

PRISCILLA CELES MACIEL DE LIMA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE *Chlorella vulgaris* E MELAÇO NA QUALIDADE DA  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM BAIXA  
SALINIDADE**

Recife, 2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE *Chlorella vulgaris* E MELÃO NA QUALIDADE DA  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM BAIXA  
SALINIDADE**

**Priscilla Celes Maciel de Lima**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

**Prof.(a) Dr.(a) ALFREDO OLIVERA GÁLVEZ**  
**Orientador**  
**Prof.(a) Dr.(a) LUIS OTAVIO BRITO DA SILVA**  
**Co-orientador**

**Recife,**  
**Julho/2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

L732e Lima, Priscilla Celes Maciel de  
Efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e melão na qualidade da água e crescimento de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos com baixa salinidade / Priscilla Celes Maciel de Lima. – 2017.

61 f. : il.

Orientador: Alfredo Olivera Gálvez.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiro e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2017.  
Inclui referências.

1. BFT 2. Microalga 3. Carboidrato I. Olivera Gálvez, Alfredo, orient. II. Título

CDD 639

LIMA, P. C. M. Efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e melão na qualidade da água...

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**EFEITO DA ADIÇÃO DE *Chlorella vulgaris* E MELÃO NA QUALIDADE DA  
ÁGUA E CRESCIMENTO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO  
(*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM BAIXA  
SALINIDADE**

**Priscilla Celes Maciel de Lima**

Dissertação julgada adequada para  
obtenção do título de mestre em  
Recursos Pesqueiros e Aquicultura.  
Defendida e aprovada em  
21/07/2017 pela seguinte Banca  
Examinadora.

---

**Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez**  
**Orientador**  
**Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE**

---

**Profa. Dra. Suzianny Maria Bezerra Cabral da Silva**  
**Departamento de Pesca e Aquicultura/UFRPE**

---

**Profa. Dra. Juliana Ferreira dos Santos**  
**Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UFRPE**

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha família.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado durante toda jornada e ter me dado sabedoria e não permitindo que desistisse.

Ao meu orientador professor Dr. Alfredo Olivera Gálvez, pela orientação.

Ao meu co-orientador professor Dr. Luis Otavio Brito da Silva por toda orientação, pelos muitos conhecimentos passados, incentivo e apoio.

À Professora Suzianny Maria Bezerra Cabral da Silva e ao Professor Paulo Roberto C. de Oliveira Filho pelo auxílio na execução da pesquisa.

Agradeço ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

À minha família, minha mãe Frankneide Nunes e minha avó Ednauria Nunes, pelo estímulo e apoio durante todo o caminho.

Ao meu namorado Tadrio Tabosa Azevedo de Menezes, por ter sido minha calma, quando não a tive, por ter ficado sempre firme ao meu lado em todos os momentos e ter me dado muita força e incentivo.

A todos que me ajudaram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Em especial, a Leônidas Oliveira, Agatha Limeira, Caio Albuquerque, Hugo Maia, Igor Figueredo, Júlio Reis, Jéssika Abreu, Marcos Canedo, Mirina Cunha, Rildo Andrade, Yuri Santos e os demais companheiros do Laboratório de Maricultura Sustentável – LAMARSU e do Laboratório de Produção de Alimento Vivo – LAPAVI.

Às minhas amigas Camila Barros, Isabelly Barbosa e Ítala Sobral, por todo apoio e companheirismo.

