a rápida acumulação de compostos nitrogenados na água, uma vez que os peixes retêm apenas de 20 a 30% do nitrogênio orgânico fornecido através das rações (AVNIMELECH, 2007). A baixa densidade de estocagem de peixes empregada no presente trabalho ( $17,7 \pm 2,8 \text{ g m}^{-3}$ ) não favoreceu o acúmulo de NAT na água de cultivo. Além disso, como havia aeração constante da água, parte da amônia foi transformada em nitrito pelas bactérias *Nitrosomonas*. Daí as baixas concentrações de NAT observadas em todos os tanques. Contudo, esperava-se observar concentrações de amônia ainda menores nos tanques que receberam aplicações de bioflocos, tendo em vista que diversos trabalhos ressaltam que os bioflocos são eficazes na eliminação do

NAT da água de cultivo (AVNIMELECH, 2007; CRAB *et al*, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; SCHRYVER *et al*, 2008).

Uma possível explicação para essa falta de diferença nos resultados de NAT é a origem dos bioflocos. Enquanto que nos trabalhos citados anteriormente foram utilizados bioflocos autóctones, ou seja, desenvolvidos dentro do próprio tanque de cultivo, no presente experimento foram utilizados bioflocos alóctones, ou seja, produzidos em tanque avulso. Esses resultados sugerem que os bioflocos alóctones têm menor eficiência na remoção de amônia da água que os bioflocos autóctones.

Houve tendência de aumento da alcalinidade total da água com a diminuição na oferta de ração aos peixes. O intenso trabalho de decomposição da matéria orgânica presente nos tanques de cultivo (ração não consumida e fezes) libera CO<sub>2</sub> livre para água. O CO<sub>2</sub> livre reage com a água e forma ácido carbônico que acidifica o meio e consome a alcalinidade total da água (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Além disso, observou-se que a alcalinidade total da água dos tanques que receberam apenas bioflocos (100BF) foi significativamente maior do que a alcalinidade dos tanques que receberam apenas ração artificial (100R; Tabela 1). Portanto, o uso de alimento inerte (ração) ou alimento vivo (bioflocos úmidos) afetou de modo diferenciado a qualidade da água de cultivo. Esses resultados indicam que a aplicação de bioflocos úmidos aos tanques de cultivo tem menor impacto sobre a qualidade da água que o fornecimento de rações artificiais. Como no tratamento 100BF não havia o fornecimento de ração aos peixes, o aporte de matéria orgânica nesses tanques foi menor. Com isso, houve menor consumo da alcalinidade da água.

Segundo Novaes e Carvalho (2013), o monitoramento da condutividade elétrica da água pode ajudar a detectar fontes poluidoras ou eutrofizantes nos ecossistemas aquáticos. Nos tanques dos tratamentos em que a única fonte de alimentação dos peixes foi a ração artificial (100R, 75R, 50R e 25R), a condutividade elétrica da água foi menor quando comparado aos tanques nos quais houve aplicação de bioflocos (75R+25BF, 50R+50BF, 25R+75BF e 100BF; Tabela 3). A provavelmente maior mineralização da matéria orgânica nos tanques com bioflocos aumentou a concentração de íons dissolvidos na água, elevando, desse modo, a condutividade elétrica da água. A dureza total da água dos tanques que receberam apenas ração (100R, 75R, 50R e 25R) foi menor do que a observada nos tanques nos quais houve alguma combinação entre o fornecimento de ração e aplicação de bioflocos úmidos ( $p < 0,05$ ). Como não se fez troca de água em nenhum dos tanques de cultivo ao longo do experimento, houve progressivo aumento nas concentrações de cálcio e magnésio na água, advindos dos bioflocos

e da ração. O cálcio e o magnésio são os principais íons responsáveis pela dureza total da água (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

**Tabela 3** - Qualidade da água de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal =  $1,77 \pm 0,28$  g), alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos (média  $\pm$  d.p.; n=5)

Variável <sup>1</sup>	Tratamento <sup>2</sup>							
	100R	100BF	75R+25BF	50R+50BF	25R+75BF	75R	50R	25R
pH <sup>3</sup>	8,34	8,30	8,26	8,23	8,28	8,29	8,23	8,29
	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$
NAT	0,29	0,28	0,19	0,22	0,26	0,28	0,22	0,17
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 0,16$	$\pm 0,18$	$\pm 0,13$	$\pm 0,13$	$\pm 0,19$	$\pm 0,17$	$\pm 0,13$	$\pm 0,14$
NH <sub>3</sub>	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 0,03$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
P-reat	2,34	0,27	2,28	1,90	1,56	2,43	1,91	1,15
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 1,88$	$\pm 0,22$	$\pm 1,85$	$\pm 1,40$	$\pm 1,20$	$\pm 2,07$	$\pm 1,53$	$\pm 0,97$
	a <sup>4</sup>	b	a	a	c	a	a	c
O <sub>2</sub> D	7,69	7,62	7,70	7,62	7,47	7,69	7,69	7,92
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 0,92$	$\pm 0,63$	$\pm 0,85$	$\pm 0,83$	$\pm 0,81$	$\pm 0,74$	$\pm 0,78$	$\pm 0,65$
CE	770,3	818,3	791,9	798,7	783,3	751,0	766,8	768,7
( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	$\pm 21,8$	$\pm 7,0$	$\pm 9,5$	$\pm 31,0$	$\pm 9,9$	$\pm 7,9$	$\pm 5,8$	$\pm 46,9$
	a	b	b	b	b	a	a	a
Alc total	100,3	118,8	114,8	113,9	124,5	106,9	110,0	112,8
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 17,1$	$\pm 7,6$	$\pm 24,3$	$\pm 11,9$	$\pm 13,4$	$\pm 10,5$	$\pm 8,8$	$\pm 13,4$
	a	b	ab	ab	b	ab	ab	ab
Dur total	170,3	179,9	177,0	177,9	182,6	168,5	167,3	164,1
(mg L <sup>-1</sup> )	$\pm 23,9$	$\pm 23,2$	$\pm 27,5$	$\pm 27,4$	$\pm 29,0$	$\pm 23,2$	$\pm 19,3$	$\pm 23,2$
	a	b	b	b	b	a	a	a

<sup>1</sup> NAT: Nitrogênio amoniacal total; P-reat: Fósforo reativo; O<sub>2</sub>D: Oxigênio dissolvido; CE: Condutividade elétrica; Alc total: Alcalinidade total; Dur total: Dureza total. <sup>2</sup> 100R: 100% de ração. 100 BF: 100% de bioflocos. 75R + 25BF: 75% de ração juntamente com 25% de bioflocos úmidos. 50R+50BF: 50% de ração juntamente com 50% de bioflocos úmidos. 25R+75BF: 25% de ração com 75% de bioflocos úmidos. 75R: 75% da ração fornecida a 100R. 50R: 50% da ração fornecida a 100R. 25R: 25% da ração fornecida a 100R. <sup>3</sup> <sup>4</sup> Para cada variável, médias com diferentes letras minúsculas em uma mesma linha são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05); ausência de letras indica que as diferenças entre as médias não são significativas (P>0,05).

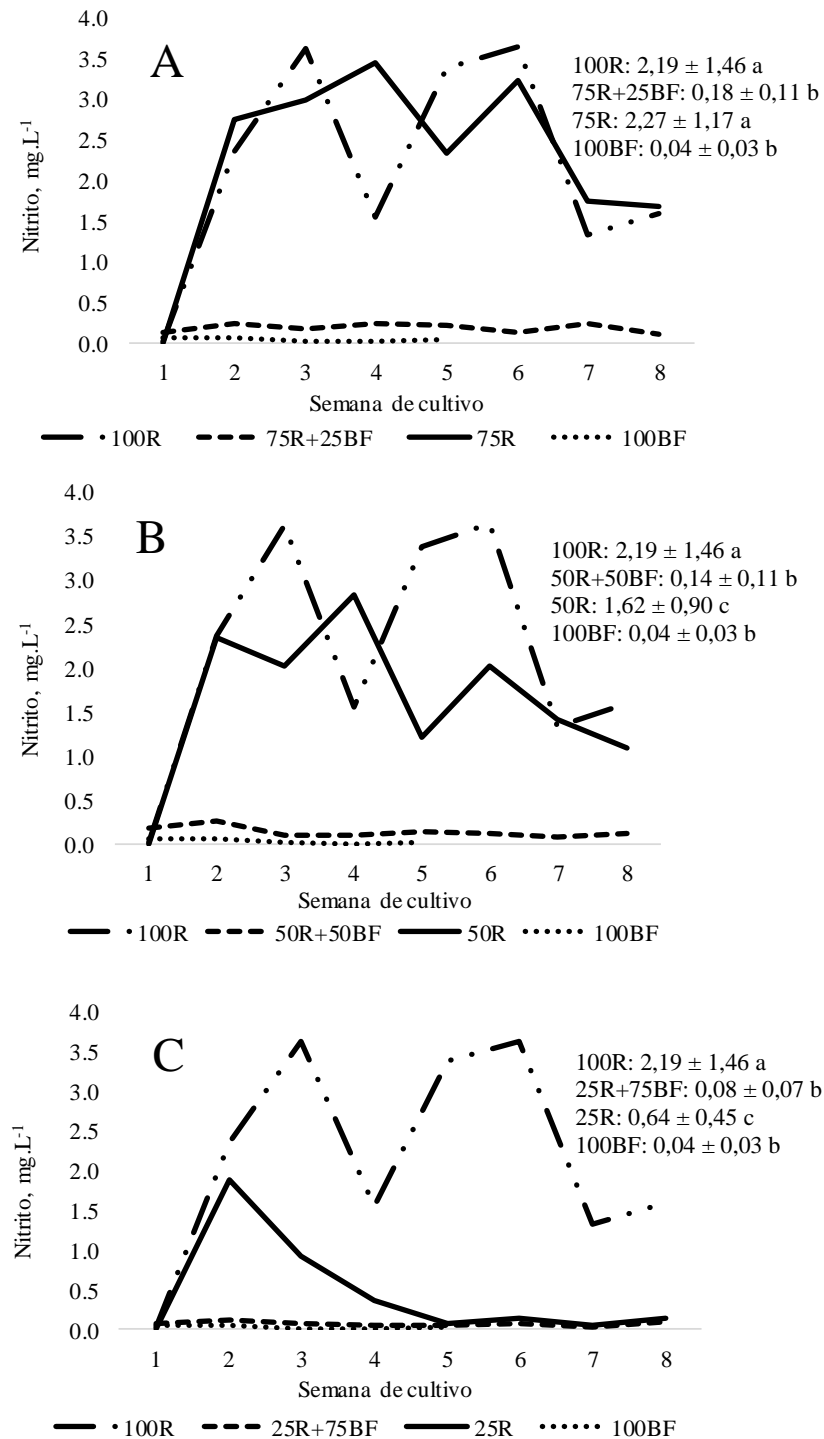
A concentração de fósforo reativo da água diferiu de modo significativo entre os tratamentos, sendo que os tanques que receberam mais ração (100R, 75R, 50R, 75R+25BF e 50R + 50BF) apresentaram maiores concentrações de fósforo reativo do que aqueles que receberam menores quantidades de ração (25R+75BR e 25R). Apenas uma pequena fração do