## Resumo

Entre os sistemas de produção aquícola, o sistema intensivo com bioflocos vêm se destacando. Considerando o grande potencial deste sistema para o cultivo de tilápia, objetivou-se avaliar o efeito da adição de microalga (*Chlorella vulgaris*) e da quantidade de melação na qualidade de água, desempenho zootécnico, composição centesimal e perfil hematológico de alevinos de tilápia do nilo cultivados em baixa salinidade ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ). Foram utilizados alevinos de *Oreochromis niloticus* com peso médio de  $3,15 \pm 0,5\text{g}$ , distribuídos em 12 caixas retangulares com volume útil de 50 litros ( $0,05 \text{ m}^3$ ) na densidade de  $680 \text{ peixes m}^{-3}$ , em um delineamento fatorial (adição de microalga e quantidade de melação), perfazendo quatro tratamentos, sendo eles: dois com melação na quantidade de 30% da ração ofertada, BFT-30 (sem *C. vulgaris*) e BFT-C30 (com *C. vulgaris*), e dois com melação na quantidade de 50% da ração ofertada, BFT-50 (sem *C. vulgaris*) e BFT-C50 (com *C. vulgaris*), com três repetições cada. O estudo teve duração de 70 dias, nesse período o melação foi adicionado diariamente e a microalga foi inoculada a cada cinco dias para deixar as unidades experimentais na concentração de  $5 \times 10^4 \text{ células mL}^{-1}$ . Ao final, o peso final, comprimento final, taxa de crescimento específico, sobrevivência, fator de conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, consumo de água, uso de sedimentador e perfil hematológico apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) quando avaliado o efeito da quantidade de adição de melação, assim como a combinação dos fatores. O efeito do nível da adição de melação foi significativo para a maioria das variáveis, enquanto que a adição da microalga foi significativa apenas para consumo de água, comunidade plânctonica e volume corpuscular médio. Os tratamentos com menor adição de melação (30%) apresentaram melhores resultados, devido ao fato de que nos tratamento com maior adição de melação (BFT-50 e BFT-C50) encontrou-se maiores valores de sólidos sedimentáveis ( $>50 \text{ mL L}^{-1}$ ), que provavelmente afetou negativamente o desempenho zootécnico dos animais. Portanto, a utilização de sistemas de cultivo com bioflocos é uma boa opção para produção de alevinos tilápia, contudo, sugere-se uma baixa taxa de adição de melação no sistema de cultivo.

**Palavras-chave:** BFT, tilápia, microalga, carbono orgânico.

**Abstract**

Among the production systems in aquaculture, the intensive system with bioflocs has been highlighting. Considering the great potential of this system for the cultivation of tilapia, the objective of this work was to evaluate the effect of the addition of microalgae (*Chlorella vulgaris*) and molasses quantity on the water quality, zootechnical performance, centesimal composition and hematological profile of Nile tilapia fingerlings grown in low salinity (10 g L<sup>-1</sup>). Fingerlings of *Oreochromis niloticus* with an average weight of 3.15 ± 0.5g were used, they were distributed in 12 rectangular boxes with an usable volume of 50 liters (0.05 m<sup>3</sup>) at a density of 680 fish m<sup>-3</sup>, in a factorial design (addition of microalgae and amount of molasses), making four treatments, being: two of them with molasses in the amount of 30% of the feed offered, BFT-30 (without *C. vulgaris*) and BFT-C30 (with *C. vulgaris*), and two with molasses in the amount of 50% of the feed offered, BFT-50 (without *C. vulgaris*) and BFT-C50 (with *C. vulgaris*), with three replicates each. The study lasted 70 days, during which time the molasses were added daily and the microalga was inoculated every five days to leave the experimental units in the concentration of 5x10<sup>4</sup> cell mL<sup>-1</sup>. At the end, the final weight, final length, specific growth rate, survival, feed conversion factor, protein efficiency rate, water consumption, sedimentation use and hematological profile showed significant differences (p≤0.05) when the effect of the amount of molasses addition was evaluated, as well as the combination of factors. The effect of the level of molasses addition was significant for most variables, while the addition of microalga was significant only for water consumption, planktonic community and mean corpuscular volume. The treatments with lower molasses addition (30%) presented better results, due to the fact that in the treatments with more molasses addition (BFT-50 and BFT-C50) higher values of sedimentable solids were found (>50 mL L<sup>-1</sup>), which probably affected negatively the zootechnical performance of the animals. Therefore, the use of culture systems with bioflocs is a good option for production of Nile tilapia fingerlings, however, it is suggested a low rate of molasses addition in the culture system.