fósforo que entra no sistema de cultivo através do arraçoamento é retida na biomassa do peixe. Como a absorção do fósforo presente na ração é parcial, há considerável perda desse elemento nas fezes dos peixes (CYRINO *et al.*, 2010). Embora a biomassa dos bioflocos também contenha fósforo, os bioflocos podem remover fosfatos da água, atuando como sumidouro desse elemento. Schneider *et al* (2006) observaram que as baixas concentrações de ortofosfato na água de tanques com bioflocos estavam associadas ao aumento na biomassa bacteriana.

Um dos maiores problemas da piscicultura intensiva é a deterioração da qualidade de água causada pelo acúmulo de compostos nitrogenados, tais como amônia, nitrito e nitrato (CRAB *et al*, 2007). Entre esses, o nitrito merece uma atenção particular por parte dos produtores, pois elevadas concentrações de nitrito na água de cultivo acarretam efeitos adversos aos peixes, podendo afetar o crescimento e a sobrevivência dos animais (LIN; CHEN, 2003). Quando presente em altas concentrações no meio, o nitrito é muito tóxico para os peixes, pois se combina à hemoglobina do sangue, originando a meta-hemoglobina, a qual não consegue transportar o oxigênio para os tecidos (KNUDSEN; JESEN, 1997).

Os tanques de cultivo que receberam aplicações diárias de bioflocos apresentaram concentrações de nitrito na água significativamente menores do que as observadas nos tanques nos quais a única fonte de alimentação dos peixes foi a ração comercial (Figuras 1A, 1B e 1C). Hargreaves (2006) afirma que os bioflocos são capazes de diminuir a concentração de nitrito da água mais rapidamente do que as bactérias nitrificantes. Isso ocorre porque a taxa de crescimento das bactérias heterotróficas (bioflocos) chega a ser até dez vezes maior do que a taxa de crescimento das bactérias nitrificantes. Azim e Little (2008) observaram uma queda nas concentrações de nitrito em sistemas de cultivo de tilápia com bioflocos.

**Figura 1** – Concentração de nitrito da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em tanques de polietileno de 100 L, e alimentados com proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos. 100R: 100% de ração. 100 BF: 100% de bioflocos. 75R + 25BF: 75% de ração juntamente com 25% de bioflocos úmidos. 50R+50BF: 50% de ração juntamente com 50% de bioflocos úmidos. 25R+75BF: 25% de ração com 75% de bioflocos úmidos. 75R: 75% da ração fornecida a 100R. 50R: 50% da ração fornecida a 100R. 25R: 25% da ração fornecida a 100R. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes entre si ( $P < 0,001$ ) (média  $\pm$  d.p.;  $n=5$ )



### Desempenho zootécnico

De acordo com Chamberlain *et al.* (2001), quando existe abundante alimento natural no sistema de cultivo, a utilização de dietas artificiais com níveis elevados de proteína pode ser desnecessária. Assim, a presença de bioflocos nos tanques de cultivo poderia reduzir as concentrações de proteína das rações artificiais utilizadas na alimentação dos animais, acarretando em diminuição nos custos de produção.

Embora não seja viável a completa substituição do alimento artificial (rações balanceadas) pelos bioflocos, pode haver diminuição substancial nos custos operacionais, uma vez que as despesas com aquisição de rações representam de 40 a 50% dos custos totais de produção (CRAIG; HELFRICH, 2002). Nos tanques nos quais a alimentação dos peixes foi constituída exclusivamente por bioflocos (100BF), não havia indivíduos remanescentes após a quarta semana de cultivo (Tabela 4). Esse resultado demonstra que o valor nutricional dos bioflocos para os juvenis de tilápia é inferior ao da ração balanceada. Essa indicação é confirmada pelos resultados de FCA e TEP, que foram significativamente melhores nos tratamentos com maiores taxas de arraçoamento (100R, 75R, 75R+25BF e 50R+50BF). Segundo Wasielesky *et al.* (2006), embora os bioflocos possam conter até 30% de proteína na sua biomassa seca, o cultivo sem a oferta de ração artificial se torna inadequado para sustentar o crescimento normal do camarão. Ainda segundo esses autores, o ideal seria fazer a combinação do alimento artificial com os bioflocos. Esses autores, entretanto, não dizem quais seriam as proporções ideais de ração artificial e bioflocos a serem empregadas.

Embora os bioflocos tenham menor valor nutricional que uma ração balanceada completa, a melhora significativa da TEP dos peixes alimentados com 50% de ração e 50% bioflocos úmidos (50R+50BF), quando comparados à TEP dos juvenis que receberam apenas ração na mesma proporção (50R), demonstra que a proteína dos bioflocos foi utilizada com eficiência pelos juvenis de tilápia. Esses resultados apoiam Avnimelech (2007) que afirmou que os flocos bacterianos apresentam um grande potencial para serem utilizados como fonte de alimento suplementar para a tilápia. Segundo Xu e Pan (2012), há benefícios nutricionais em se combinar bioflocos ao fornecimento de rações balanceadas porque os bioflocos podem melhorar a digestão e utilização dos alimentos artificiais pelos organismos cultivados.

**Tabela 4** - Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal =  $1,77 \pm 0,28$  g) estocados por 8 semanas em tanques de polietileno de 100 L e alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos (média  $\pm$  d.p.; n=5).

Variável <sup>1</sup>	Tratamento <sup>2</sup>							
	100R	100BF	75R+25BF	50R+50BF	25R+75BF	75R	50R	25R
Sobr <sup>3</sup>	80,01	0,00	91,67	100,00	83,24	100,00	100,00	100,00
(%)	$\pm 29,80$		$\pm 16,66$		$\pm 19,24$			
PCF	21,88		17,90	10,44	5,23	11,49	5,18	2,51
(g)	$\pm 6,36$	-	$\pm 3,10$	$\pm 2,54$	$\pm 1,00$	$\pm 0,33$	$\pm 0,55$	$\pm 0,59$
	a <sup>4</sup>		a	b	c	b	c	d
Ganho em	2,50		2,02	1,09	0,43	1,21	0,42	0,10
peso	$\pm 0,79$	-	$\pm 0,39$	$\pm 0,31$	$\pm 0,14$	$\pm 0,04$	$\pm 0,07$	$\pm 0,07$
(g semana <sup>-1</sup> )	a		a	b	c	b	c	d
Prod	8,60		8,65	5,59	2,26	6,16	2,78	1,01
(g m <sup>-3</sup> dia <sup>-1</sup> )	$\pm 1,92$	-	$\pm 1,42$	$\pm 1,36$	$\pm 0,22$	$\pm 0,18$	$\pm 0,30$	$\pm 0,30$
	a		a	b	c	b	c	d
FCA	1,29		1,37	1,82	4,88	1,21	2,13	12,18
	$\pm 0,11$	-	$\pm 0,22$	$\pm 0,49$	$\pm 0,86$	$\pm 0,06$	$\pm 0,27$	$\pm 4,08$
	a		a	ab	c	a	b	d
TEP	1,86		2,00	1,77	0,77	1,84	1,13	0,18
	$\pm 0,16$	-	$\pm 0,32$	$\pm 0,36$	$\pm 0,14$	$\pm 0,08$	$\pm 0,15$	$\pm 0,13$
	a		a	a	b	a	b	c

<sup>1</sup> Sobr: Sobrevivência; PCF: Peso corporal final; Prod: Produtividade do pescado; Fator de conversão alimentar (FCA) = ração ofertada (g)/ganho em peso (g); Taxa de eficiência proteica (TEP) = ganho em peso (g)/proteína consumida (g). <sup>2</sup>100R: 100% de ração. 100 BF: 100% de bioflocos. 75R + 25BF: 75% de ração juntamente com 25% de bioflocos úmidos. 50R+50BF: 50% de ração juntamente com 50% de bioflocos úmidos. 25R+75BF: 25% de ração com 75% de bioflocos úmidos. 75R: 75% da ração fornecida a 100R. 50R: 50% da ração fornecida a 100R. 25R: 25% da ração fornecida a 100R. <sup>3</sup>As médias de sobrevivência não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. <sup>4</sup>Para cada variável, médias com diferentes letras minúsculas em uma mesma linha são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05); ausência de letras indica que não há diferença significativa entre as médias (P>0,05).