**Key words:** BFT, tilapia, microalgae, organic carbono.



## Lista de tabelas

	Página
Tabela 1 - Variáveis de qualidade de água do cultivo de tilápia do Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> , cultivadas com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão em sistema de bioflocos.	43
Tabela 2 - Atividade microbiana do cultivo de tilápia do Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> , cultivadas com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão em sistema de bioflocos.	44
Tabela 3 - Abundância relativa da comunidade planctônica do cultivo de alevinos de <i>Oreochromis niloticus</i> em sistema de bioflocos com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão.	45
Tabela 4 - Composição corporal de tilápia do Nilo e do biofoco do cultivo de <i>Oreochromis niloticus</i> com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão.	46
Tabela 5 - Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) do desempenho zootécnico da tilápia do Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> , cultivadas com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão em sistema de bioflocos.	47
Tabela 6 - Variáveis hematológicas de tilápia do Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> , cultivadas com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão em sistema de bioflocos.	48

## Sumário

	Página
Dedicatória	4
Agradecimento	5
Resumo	6
Abstract	7
Lista de tabelas	8
1.Introdução	10
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 Hipótese	13
2. Artigo Científico - Cultivo de alevinos de tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) em bioflocos com adição de <i>Chlorella vulgaris</i> e melão em baixa salinidade.	14
3. Considerações finais	49
4. Referências	50

## 1. Introdução

A produção mundial da aquicultura foi de 73,8 milhões de toneladas, em 2014, onde os peixes provenientes de aquicultura continental representaram 57,7% desse valor (FAO, 2016). No Brasil, a produção de peixes (483,2 mil toneladas) é apenas continental, prevalecendo espécies como a tilápia (45,4%) e o tambaqui (28,1%) (IBGE, 2015). A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se com produção na maioria das regiões brasileiras, obtendo um volume de aproximadamente 219,33 mil toneladas, em 2015, o que representou 37,03% da produção aquícola nacional e um impacto na economia de aproximadamente R\$ 1,18 milhões (IBGE, 2015).

Com o aumento da demanda por proteína animal, a indústria da aquicultura tem sido uma alternativa viável. A produção mundial de pescado vem crescendo constantemente nos últimos 50 anos, com uma taxa média anual de 3,2%, superando a taxa de crescimento da população humana de 1,6% (FAO, 2014). Para suprir esse aumento da demanda por pescado é necessário o aperfeiçoamento das técnicas de produção aquícola, uma vez que os estoques pesqueiros capturados não apresentaram significativos aumentos, entre 2009 a 2014 (FAO, 2016).

Neste sentido, é de extrema importância a implantação de sistemas eficientes para os aspectos produtivos e ambientais, e dentre as alternativas os sistemas de cultivo o mais promissor é o cultivo fechado com bioflocos (AVNIMELECH, 2012; RAY, 2012). O sistema biofoco é um dos mais estudados nos últimos anos e foi considerado como uma técnica menos degradável ao meio ambiente, pois ao longo do cultivo as trocas de água são mínimas e proporciona um melhor aproveitamento da área de cultivo (CRAB *et al.*, 2009; AVNIMELECH, 2012). Além disso, nesse sistema podem ser utilizadas maiores densidades de estocagem, juntamente com o controle adequado das variáveis de qualidade da água (AVNIMELECH, 2012).

Neste sistema de cultivo os nutrientes são continuamente reciclados e reutilizados (BURFORD *et al.*, 2004; EMERENCIANO *et al.*, 2013) e basea-se na manipulação adequada da comunidade bacteriana a partir de uma relação de Carbono:Nitrogênio (EMERENCIANO *et al.*, 2013). O alto teor de carbono em relação ao nitrogênio (C:N) é necessário para garantir um crescimento ótimo das bactérias heterotróficas (AVNIMELECH, 2007; EMERENCIANO *et al.*, 2012), pois uma alta concentração de carbono orgânico na água pode substituir a capacidade de assimilação de carbono pelas algas, contribuindo para o crescimento das bactérias. Este sistema de

cultivo tem sido utilizado para o cultivo de camarões e peixes, inclusive diversos autores relatam o sucesso do cultivo de tilápia em biofoco em diferentes fases da produção (AZIM e LITTLE, 2008; EKASARI et al., 2015; LIMA et al., 2015; LONG et al. 2015; DAY et al., 2016; BROL et al., 2017; MIRANDA-BAEZA et al., 2017).