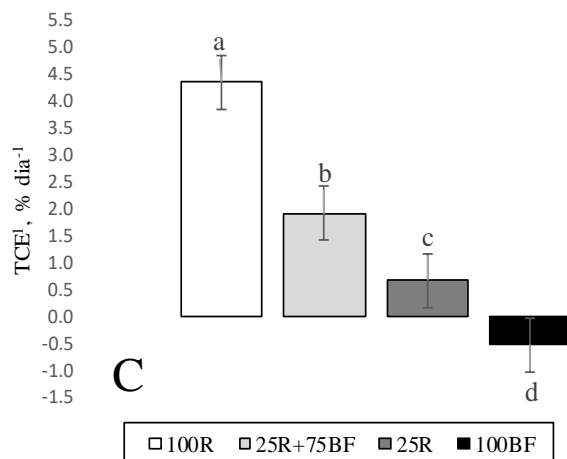
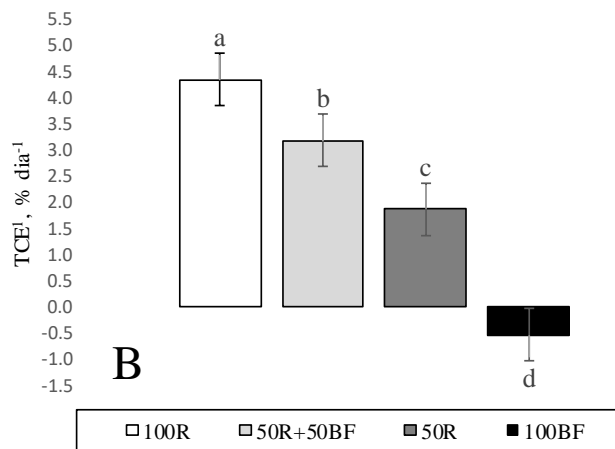
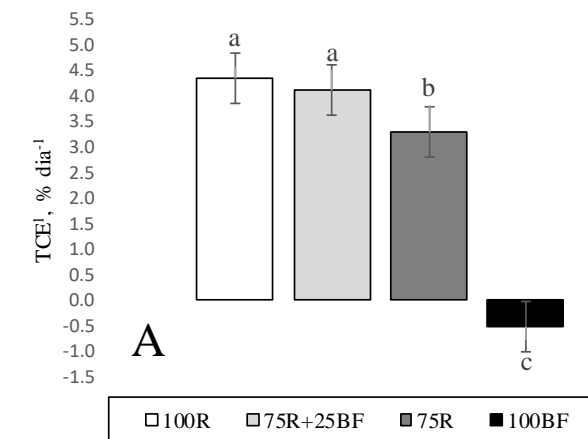
O peso corporal final, o ganho em peso semanal e a produtividade de pescado foram significativamente maiores nos tanques nos quais se ofertou apenas ração (100R; taxa de alimentação variando de 12,8 a 3,8% dia<sup>-1</sup>) ou se ofertou 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos (75R+25BF; taxa de alimentação variando de 9,6 a 2,8% dia<sup>-1</sup>), em relação aos demais, não diferindo de modo significativo entre si (Tabela 4). Esses resultados indicam que é possível se reduzir a taxa de arraçoamento-padrão dos peixes em 25%, sem prejuízo zootécnico, desde que haja o fornecimento de bioflocos úmidos aos animais, em igual proporção. Com isso, haverá, provavelmente, a obtenção de vantagens ambientais e econômicas pela redução no

aporte de ração artificial ao tanque de cultivo, quando comparado ao tratamento 100R (uso exclusivo de ração artificial). Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Xu *et al* (2012), que afirmam que juvenis de camarão criados em tanques com bioflocos podem receber ração com teor proteico reduzido em até 25%, sem afetar o desempenho animal. De igual modo, Azim e Little (2008) recomendaram que os sistemas convencionais de cultivo em aquicultura sejam modificados para permitir a suplementação alimentar dos animais cultivados com bioflocos.

Restringiu-se a apresentação dos resultados de taxa de crescimento específico (TCE) às quatro primeiras semanas experimentais com o objetivo de também apresentar a TCE dos peixes alimentados exclusivamente com bioflocos (100BF). Valores de TCE significativamente maiores foram observados nos tanques de cultivo nos quais os peixes receberam apenas ração balanceada (100R) ou a combinação de 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos (75R+25BF; Figura 2A). A oferta de pequeno volume de bioflocos úmidos aos peixes, em suplementação alimentar à redução de 25% na taxa-padrão de arraçoamento (75R+25BF), resultou em aumento significativo na TCE dos peixes, quando comparado ao respectivo controle (75R). Esse padrão de resposta também foi observado nos resultados de TCE dos peixes alimentados com 50% de ração e 50% de bioflocos (50R+50BF; Figura 2B); e 25% de ração e 75% de bioflocos (25R+75BF; Figura 2C). Esses resultados sugerem que a queda na taxa de crescimento dos peixes cultivados, submetidos à restrição alimentar (ração artificial), é menor quando se fornece bioflocos úmidos aos animais. Avnimelech (2007) demonstrou que os flocos bacterianos podem ser usados de forma eficiente como suplemento alimentar, mesmo quando há diminuição na quantidade de ração ofertada aos animais cultivados. Esse mesmo autor afirma, em outro trabalho, que os bioflocos bacterianos aumentam a TEP em aquicultura por reciclar a proteína presente nos alimentos residuais que seria perdida para o meio (AVNIMELECH, 2006).

A TCE dos peixes alimentados apenas com bioflocos (100BF) foi negativa nesse período (Figuras 2A, 2B e 2C), ou seja, houve perda ao invés de ganho em peso. Segundo Luo *et al.* (2014), o fornecimento combinado de ração e bioflocos apresenta uma melhor resposta dos peixes, em termos de crescimento corporal, do que uma alimentação baseada somente em bioflocos. Ju *et al.* (2008) especula que, caso o teor de proteína dos bioflocos fosse semelhante ao das rações comerciais, os bioflocos propiciariam, provavelmente, maior crescimento aos peixes cultivados.

**Figura 2** – Taxa de crescimento específico (TCE =  $[(\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{dias de cultivo}] \times 100$ ) das quatro primeiras semanas de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em tanques de polietileno de 100 L e alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixes e bioflocos bacterianos. 100R: 100% de ração. 100 BF: 100% de bioflocos. 75R + 25BF: 75% de ração juntamente com 25% de bioflocos úmidos. 50R+50BF: 50% de ração juntamente com 50% de bioflocos úmidos. 25R+75BF: 25% de ração com 75% de bioflocos úmidos. 75R: 75% de ração fornecida a 100R. 50R: 50% de ração fornecida a 100R. 25R: 25% de ração fornecida a 100R. Colunas com letras distintas indicam que as médias são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,001$ ) (média  $\pm$  d.p.;  $n=5$ ).



## CONCLUSÕES

1. É possível reduzir as taxas regulares de arraçamento de juvenis de tilápia do Nilo, com rações artificiais, em 25%, sem prejuízo zootécnico, desde que se forneça bioflocos úmidos aos animais cultivados, como suplemento alimentar, em igual proporção;
2. Reduções de 50% e 75% nas taxas regulares de arraçamento dos peixes causam significativo prejuízo zootécnico;
3. A queda na taxa de crescimento dos peixes cultivados, submetidos à restrição alimentar (ração artificial), é menor quando se fornece bioflocos úmidos aos animais;
4. A substituição total do alimento artificial (ração balanceada) pelos bioflocos úmidos é inviável por levar ao óbito todos os peixes cultivados em período de tempo relativamente curto.

## 4 ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA DO NILO COM DIETA ARTIFICIAL E BIOMASSA SECA DE BIOFLOCOS (artigo científico nº 2)

Feeding of Nile tilapia with artificial diet and dried bioflocs

**RESUMO** - O presente trabalho objetivou determinar os efeitos do fornecimento de biomassa seca de bioflocos bacterianos a juvenis de tilápia do Nilo, mantidos em tanques experimentais de cultivo por oito semanas, sobre variáveis selecionadas de qualidade de água, desempenho zootécnico e qualidade de efluentes. Os peixes foram alimentados com diferentes combinações de ração balanceada e biomassa de bioflocos, na forma úmida (*in natura*) ou seca. À medida o aporte de ração aos tanques foi menor, o fornecimento de biomassa de bioflocos foi proporcionalmente maior. A biomassa de bioflocos foi produzida em dois tanques avulsos de 500 L, sendo feito o ajuste diário da relação C: N da água para 15:1 pela aplicação de melão em pó à água. A concentração de nitrito na água de cultivo somente foi reduzida nos tanques que receberam bioflocos úmidos. O desempenho zootécnico dos peixes nos tanques que receberam a suplementação de biomassa seca de bioflocos ficou abaixo do observado nos tanques com biomassa úmida. Pela ausência de resultados positivos, não há justificativa técnica para a secagem dos bioflocos bacterianos com o objetivo de fornecer a biomassa seca aos peixes cultivados.

**Palavras-chave:** Aquicultura. *Oreochromis*. Qualidade de água.

**ABSTRACT** - The present work aimed at determine the effects of the provision of dried bioflocs biomass to Nile tilapia juveniles, stocked in experimental rearing tanks for 8 weeks, upon selected variables of water quality, growth performance and effluents quality. Fish was

fed with different combinations of artificial diets and bioflocs biomass, in the wet form (*in natura*) or dried. As the supply of artificial diet was decreased, the provision of bioflocs biomass was increased in the same proportion. The bioflocs biomass was produced in two extra 500-L tanks that received daily dry molasses to adjust the C: N ratio of water to 15: 1. The concentration of nitrite in water was only reduced in the tanks that received the wet bioflocs. The growth performance of fish that were partially fed with dried bioflocs biomass has remained below what was observed in the tanks supplied with the wet bioflocs biomass. Due to the lacking of positive results, there is not any rationale to dry the bacterial bioflocs aiming at the delivery of it as a dried biomass to the cultured fish.

**Keywords:** Aquaculture. *Oreochromis*. Quality water.

## INTRODUÇÃO

A suplementação alimentar das dietas de peixes e camarões cultivados com bioflocos pode melhorar o desempenho zootécnico desses animais (ANAND *et al*, 2014; BAUER *et al*, 2012; KUHN *et al*, 2009). Segundo Jatobá *et al*. (2014), a concentração proteica da dieta artificial poderá ser reduzida se houver abundante alimento natural no sistema de cultivo, tal como os bioflocos. Assim, os custos com a alimentação dos animais cultivados podem ser reduzidos pelo uso da tecnologia bioflocos de cultivo (BFT), uma vez que as despesas com rações balanceadas representam mais de 50% dos custos operacionais de produção (CHAMBERLAIN *et al*, 2001).

O sistema BFT tem se mostrado uma tecnologia promissora por considerar que os bioflocos, além de importante fonte de nutrição, auxiliam também na manutenção da qualidade de água e na prevenção de doenças (BALLESTER *et al*, 2010). Pesquisas já realizadas mostraram que os bioflocos produzidos dentro do sistema, ou adicionados ao mesmo, podem acelerar o crescimento dos organismos cultivados (XU *et al*, 2012; ARNOLD *et al*, 2009; MEGAHED, 2010). Segundo Xu e Pan (2012), os bioflocos estão disponíveis como fonte alimentar 24 horas ao dia, podendo suprir uma fração significativa da demanda de ração pelos animais cultivados.

O valor nutricional dos bioflocos para os peixes dependerá de diversos fatores, tais como a preferência alimentar da espécie, a capacidade de ingerir os flocos e a densidade das partículas em suspensão na água (HAGREAVES, 2006). Os bioflocos podem apresentar até 30% de proteína bruta em sua composição e em torno de 2% de lipídios (LOU *et al*, 2014; XU; PAN, 2012; BALLESTER *et al*, 2010; AZIM; LITTLE, 2008). A tilápia do Nilo, por seu hábito alimentar onívoro, aproveita bem os bioflocos como fonte alimentar, sendo que a os bioflocos

podem satisfazer até 50% da exigência dessa espécie de peixe por proteína (AVNIMELECH, 2007; AZIM e LITTLE, 2008).

Apesar do valor nutricional dos bioflocos, trabalhos já realizados até o momento mostraram que houve significativa queda no desempenho zootécnico dos animais cultivados quando se substituiu grande parte da dieta artificial por bioflocos úmidos (JATOBÁ *et al*, 2014; LOU *et al*, 2014; XU *et al*, 2012). Segundo Wasielesky *et al*. (2006), o cultivo em sistema BFT sem a oferta de ração artificial se torna inadequado para sustentar o crescimento normal do camarão, havendo a necessidade de combinar o uso de alimento artificial com bioflocos. Nessa questão, uma possibilidade ainda não devidamente avaliada, para maior aproveitamento dos bioflocos como fonte alimentar, é o fornecimento da biomassa seca aos peixes cultivados.

O presente trabalho teve por objetivo determinar os efeitos do fornecimento de biomassa seca de bioflocos bacterianos a juvenis de tilápia do Nilo, mantidos em tanques experimentais de cultivo, sobre variáveis selecionadas de qualidade de água, desempenho zootécnico e qualidade de efluentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mil juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), masculinizados, com peso corporal entre 1 e 2 g, foram obtidos junto a Fazenda Bom Princípio, localizada no município Guafba (Ceará), sendo levados até as instalações do LCTA – Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (Campus do Pici – Fortaleza – Ceará). No laboratório, os peixes foram estocados inicialmente em uma caixa de polietileno de 1000 L, com aeração constante, para aclimação às condições laboratoriais por quatro dias. O alimento artificial foi ofertado quatro vezes ao dia (8, 11, 14 e 17 h), sendo utilizada ração comercial para peixes tropicais onívoros, na forma farelada, com 49,44 % PB, na taxa de 5% do peso vivo/dia.

O experimento teve duração de 8 semanas e foi realizado com a utilização de 30 tanques circulares de polietileno de 100 L, localizados na sala de água claras (*indoor*) do laboratório. A densidade de estocagem utilizada foi de 6 peixes por tanque (peso médio de  $2,19\text{g} \pm 0,05\text{g}$ ). Havia aeração mecânica constante da água de cultivo, em todos os tanques. Não houve troca de água nos tanques de cultivo durante todo o período experimental, apenas reposição de água para manutenção do nível inicial. Os peixes foram alimentados três vezes ao dia, inicialmente com ração comercial farelada (Pirá Alevino 55: 55% de proteína bruta; 7,0 % de extrato etéreo; 17% de matéria seca; 2,8% de matéria fibrosa) em seguida, com ração comercial peletizada de 1.0 mm (Pirá Mirim: 45% de proteína bruta; 8,0 % de extrato etéreo; 17% de matéria seca; 2,8% de matéria fibrosa) e, ao final, com a ração peletizada com granulometria entre 2 – 4 mm (Pirá 40: 40% de proteína bruta; 8,0 % de extrato etéreo; 12% de matéria seca; 6,0% de matéria

fibrosa), sempre nos horários de 8, 12 e 16 h, de acordo com o tratamento em questão. O delineamento experimental foi constituído por sete tratamentos, formados a partir de diferentes combinações de ração artificial e biomassa de bioflocos (Tabela 5). Nos tanques do tratamento 1 (controle-positivo), os peixes recebiam apenas ração balanceada, não havendo suplementação com biomassa de bioflocos (100% de ração). Nos tanques dos grupos experimentais 2 e 4, houve o fornecimento tanto de ração balanceada como de biomassa úmida de bioflocos, em diferentes proporções. Nos tanques dos tratamentos 2 e 4, o fornecimento de ração balanceada foi reduzido em 25% e 50%, respectivamente, em relação ao praticado no tratamento 1. O mesmo ocorreu nos tanques dos tratamentos 3 e 5, com a diferença de que a biomassa de bioflocos utilizada foi seca. Nos tanques dos tratamentos 6 e 7 foi fornecido apenas ração artificial, nas proporções de 75% e 50%, respectivamente, não tendo havido suplementação com biomassa de bioflocos, seja úmida ou seca (controles-negativos).

**Tabela 5** – Proporção de ração artificial e de biomassa de bioflocos fornecida diariamente aos peixes.

Tratamento	Ração (%)	Bioflocos (%)
100R	100	0
75R+25BFU	75	25*
75R+25BFS	75	25**
50R+50BFU	50	50*
50R+50BFS	50	50**
75R	75	0
50R	50	0

\* Bioflocos úmidos; \*\* Bioflocos secos

Nesse trabalho, foram utilizados dois tanques avulsos externos de 500 L para a formação dos bioflocos usados como suplementação alimentar. Os tanques BFT avulsos receberam aeração constante, havendo movimentação intensa da água. Cada tanque BFT avulso foi estocado com 100 juvenis de tilápia do Nilo com peso corporal médio de  $30 \text{ g} \pm 1,2\text{g}$ . Uma bomba d'água de 2000L/h foi colocada em cada tanque BFT avulso para que houvesse a mistura constante das águas dos dois tanques. Isso objetivava manter a mesma qualidade de bioflocos nos dois tanques BFT avulsos. A alimentação dos peixes estocados nos tanques BFT avulsos foi feita com ração balanceada para peixes tropicais onívoros peletizada 2 – 4 mm (35,86% PB), ofertada 4 vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17 h, na taxa diária de 3% da biomassa total. A relação C: N da água dos tanques BFT avulsos foi ajustada diariamente para 15:1, sendo utilizado o melão em pó como fonte suplementar de carbono, sendo usado a fórmula de Avnimelech (1999). Determinações de sólidos sedimentáveis, através do uso de cones de

*Imhoff*, e de oxigênio dissolvido na água foram realizadas, três vezes por semana, para monitoramento do desenvolvimento dos bioflocos nos tanques BFT.

A seguinte metodologia foi utilizada para definição da biomassa úmida de bioflocos a ser fornecida aos tanques de cultivo. Diariamente, antes da primeira refeição, uma amostra de água de 1000 mL foi coletada de um dos tanques BFT avulsos, sendo filtrada em malha de 40  $\mu\text{m}$  para a retenção da biomassa úmida de bioflocos. A biomassa úmida de bioflocos assim obtida foi pesada em balança de precisão para posterior cálculo da densidade de bioflocos úmidos em  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ . Estimou-se que havia 10% de matéria seca na biomassa úmida de bioflocos. Em seguida, foi feito o cálculo do volume de bioflocos úmidos que deveria ser fornecido em cada tanque de cultivo, em função do tratamento experimental, da taxa alimentar empregada (taxa alimentar variou de 12,8% para peso médio de até 1,5 g até 3,8% para peso médio de até 35 g) e da densidade de bioflocos observada no tanque BFT avulso, naquele dia.

Já para a obtenção da biomassa seca de bioflocos, uma determinada biomassa úmida de bioflocos foi colocada para secar semanalmente, em uma estufa a 100° C, por 12 h. Depois de seca, a biomassa de bioflocos foi macerada com pistilo e cadinho, pesada e misturada à ração ofertada diariamente aos peixes, obedecendo-se as proporções de cada tratamento (Tabela 5).