Os microorganismos, que compõem o biofoco, são responsáveis pela manutenção da qualidade da água, através da absorção de compostos nitrogenados, e pela nutrição dos organismos cultivados (EMERENCIANO et al., 2013), uma vez que os biofocos são ricos em nutrientes, e podem servir como alimento complementar, aumentando o desempenho zootécnico de camarões (MARINHO et al., 2014; BRITO et al., 2016) e peixes (LONG et al., 2015), ou podem ser utilizados como insumo na fabricação de rações para espécies aquícolas (KUHN et al., 2009, 2010). Por este motivo, a utilização de biofoco como uma fonte de alimento pode implicar em uma diminuição da exigência de proteína na ração formulada (XU *et al.*, 2012), além de melhorar a eficiência de utilização de nitrogênio pelos animais cultivados (BRITO et al., 2016), contudo, os biofocos apresentam um baixo teor lipídico (AZIM e LITTLE, 2008; EMERENCIANO et al., 2012; LUO et al., 2014). Uma forma de melhorar a qualidade nutricional do biofoco é com a inoculação de plâncton neste sistema, além disso, uma alimentação composta pela combinação de alimento natural e ração comercial proporciona maior crescimento e sobrevivência para os organismos cultivados, quando comparado a estas dietas ofertadas isoladamente (MOREIRA et al., 2012).

As microalgas e as cianobactérias já são aplicadas na alimentação de moluscos e crustáceos (SHIELDS e LUPATSCH, 2012), mas ainda não são comercialmente aplicadas como fonte de alimento para peixes, no entanto, a inclusão de fontes unicelulares em dietas de peixe tem sido objeto de vários estudos (HUSSEIN et al., 2013; VIZCAÍNO et al., 2014; TIBALDI et al., 2015; GARCÍA-ORTEGA et al., 2016), e os principais resultados destes estudos são o efeito positivo sobre a saúde e um melhor desempenho zootécnico dos organismos cultivados.

A adição de microalgas no biofoco já foi testada no cultivo de pós-larvas de camarão marinho *Litopennaeus vannamei* por Marinho et al. (2017) e Brito et al. (2016), onde estes autores observaram um melhor desempenho zootécnico dos organismos cultivado no sistema de biofocos com inoculação da *Navicula* sp. Para tilápia, Miranda-Baeza et al. (2017) avaliaram a adição da cianobactéria *Oscillatoria* sp. no cultivo de híbridos de tilápia em biofoco, no entanto, observaram que a adição da cianobactéria

prejudicou o desenvolvimento dos peixes e aumentou o valor dos sólidos suspensos totais.

No cultivo autotrófico de Tilápia, Moreira et al. (2012), em análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton, encontraram uma maior contribuição da microalga do gênero *Chlorella* sp. A clorofícea *Chlorella* sp. é uma espécie rica em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (HANAGATA et al., 1992), sendo uma ótima oferta de alimento vivo (LU et al., 2004). Além disso, esta espécie demonstra grande capacidade de resistir às mudanças bruscas nas condições ambientais em seu habitat (MATA et al., 2010), e por estes motivos, esta espécie pode ser utilizada no cultivo de tilápia em biofloco.

As tilápias possuem hábito alimentar fitoplanctófago, tendendo a onívoro (BARROS et al., 2002), este hábito alimentar filtrador e detritívoro, permitir que ela se alimente de partículas em suspensão na coluna da água e detritos, características importantes para possíveis candidatos ao cultivo em sistema com bioflocos (AZIM et al., 2003). Esta espécie é resistente ao manejo, apresenta rápido crescimento, fácil reprodução em cativeiro, resistência às doenças, boa qualidade da carne e se adaptar a vários ambientes de cultivo, tolerando uma ampla faixa das variáveis de qualidade da água, como temperatura e salinidade (EL-SAYED, 2006; TSADIK e BART, 2007; CHAKRABORTY et al., 2011; NG e ROMANO, 2013), por estes motivos expostos acima, a tilápia é uma das espécies mais produzidas mundialmente.

Segundo Pimentel (2006) a capacidade das tilápias suportarem amplas variações de salinidade, vem do fato de terem seu ancestral de origem marinha. Tilápias cultivadas em águas salobras e salgadas não apresentam problemas como *off-flavor*, ou seja, a presença de sabores e odores indesejáveis, e sua carne geralmente se assemelha em sabor a carne de peixes marinhos. Seu cultivo, nesses ambientes, pode resultar em produtos extremamente atrativos quanto ao aspecto sensorial, os quais atuariam num mercado sub abastecido, o de peixes marinhos, por se assemelharem muito no sabor (CYRINO et al., 2004; KUBITZA, 2005).