Ao longo do período experimental, foi realizado o monitoramento da qualidade da água dos tanques de cultivo. Duas vezes por semana, pela manhã e pela tarde, foram medidos o pH, a temperatura e a condutividade elétrica da água, com o auxílio de medidor de pH mPA210 (MS Tecnopon®), termômetro e condutivímetro CD-850, respectivamente. Semanalmente, foram determinadas as concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT – método do Indofenol), nitrito (espectrofotometria a 543 nm) e o oxigênio dissolvido (Oxímetro 55 – YSI); quinzenalmente, foram realizadas determinações de alcalinidade total (titulação com solução padrão de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dureza total (titulação com solução padrão de EDTA) e fósforo reativo (espectrofotometria a 690 nm). Além dessas, determinações das concentrações de  $\text{CO}_2$  (titulação com solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e sulfeto dissolvido total (titulação com solução padrão de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) foram realizadas o começo, no meio e ao final do experimento. A partir dos resultados de NAT e sulfeto dissolvido total, calculavam-se as concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2\text{S}$  de acordo com El-Shafai *et al.* (2004) e Boyd e Tucker (2000). As determinações de qualidade de água foram realizadas de acordo com o Manual de determinações e práticas laboratoriais do LCTA, que segue as orientações da APHA (1999).

Ao final do experimento, foi realizada análise dos efluentes, onde após a biometria final, os peixes foram retirados dos tanques e a aeração mecânica foi desligada, sendo mantida a água

em repouso por cinco dias, onde após esse período foram realizadas as análises de NAT, nitrito, nitrato, O<sub>2</sub>D e matéria orgânica.

. O desempenho zootécnico dos peixes cultivados foi monitorado através da observação dos seguintes indicadores: sobrevivência, peso corporal final, taxa de crescimento específico (TCE =  $[(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial})/n^\circ \text{ de dias de cultivo}] \times 100$ ), produtividade de pescado, fator de conversão alimentar (FCA =  $\text{ração fornecida (g)}/\text{ganho em peso (g)}$ ) e taxa de eficiência proteica (TEP =  $\text{ganho em peso (g)}/\text{proteína bruta fornecida (g)}$ ). Biometrias dos peixes foram realizadas quinzenalmente para que fosse possível fazer o ajuste da quantidade de ração e de bioflocos fornecidos em cada tanque.

As variáveis de qualidade de água e de desempenho zootécnico foram analisadas pela ANOVA unifatorial para experimentos em blocos casualizados. O teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias duas a duas, quando havia diferença significativa entre os tratamentos. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares BioStat 5.0 e Excel 2013.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### Qualidade da água de cultivo

Ao final do cultivo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos experimentais para o pH da água e para as concentrações de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal total (NAT), NH<sub>3</sub>, fósforo reativo e matéria orgânica (Tabela 6).

Em geral, a alcalinidade total da água se elevou pela substituição parcial da ração artificial pela biomassa de bioflocos, tanto seca como úmida ( $p < 0,05$ ). A decomposição das fezes dos peixes (ração não-digerida), bem como da ração não consumida, libera CO<sub>2</sub> para água que faz cair a alcalinidade (EBELING; TIMMONS; BISOGNI, 2006). Logo, quanto menos ração for fornecida aos peixes, menor será o impacto na alcalinidade total da água. Esse resultado sugere que o efeito dos bioflocos sobre a alcalinidade da água é o oposto do observado pelo fornecimento de ração artificial, ou seja, elevação ao invés de queda da alcalinidade total. Isso é positivo porque alcalinidade elevada da água traz vários benefícios ao cultivo de peixes, como o efeito tampão na água (FURTADO; POERSCH; WASILESKY, 2011). Em sistemas de aquicultura intensiva, o acúmulo de substâncias tóxicas na água, tal como o nitrito, é um dos principais problemas de qualidade de água (COBO *et al.*, 2014). No presente trabalho, a concentração de nitrito na água de cultivo foi significativamente maior nos tanques que receberam maiores quantidades de ração artificial (100R; Figuras 3A e 3B). A concentração máxima de nitrito na água foi observada na quarta semana de cultivo, havendo queda a partir

daí até o final do experimento. A decomposição das fezes proteicas, bem como da ração não consumida, libera amônia para água. Em seguida, a amônia presente no meio de cultivo poderá ser convertida em nitrito pelas bactérias nitrificantes. Logo, quanto mais matéria orgânica proteica na água, mais amônia e, provavelmente, mais nitrito haverá (CAMPOS *et al*, 2012). Schryver e Vertraete (2009) observaram uma eficiência de 98% na remoção de nitrito em sistemas com bioflocos. Azim e Little (2008) observaram uma queda na concentração de nitrito em sistemas BFT e um aumento de 9 – 10% no crescimento da tilápia quando comparado com sistemas sem uso de bioflocos. Portanto, a redução parcial no fornecimento de ração artificial aos peixes cultivados e sua substituição por bioflocos, além de conferir maior alcalinidade e dureza para água, reduz a concentração de nitrito na mesma.

**Tabela 6** - Qualidade da água de tanques *indoor* de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal =  $2,18 \pm 0,06$  g) que foram alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa seca e úmida de bioflocos bacterianos (média  $\pm$  d.p.; n=5)

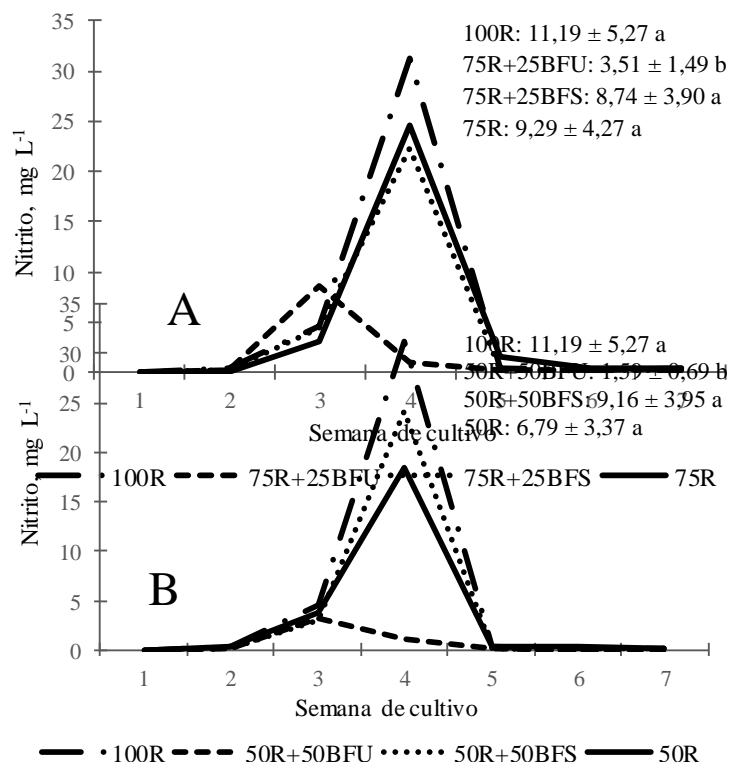
Variável <sup>1</sup>	Tratamento <sup>2</sup>						
	100R	75R + 25BFU	75R + 25BFS	50R + 50BFU	50R + 50BFS	75R	50R
O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> )	7,78 $\pm 0,35$	7,86 $\pm 0,59$	7,72 $\pm 0,42$	7,71 $\pm 0,27$	7,65 $\pm 0,42$	7,65 $\pm 0,55$	7,81 $\pm 0,49$
pH	7,97 $\pm 0,49$	8,01 $\pm 0,26$	7,98 $\pm 0,27$	8,01 $\pm 0,19$	8,02 $\pm 0,26$	8,00 $\pm 0,31$	8,01 $\pm 0,26$
Alc total (mg L <sup>-1</sup> )	76,1 $\pm 40,2$ b <sup>3</sup>	84,4 $\pm 20,3$ b	91,0 $\pm 18,9$ a	103,5 $\pm 12,5$ a	91,1 $\pm 18,1$ a	79,5 $\pm 30,9$ b	81,9 $\pm 21,1$ b
Dur total (mg L <sup>-1</sup> )	159,8 $\pm 29,5$ cd	193,3 $\pm 45,3$ b	161,0 $\pm 25,1$ c	222,6 $\pm 65,3$ a	167,7 $\pm 24,7$ c	163,3 $\pm 26,9$ c	150,8 $\pm 11,1$ d
CE ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	854,6 $\pm 117,6$ c	899,8 $\pm 123,0$ b	860,4 $\pm 126,0$ c	933,3 $\pm 123,4$ a	839,4 $\pm 101,2$ c	831,6 $\pm 102,9$ cd	821,8 $\pm 109,0$ d
NAT (mg L <sup>-1</sup> )	2,83 $\pm 1,60$	1,59 $\pm 1,51$	2,34 $\pm 2,27$	1,45 $\pm 1,36$	1,80 $\pm 1,63$	2,19 $\pm 1,68$	1,87 $\pm 1,70$
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,14 $\pm 0,10$	0,15 $\pm 0,11$	0,20 $\pm 0,19$	0,12 $\pm 0,09$	0,14 $\pm 0,12$	0,17 $\pm 0,13$	0,18 $\pm 0,12$
P-reat (mg L <sup>-1</sup> )	2,63 $\pm 3,15$	2,80 $\pm 2,86$	2,74 $\pm 2,86$	2,71 $\pm 2,80$	2,95 $\pm 3,04$	2,49 $\pm 2,70$	2,79 $\pm 1,72$

Matéria Orgânica (mg L <sup>-1</sup> )	190,0 ± 23,4	197,8 ± 27,6	170,0 ± 22,3	209,8 ± 31,5	185,4 ± 31,5	190,7 ± 13,9	191,5 ± 28,6
----------------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

<sup>1</sup>O<sub>2</sub>D: oxigênio dissolvido; Alc total: alcalinidade total; Dur total: dureza total; CE: condutividade elétrica; NAT: nitrogênio amoniacal total; P-reat: fósforo reativo; <sup>2</sup>100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R. 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. <sup>3</sup> Para cada variável, diferentes letras na mesma linha indicam que há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (P<0,05).

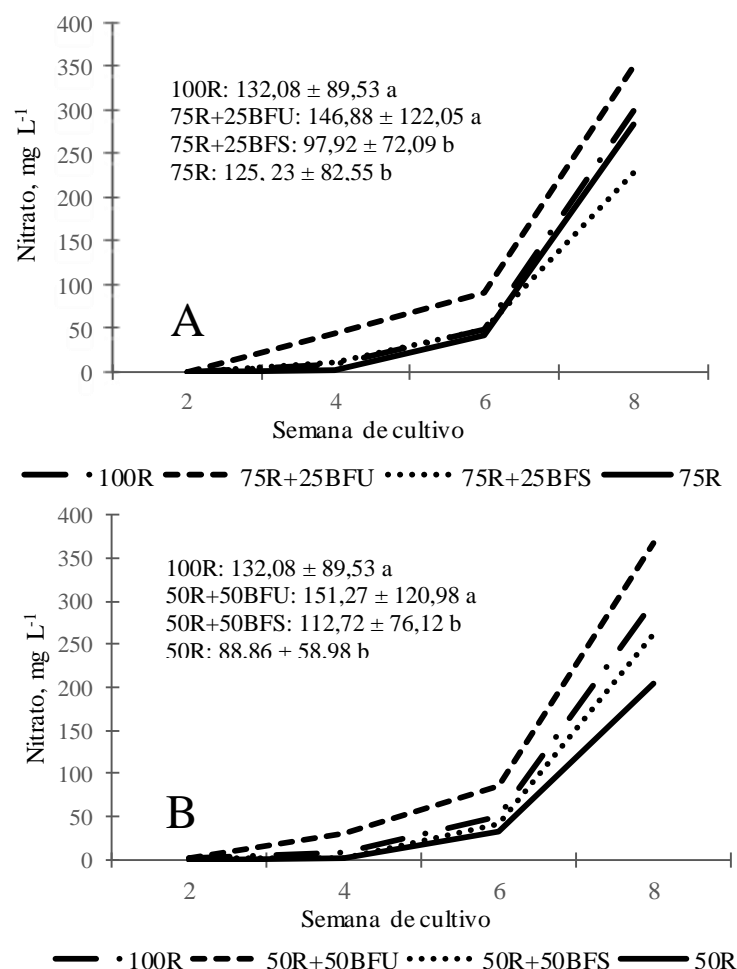
Entretanto, a redução no fornecimento de ração artificial aos peixes, e sua substituição por biomassa de bioflocos, somente foi capaz de diminuir a concentração de nitrito na água quando a foi suplementação realizada com bioflocos úmidos (75R+25BFU; 50R+50BFU). Esses resultados sugerem que o fornecimento de bioflocos úmidos é preferível ao de bioflocos secos porque somente haverá a remoção de nitrito da água a partir do trabalho de absorção das células bacterianas vivas (AZIM; LITTLE, 2008).

**Figura 3.** Concentração de nitrito da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em tanques *indoor* de polietileno de 100 L, e alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos secos e úmidos como suplementação alimentar. 100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R. 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05) (média ± d.p.; n=5).



A concentração de nitrato na água se elevou ao longo do experimento em todos os tanques de cultivo (Figuras 4A e 4B). Como o nitrato é o produto final da nitrificação bacteriana, ele tende a se acumular em tanques estáticos, como os utilizados no presente trabalho, ou em sistemas de recirculação de água (CAMPOS *et al.*, 2012). Os tanques de cultivo que foram suplementados com bioflocos úmidos (75R+25BFU; 50R+50BFU) apresentaram concentrações de nitrato significativamente maiores do que o observado nos tanques com bioflocos secos (75R+25BFS; 50R+50BFS). Esses resultados sugerem que os bioflocos ou excretam nitrato para água e/ou auxiliam a atividade das bactérias *Nitrobacter*, que transformam nitrito em nitrato.

**Figura 4.** Concentração de nitrato na água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em tanques *indoor* de polietileno de 100 L e alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos bacterianos como suplemento alimentar. 100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R. 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) (média  $\pm$  d.p.;  $n=5$ ).



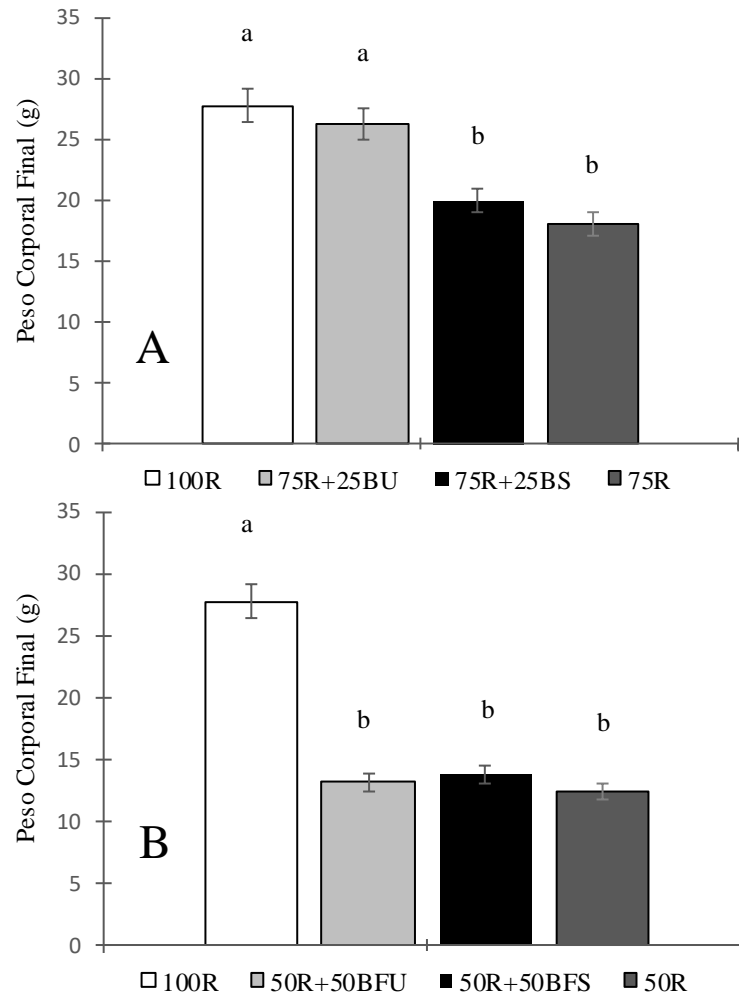
### Desempenho zootécnico

Os flocos bacterianos podem servir como importante fonte de alimento suplementar para as tilápias (AVNIMELECH, 2007). Além disso, os bioflocos auxiliam na digestão e utilização das rações artificiais, melhorando o desempenho produtivo desses animais (XU; PAN, 2012). No presente trabalho, não houve diferença significativa entre os tratamentos experimentais para os resultados de sobrevivência ( $p > 0,05$ ). Em média, a sobrevivência geral dos peixes foi de  $87,8 \pm 4,8\%$ . De igual modo, o peso corporal final dos peixes também não diferiu entre os tratamentos com 100R (100% de ração) e 75R+25BFU (75% de ração com 25% de bioflocos úmidos;  $p > 0,05$ ). Entretanto, esses últimos tratamentos exibiram maiores pesos corporais finais quando comparados aos tratamentos 75R+25BFS (75% de ração com 25% de bioflocos secos) e 75R (75% de ração; Figura 5A). Esses resultados demonstram que o fornecimento de bioflocos úmidos propicia maior crescimento corporal dos peixes cultivados do que a administração de bioflocos secos.

Os bioflocos úmidos, diferentemente dos bioflocos secos, aliam benefícios nutricionais aos de melhoria da qualidade de água. Segundo Crab *et al.* (2007), a administração de bioflocos *in natura* propiciam ao produtor um método sustentável para manutenção da qualidade da água, além de servir como fonte alimentar proteica. Já os bioflocos secos atuam apenas como fonte de nutrientes aos peixes (JU *et al.*, 2008). Portanto, não há justificativa técnica para se secar a biomassa bacteriana dos bioflocos para fornecimento aos peixes, podendo a mesma ser ofertada *in natura* (úmida).

Os pesos corporais finais dos peixes mantidos nos tanques 50R (50% de ração), 50R+50BFU (50% de ração com 50% de bioflocos úmidos) e 50R+50BFS (50% de ração com 50% de bioflocos secos) foram menores quando comparados aos resultados obtidos nos tanques 100R (100% de ração; Figura 5B). Esses resultados indicam que, nas condições existentes no presente trabalho, o limite máximo de substituição da ração artificial por bioflocos úmidos é de 25%. Esse resultado confirma o que pôde ser observado em outro experimento realizado anteriormente em nosso laboratório. Os bioflocos quando *in natura* estão sempre disponíveis aos organismos cultivados como fonte de alimentação suplementar (AVNIMELECH, 1999), podendo ser ingeridos e digeridos pelos animais e, desse modo, substituir uma fração significativa da demanda por rações artificiais (CRAB *et al.*, 2010; XU; PAN, 2012; ANAND *et al.*, 2014).