O uso de águas com baixas salinidades para o cultivo de larvas de peixes dulcícolas pode proporcionar uma economia nos processos de osmorregulação, energia esta que será disponibilizada para o crescimento (TAKATA e LUZ, 2015). Outro fator positivo do cultivo em água salgada é que nesse ambiente a toxicidade da amônia (NH<sub>3</sub>) e do nitrito (NO<sub>2</sub>) diminui com o aumento da salinidade (COLT, 2006).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e do melão no cultivo de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos com baixa salinidade.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Analisar o desempenho zootécnico da tilápia cultivada em sistema com bioflocos em baixa salinidade com adição de *Chlorella vulgaris* e diferentes quantidades de melão;
- Avaliar a qualidade da água no cultivo de tilápia em sistema com bioflocos em baixa salinidade com adição de *Chlorella vulgaris* e diferentes quantidades de melão;
- Avaliar a comunidade planctônica presente no cultivo de tilápias em sistema com bioflocos em baixa salinidade;
- Avaliar a composição centesimal da tilápia e do biofloco deste sistema;
- Avaliar o estado de saúde dos alevinos de tilápia cultivados em sistema com bioflocos em baixa salinidade com adição de *Chlorella vulgaris* e diferentes quantidades de melão.

## **1.2 Hipótese**

A adição da microalga *Chlorella vulgaris* no sistema de bioflocos com baixa salinidade e diferentes níveis de adições de melão melhora a qualidade da água e o desempenho zootécnico da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

## 2. Artigo científico

**Artigo científico a ser encaminhado à Revista Aquaculture (ISSN: 0044-8486)**

Todas as normas de redação e citação, deste artigo, atendem aquelas estabelecidas pela referida revista.

**Cultivo de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos com adição de *Chlorella vulgaris* e melão em baixa salinidade**

Priscilla Celes Maciel de Lima<sup>a\*</sup>, Luis Otavio Brito da Silva<sup>a</sup>, Jéssika de Lima Abreu<sup>a</sup>,  
Agatha Catharina Limeira<sup>a</sup>, William Severi<sup>b</sup>, Alfredo Olivera Gálvez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Laboratório de Maricultura Sustentável. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 – Recife, Pernambuco, Brasil. priscilla.celes@ufrpe.br, engpescalo@hotmail.com, jessik.labreu@gmail.com, agathalimeira@gmail.com, alfredo\_oliv@yahoo.com

<sup>b</sup> Laboratório de Limnologia. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 – Recife, Pernambuco, Brasil. wseveri@gmail.com

\*Corresponding author: Laboratório de Maricultura Sustentável. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 – Recife, Pernambuco- Brasil. Email: priscilla.celes@ufrpe.br, Telephone: +55 81 3320-6597.



## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e da quantidade de melação na qualidade de água do cultivo, desempenho zootécnico, composição centesimal e estado de saúde de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de bioflocos com baixa salinidade (10 g L<sup>-1</sup>). Foram testados quatro tratamentos: BFT-30 (sem a adição de *C. vulgaris* e melação na quantidade de 30% da ração ofertada), BFT-C30 (com a adição de *C. vulgaris* e melação na quantidade de 30% da ração ofertada), BFT-50 (sem a adição de *C. vulgaris* e melação na quantidade de 50% da ração ofertada) e BFT-C50 (com a adição de *C. vulgaris* e melação na quantidade de 50% da ração ofertada), durante 70 dias. Os alevinos (3,15 ± 0,5g) foram estocados na densidade de 680 peixes m<sup>-3</sup> e a microalga foi inoculada (5 x 10<sup>4</sup> cel mL<sup>-1</sup>) a cada cinco dias nas unidades experimentais. Os peixes foram alimentados com ração comercial de 36% de proteína bruta, na frequência de quatro vezes ao dia. Ao avaliar o fator efeito da quantidade de melação, assim como a interação entre os fatores, foram encontradas diferenças para peso final, comprimento final, sobrevivência, fator de conversão alimentar, taxa de crescimento específico, consumo de água, taxa de eficiência proteica, tempo de uso do sedimentador e perfil hematológico, onde os tratamentos com menor adição de melação (30%) apresentaram melhores resultados. Entretanto, o efeito da adição da microalga (*C. vulgaris*) apenas influenciou o volume corpuscular médio, a comunidade plânctonica e na quantidade de água consumida por biomassa de peixe produzida. Os resultados sugerem que a elevada adição do melação (50% da quantidade de ração ofertada) no cultivo em biofoco afeta a qualidade da água e o perfil hematológico dos alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), prejudicando o seu desenvolvimento. Dessa forma, recomendasse uma adição de 30% de melação para o cultivo de alevinos de tilápia em biofoco com baixa salinidade.