**Figura 5.** Peso corporal final de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, estocados por 8 semanas em tanques *indoor* de polietileno de 100 L, alimentados com diferentes proporções de ração artificial e bioflocos úmidos e secos como suplemento alimentar. 100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R; 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. Colunas com letras distintas representam médias significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Os melhores resultados para taxa de crescimento específico (TCE), ganho em peso semanal e produtividade de pescado foram obtidos para os tratamentos 100R (100% de ração) e 75R+25BFU (75% de ração mais 25% de bioflocos úmidos). Esses dois tratamentos não diferiram de modo significativo entre si para essas variáveis (Tabela 7). Já os piores resultados para essas mesmas variáveis foram observados nos tratamentos 50R+50BFU (50% ração + 50% bioflocos úmidos), 50R+50BFS (50% ração + 50% bioflocos secos) e 50R (50% ração). Não houve diferença significativa entre os tratamentos 75R+25BFS (75% ração + 25% bioflocos secos) e 75R (75% de ração) para TCE, ganho em peso semanal e produtividade de pescado ( $p > 0,05$ ). Esses resultados demonstram que o fornecimento de biomassa seca de bioflocos, em substituição parcial à ração artificial, pode prejudicar o desempenho zootécnico de juvenis de

tilápia. Portanto, o valor nutricional dos bioflocos secos é provavelmente bem inferior ao existente em uma ração artificial completa para peixes (WASIELESKY *et al*, 2006).

O fornecimento de bioflocos *in natura* aos tanques de aquicultura foi proposto por Avnimelech (2006) como um manejo mais sustentável para redução de impactos ambientais e prevenção de doenças. Com esses benefícios, consegue-se obter, com a tecnologia dos bioflocos, maior crescimento e saúde para os organismos cultivados (XU *et al*, 2012).

**Tabela 7** - Desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (peso corporal =  $2,18 \pm 0,06$  g) estocados por oito semanas em tanques *indoor* de polietileno de 100 L e alimentados com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa úmida ou seca de bioflocos bacterianos (média  $\pm$  d.p.; n=5)

Variável <sup>1</sup>	Tratamento <sup>2</sup>							
	100R	75R + 25BFU	75R + 25BFS	50R + 50BFU	50R + 50BFS	75R	50R	ANOVA P
TCE (% dia <sup>-1</sup> )	4,38 $\pm 0,23$ a <sup>3</sup>	4,24 $\pm 0,16$ a	3,91 $\pm 0,13$ b	2,96 $\pm 0,14$ c	3,08 $\pm 0,26$ c	3,62 $\pm 0,11$ b	2,97 $\pm 0,16$ c	< 0,001
Ganho em peso semanal (g)	3,20 $\pm 0,43$ a	2,89 $\pm 0,33$ a	2,21 $\pm 0,18$ b	1,30 $\pm 0,11$ c	1,38 $\pm 0,28$ c	2,01 $\pm 0,20$ b	1,35 $\pm 0,12$ c	< 0,001
Produtividade de pescado (g m <sup>-3</sup> dia <sup>-1</sup> )	22,37 $\pm 4,76$ a	23,03 $\pm 2,45$ a	16,85 $\pm 4,28$ b	13,08 $\pm 1,64$ c	12,83 $\pm 1,71$ c	16,83 $\pm 0,60$ b	11,19 $\pm 1,95$ c	< 0,001
FCA	1,45 $\pm 0,52$ b	1,25 $\pm 0,26$ b	1,72 $\pm 0,60$ b	2,44 $\pm 0,29$ c	2,34 $\pm 0,59$ c	1,30 $\pm 0,04$ b	0,78 $\pm 0,10$ a	< 0,001
TEP	1,77 $\pm 0,22$ b	3,15 $\pm 0,07$ a	2,66 $\pm 0,29$ a	0,93 $\pm 0,08$ c	0,80 $\pm 0,17$ c	1,85 $\pm 0,04$ b	3,22 $\pm 0,47$ a	< 0,001

<sup>1</sup> Sobr: sobrevivência; TCE: taxa de crescimento específico =  $[(\ln \text{ peso corporal final} - \ln \text{ peso corporal inicial}) / n^\circ \text{ dias de cultivo}] \times 100$ ; FCA: fator de conversão alimentar = ração ofertada (g)/ganho em peso vivo (g); TEP: taxa de eficiência proteica = ganho em peso corporal (g)/proteína consumida (g). <sup>2</sup> 100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R; 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. <sup>3</sup> Para cada variável, diferentes letras na mesma linha indicam que as médias são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os resultados de fator de conversão alimentar (FCA) foram significativamente piores para os tratamentos 50R+50BFU e 50R+50BFS (50% de ração com 50% de bioflocos úmidos e

secos, respectivamente), quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 7). Os resultados de FCA para os tratamentos 100R (100% de ração), 75R (75% de ração), 75R+25BFU (75% de ração com 25% de bioflocos úmidos) e 75R+25BFS (75% de ração com 25% de bioflocos secos) não diferiram entre si de modo significativo ( $p < 0,05$ ; Tabela 7).

Exceto pelo controle experimental 50R (50% de ração), o melhor resultado para taxa de eficiência proteica (TEP) foi observado no tratamento experimental 75R+25BFU (75% de ração mais 25% de bioflocos úmidos) que não diferiu de modo significativo ao observado em 75R+25BFS (75% de ração com 25% de bioflocos secos;  $p > 0,05$ ; Tabela 7). A TEP dos peixes dos tanques 100R (100% de ração) foi significativamente menor que dos peixes dos tanques 75R+25BFU e 75R+25BFS. Esses resultados sugerem que a proteína dos bioflocos úmidos é melhor aproveitada pelos peixes para o seu crescimento do que a proteína da ração artificial, talvez por apresentar maior digestibilidade do que a última. Segundo Xu *et al.* (2012), os bioflocos afetam positivamente a atividade enzimática digestiva dos organismos em cultivo. Já Anand *et al.* (2014) concluíram que houve melhora expressiva na atividade digestiva dos animais cultivados quando se fez a suplementação da dieta artificial com bioflocos.

#### Qualidade de efluentes

As concentrações de oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato e matéria orgânica dos efluentes dos tanques de cultivo não diferiram entre os tratamentos experimentais ( $p > 0,05$ ; Tabela 8).

Concentrações significativamente menores de NAT foram observadas nos efluentes dos tanques 75R+25BFU e 75R+25BFS, quando comparado aos tanques 75R. Esse resultado sugere que a administração de bioflocos bacterianos aos tanques de cultivo de peixe traz benefícios ambientais por produzir efluentes mais limpos, especificamente por conter menos amônia. Segundo Crab *et al.* (2007), os bioflocos são capazes de tratar os efluentes de aquicultura por reciclar seus nutrientes, transformando-os em alimento *in situ*.

**Tabela 8** - Qualidade dos efluentes de tanques de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, alimentados por oito semanas com diferentes proporções de ração comercial para peixe e biomassa de bioflocos bacterianos (média  $\pm$  d.p.; n=5)

Variável <sup>1</sup>	Tratamento <sup>2</sup>							ANOVA P
	100R	75R +	75R +	50R +	50R +	75R	50R	
		25BFU	25BFS	50BFU	50BFS			
O <sub>2</sub> D (mg L <sup>-1</sup> )	2,05 $\pm$ 0,35	2,07 $\pm$ 0,20	2,34 $\pm$ 0,37	2,83 $\pm$ 0,16b	2,28 $\pm$ 0,25	2,68 $\pm$ 0,58	2,73 $\pm$ 0,64	ns
NAT (mg L <sup>-1</sup> )	1,26 $\pm$ 0,76 a <sup>3</sup>	0,02 $\pm$ 0,01 b	0,12 $\pm$ 0,04 b	0,05 $\pm$ 0,04 b	0,16 $\pm$ 0,14 b	0,72 $\pm$ 0,52 a	0,19 $\pm$ 0,16 b	< 0,001
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	0,19 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,07	0,04 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,04	0,51 $\pm$ 0,39	0,21 $\pm$ 0,16	ns <sup>4</sup>
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	299,36 $\pm$ 79,89	349,91 $\pm$ 98,17	298,80 $\pm$ 53,17	356,94 $\pm$ 55,61	290,51 $\pm$ 47,50	293,53 $\pm$ 60,80	305,15 $\pm$ 16,45	ns
Matéria orgânica (mg L <sup>-1</sup> )	126,0 $\pm$ 20,4	122,0 $\pm$ 20,7	121,0 $\pm$ 22,3	127,0 $\pm$ 20,7	139,0 $\pm$ 29,7	134,0 $\pm$ 25,6	138,0 $\pm$ 29,3	ns

<sup>1</sup> O<sub>2</sub>D: oxigênio dissolvido; NAT: nitrogênio amoniacal total; <sup>2</sup>100R: 100% de ração; 75R + 25BFU: 75% de ração e 25% de bioflocos úmidos; 75R + 25BFS: 75% de ração e 25% de bioflocos secos; 50R+50BFU: 50% de ração e 50% de bioflocos úmidos; 50R+50BFS: 50% de ração e 50% de bioflocos secos; 75R: fornecimento de 75% da ração ofertada a 100R; 50R: fornecimento de 50% da ração ofertada a 100R. <sup>3</sup> Para cada variável, diferentes letras na mesma linha indicam que há diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey (P<0,05); <sup>4</sup>Não significativo.

## CONCLUSÕES

1. A substituição parcial da ração artificial por bioflocos úmidos confere maiores valores de alcalinidade total e dureza total; e menores concentrações de nitrito à água de cultivo de juvenis de tilápia. Além disso, os efluentes dos tanques nos quais se substituiu parcialmente a ração pelos bioflocos conterão menos amônia;
2. Não há justificativa técnica para a secagem dos bioflocos bacterianos com o objetivo de fornecer a biomassa seca aos peixes cultivados. Melhores resultados de qualidade de água e de desempenho produtivo são obtidos quando se aplica aos tanques a biomassa bacteriana na forma úmida, ou seja, *in natura*;
3. Mesmo com a utilização de bioflocos úmidos, a maior parte da dieta dos juvenis de tilápia deverá ser constituída por ração artificial para obtenção de melhores resultados produtivos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi possível mostrar que é possível uma diminuição de até 25% na oferta de ração comercial ao cultivo quando substituída por biomassa de bioflocos úmida. Além de melhores resultados de desempenho zootécnico, foi possível observar que a qualidade da água foi significativamente melhor nos tanques em que se aplicava os bioflocos úmidos.

Apesar dos bioflocos apresentarem em torno de 30% de proteína bruta, não foi possível observar melhorias no desempenho da tilápia quando se substituía 50% e 75% da dieta artificial por biomassa de bioflocos. Além disso, a substituição total da ração comercial pelos bioflocos ocasionou a mortalidade de todos os peixes cultivados, mostrando-se, desse modo, como uma prática totalmente inviável. Como a biomassa seca foi ofertada junto com a ração e não incorporada na mesma, talvez a atrato-palatabilidade do bioflocos seco fosse baixa para a tilápia.

Foi possível mostrar que secar a biomassa dos bioflocos e ofertá-la ao cultivo não se mostrou um manejo válido, uma vez que os indicadores de desempenho zootécnico, bem como de qualidade de água do cultivo, foram inferiores ao observado nos tanques que receberam a biomassa úmida.

Acreditamos que esses resultados são de extrema importância para a aquicultura, principalmente para os produtores que utilizam o sistema de bioflocos (sistema BFT). É possível diminuir os custos com rações e com o manejo do sistema BFT, pois não há a necessidade da implantação da tecnologia BFT em todos os viveiros cultivados. A depender do tamanho da fazenda, sugere-se um único tanque cultivo de BFT, usando-o para inocular os bioflocos nos tanques de cultivo. Com a ideia do “tanque avulso” e a consequente diminuição do custo inicial do sistema BFT, pode-se atrair os produtores que desejam adotar o sistema BFT, porém não o iniciam por conta dos altos custos geralmente envolvidos para implantação dessa tecnologia.

São necessárias novas pesquisas para aprimorar ainda mais a ideia do tanque avulso. Além da oferta da biomassa de bioflocos úmidos, seria interessante incorporar a biomassa seca de bioflocos nas rações como um dos ingredientes das mesmas. Com isso, talvez o aproveitamento da biomassa de bioflocos pela tilápia aumentasse. Essa tecnologia também poderia ser testada no cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas doces ou oligohalinas. Contudo, há uma necessidade de se testar a tecnologia do tanque BFT avulso em escalas maiores para poder se certificar se a mesma seria viável dentro da realidade das fazendas comerciais de piscicultura.

## REFERÊNCIAS

- ANAND, P.S.S. *et al.* Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, Índia, v. 418-419, p. 108-115, 2014.
- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and waste water. 20th ed. **New York: American Public Health Association**, Nova Iorque, 1999.
- ARNOLD, S.J. *et al.* High-intensity, zero waterexchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. **Aquaculture**, Austrália, v.293, p. 42-48, 2009.
- ASADUZZAMAN, M. *et al.* Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. **Aquaculture**, Bangladesh v. 306, p. 127-136, 2010.
- AVNIMELECH, Y. C/N ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Israel, v.176, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquaculture Engineering**, Israel, v.34, p.172-178, 2006.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, Israel, v. 264, p. 140-147, 2007.
- AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, Israel, 2009. 182 p.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C.; The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Canadá, v.283, n.1-4, p.29-35, 2008.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C.; BRON, J.E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, Canadá, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.
- BALLESTER, E.L.C. *et al.* Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, Rio Grande, v. 16, p. 163-172, 2010.
- BAUER, W. *et al.* Substitution of fishmeal with microbial floc meal and sot protein concentrate in diets for the pacif white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture, S.I.**, v.342-343, p.112-116, 2012.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Springer International Editor, Texas, 2009. 700 p.

BROWDY, C.L. *et al.* Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. **Aquaculture**, Estados Unidos, p. 20-34, 2001.

BROWDY, C.L.; RAY, A.J.; LEFFLER, J.W.; AVNIMELECH, Y. Biofloc-based Aquaculture Systems. In: TIDWELL, J. (Ed.) **Aquaculture Production System**. Jonh Wiley & Sons, Inc, Estados Unidos, p.208-378. 2012.

BRASIL, **Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA**, 2013

CAMPOS, B.R. *et al.* Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda). **Atlântica**, Rio Grande do Sul, v.34, p.75-81, 2012.

CAVALCANTE, D.H. *et al.* Imbalances in the hardness/alkalinity ration of water and Nile tilapia's growth performance. **Acta Scientiarum**, Fortaleza, v.36, p.49-54, 2014.

CHABERLAIN, G. *et al.* Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N – I: Nutrient transformation and water quality benefits. **The Global Aquaculture Advocate**, S.I., s.n., p. 53-56, 2001.

COBO, M.L. *et al.* Ammonia tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) larvae. **Aquaculture Research**, Equador, v.45, p.47-475, 2014.

CRAB, R. *et al.* Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, Bélgica, v.270, n.1-4, p.1-14, 2007.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, Bélgica, v. 356-357, p. 351-356, 2012.

CRAIG, S.; HELFRICH, L.A. Understanding fish nutrition, feeds and feeding. **Virginia Cooperative Extension**, Estados Unidos, v.420, 2002.

CYRINO, J. E. P. *et al.* A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.68-87, 2010.

EBELING, J. M.; TIMMONS M. B; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of hotoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. **Aquaculture**, Estados Unidos, v.257, p.346-358, 2006.

EL-SHAFI, S.A. *et al.* Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Egito, v.232, p.117-127, 2004.

FAO – Food and Agriculture Organization. **How to Feed the World in 2050**. 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The state of world fisheries and aquaculture**. 2012.

FROES, C. *et al.* Fertilização orgânica com carbon no cultivo intensivo em viveiros com sistemas de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica (Rio Grande)**, Rio Grande, v.34, n.1, p.31-39, 2012.

FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H; WASIELESKY, W.J. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology (BFT) systems. **Aquaculture**, Rio Grande do Sul, v.321, n.1-2, p.130-135, 2011.

HAGREAVES, J. A. Photosynthetic suspend-growth system in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, Los Angeles, v.32, p.344-363, 2006.

HUNDLEY, G. M. C. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Origanum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. 2013. Monografia (Graduação) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013.

JATOBÁ, A. *et al.* Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive and biofloc systems. **Aquaculture**, Araquari, v.432, p.365-371, 2014.

JU, Z., FORSTER, I., CONQUEST, L., DOMINY, W. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp flocc or flocc fractions to a formulated diet. **Aquaculture. Nutrition**, Havaí, v.14, p.533–543, 2008.

KNUDSEN, P. K.; JENSEN, F. B. Recovery from nitrite-induced methaemoglobinaemia and potassium balance disturbances in carp. **Fish Physiology Biochemistry**, Dinamarca, v.16, n.1 p.1-10, 1997.

KUBTIZA, F *et al.* Panorama da piscicultura no Brasil – Parte 1. **Panorama da Aquicultura**, Brasil, v. 22, n. 132, p. 14-25, 2012.

KUHN, D.D. *et al.* Microbial flocc meal as replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, Estados Unidos, v. 296, p. 51-57, 2009.

LEFRANÇOIS, P *et al.* Minimizing phosphorus discharge from aquaculture earth ponds by a novel sediment retention system. **Aquacultural Engineering**, Quebec, v.43, n.3, p.94-100, 2010.

LIU, L.; HU, Z.; DAI, X.; AVNIMELECH, Y. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in a integrates shrimp culture system. **Aquaculture**, China, v. 418-419, p.79-86, 2014.

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

LOU, G. *et al.* Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and indoor biofloc system. **Aquaculture**, China, v.422-423, p. 1-7, 2014.

MEGAHED, M.E. The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. **Journal of the Arabian Aquaculture Society, S.I.**, v.5, p.119–142, 2010.

NOVAES, J.L.C.; CARVALHO, E.D. Analysis of artisanal fisheries in two reservoirs of the upper Paraná River basin (Southeastern Brazil). **Neotropical Ichthyology**, Paraná, v.11, p.403-412, 2013.

PERÉZ-FUENTES, J.A.; PÉREZ-ROSTRO, C.I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M.P. Pond-reared Malaysian pwan *Macrobrachium rosenbergii* with biofloc system. **Aquaculture**, México, v. 400-401, p. 105-110, 2013.

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

SCHNEIDER, O. *et al.* The potential of producing heterotrophic biomass on aquaculture waste. **Water Research**, Holanda, v.40, n.14, p.2684–2694, 2006.

SCHRYVER, P.D. *et al.* The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, Bélgica, v. 277, p. 125-137, 2008.

SCHVEITZER, R. *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**, Santa Catharina, v.56, p. 59-70, 2013.

SCHRYVER, P; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. **Bioresource Technology**, Bélgica, v.100, p. 1162-1167, 2009.

SOARES, R. *et al.* Nutricional composition of flocculated material in experimental zero-exchange system for *Penaeus monodon*. **Australasian Aquaculture, S.I., s.n.**, p.98, 2004.

WASIELESKY, W. *et al.* Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Panorama da Aquicultura**, Rio Grande, v.16, p. 14-23, 2006.

XU, W.J.; PAN, L.Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N in feed. **Aquaculture**, China, v.356-357, p.147-152, 2012.

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-exchange culture tanks. **Aquaculture**, China, v.350-353, p. 147-153, 2012.

ZHAO, P. *et al.* The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming system of *Maruspenaeus japonicus*. **Aquaculture**, China, v. 354-355, p.97-106, 2012.

WASIELESKY, W. *et al.* Effect of natural production in a zero exchange suspend microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Rio Grande do Sul, v.258, n.2, p.396-403, 2006.