**Palavras-chave:** peixe, microalga, carboidrato, BFT

## 1. Introdução

A produção mundial da aquicultura foi de aproximadamente 73,8 milhões de toneladas em 2014, excluindo-se as plantas aquáticas. Os peixes foram responsáveis por 67,6% desta produção, com 87,4% proveniente da aquicultura continental (FAO, 2016). Dentre os peixes de água doce produzidos, podemos destacar a tilápia do Nilo,

*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), e tal fato está relacionado a resistência da espécie a variáveis de qualidade de água, rápido crescimento, fácil reprodução em cativeiro e hábil adaptação aos diferentes ambientes de cultivos (El-Sayed, 2006; Tsadik e Bart, 2007; Chakraborty et al., 2011; Dagne et al., 2013), com tolerância a salinidade, podendo ser cultivada entre 0 e 12 g L<sup>-1</sup> (Likongwe et al., 1996).

O cultivo de tilápia em água salgada é uma alternativa para Semiárido Brasileiro, onde a escassez de águas superficiais é um fator limitante ao desenvolvimento da região, onde a opção para estes locais são o uso das águas subterrâneas (Medeiros et al., 2003; Andrade Júnior et al., 2006). Entretanto, em região do embasamento cristalino é comum encontrar águas com baixa vazão e altos teores de sais dissolvidos no subsolo (Costa, 1995; Zoby e Oliveira, 2005; Costa et al., 2006), entre 1,1 e 10,0 g L<sup>-1</sup> de salinidade (Brasil, 2012). O tratamento amplamente utilizado para reduzir a concentração de sais dessas águas tem sido a dessalinização, no entanto, este processo gera um concentrado salino (Soares et al., 2006), que pode ser reutilizada para a aquicultura (Ahmed et al., 2003).

Com o aumento da demanda por proteína animal, a indústria da aquicultura tem sido uma alternativa, entretanto, esta atividade tem limitações em relação ao uso de água e de terras. Por este motivo, a prática da aquicultura necessitar da implantação de sistemas mais eficientes, pois durante os cultivos de organismos aquáticos são ofertadas grandes quantidades de alimento formulado (ração) e o excesso deste alimento resulta na eutrofização dos sistemas (Tacon et al., 2002).

O sistema de cultivo intensivo com bioflocos é uma alternativa bastante promissora (Colt, 2006; Ray, 2012), pois baseia-se na: (1) manipulação adequada de microorganismos a partir de uma relação de Carboidrato:Nitrogênio na água (Avnimelech, 2006; Emerenciano et al., 2013), a qual resulta na produção de proteína microbiana (flocos) que servem de alimento para camarões e peixes (Long et al., 2015; Brito et al., 2016), (2) na troca mínima ou zero de água (Azim e Little, 2008, Crab et al., 2009; Avnimelech, 2012) e, (3) maiores índices de produtividade em relação aos convencionais, pois permite trabalhar com alta densidade de estocagem (Avnimelech, 2015). Diversos autores relatam o sucesso do cultivo de Tilápia em bioflocos (Azim e Little, 2008; Ekasari et al., 2015; Lima et al., 2015; Long et al. 2015; Day et al., 2016; Miranda-Baeza et al., 2017), inclusive em água salgada (Brol et al., 2017).

Para a regulação da relação Carboidrato:Nitrogênio é adicionado o melão (fonte de carboidrato), que além de poder eliminar o problema de acúmulo de nitrogênio

inorgânico proporciona o surgimento das partículas floculadas (flocos), influencia a comunidade microbiana e composição centesimal do biofloco (Asaduzzaman et al., 2010; Audelo-Naranjo et al., 2012; Wei et al., 2016). Gao et al. (2012) ao avaliarem a quantidade de adição de melão, encontraram que a adição do carboidrato no sistema sem troca de água no cultivo de camarão pode prevenir o acúmulo do nitrogênio amoniacal total e nitrito, podendo resultar em um melhor crescimento dos organismos cultivados.

Por apresentarem um alto conteúdo nutricional, os flocos podem ser um alimento alternativo para os animais cultivados (Avnimelech, 2009; Zhao et al., 2012; Pérez-Fuentes et al., 2013), no entanto, o conteúdo lipídico é baixo (Emerenciano et al., 2012; Luo et al., 2014). No sistema de cultivo com biofloco, a oferta de dietas apenas com alimentos formulados podem resultar em um fornecimento insuficiente de alguns nutrientes essenciais, tornando-se necessária uma fonte suplementar de alimento natural na dieta dos organismos, como as microalgas (Marinho et al., 2014; 2017; Brito et al., 2016). Desta forma, as microalgas tornam-se uma alternativa como complemento alimentar de alta qualidade, pois já são conhecidas por suas grandes utilidades como fonte de alimento vivo. A *Chlorophyceae* é a classe fitoplânctônica mais frequente em água doce (Esteves, 2011) e o gênero *Chlorella* está entre as microalgas mais utilizadas na aquicultura (Derner et al., 2006) para nutrição de organismos aquáticos, pois apresenta elevado crescimento e é tolerante à várias condições de cultivo (Lourenço, 2006; Mata et al., 2010).

O presente estudo avaliou o efeito da adição de *Chlorella vulgaris* e da concentração de melão no cultivo de alevinos de tilápia do nilo (*O. niloticus*) em sistema de bioflocos com baixa salinidade sobre a qualidade de água, a comunidade planctônica do meio, o desempenho zootécnico, a composição centesimal dos peixes e biofloco e as variáveis hematológicas.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Delineamento experimental**

O experimento teve duração de 70 dias e o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial, com dois fatores: Fator 1 (adição de *Chlorella vulgaris*) e Fator 2 (melão na quantidade de 30% e 50% da ração ofertada), perfazendo quatro tratamentos com três repetições cada, totalizando doze unidades

experimentais. Os tratamentos avaliados foram: Bioflocos com a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 30% da ração ofertada (BFT-C30), bioflocos com a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 50% da ração ofertada (BFT-C50), bioflocos sem a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 30% da ração ofertada (BFT-30) e, bioflocos sem a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 50% da ração ofertada (BFT-50).

## 2.2 Preparação do bioflocos

Antes da preparação do sistema bioflocos, a água com salinidade de  $10\text{ g L}^{-1}$  foi clorada com  $13\text{ mg L}^{-1}$  de cloro ativo. Após 72 horas de aeração, foram iniciadas as fertilizações inorgânicas, com ureia e superfosfato triplo nas concentrações de 3 e  $0,3\text{ mg L}^{-1}$ , e orgânicas, com melão de cana de açúcar e ração pulverizada com 36% de proteína bruta, para a formação da biomassa bacteriana em um tanque matriz de  $1,5\text{ m}^3$  (volume útil de  $1,4\text{ m}^3$ ). A relação Carboidrato:Nitrogênio utilizada foi de 12:1, calculada de acordo com De Schryver et al. (2008). Após 40 dias de fertilizações foram adicionadas tilápias ( $1\text{ g}$ ) no tanque matriz, na densidade de  $50\text{ peixes m}^{-3}$ .

## 2.3 Peixes

Alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) masculinizados foram adquiridos de uma larvicultura comercial (Piscicultura Vale da Mina, Paulista, Brasil) com peso médio de  $1\text{ g}$ . Após a chegada ao laboratório, os animais foram colocados em sistema de aclimação, onde foram mantidos em tanque retangular de fibra de vidro na densidade de  $625\text{ peixes m}^{-3}$ . Neste período, foram realizadas fertilizações com melão de cana de açúcar (Carboidrato:Nitrogênio de 12:1) baseada na fórmula de De Schryver et al. (2008), a fim de manter as variáveis de qualidade de água em níveis adequados. Além disto, diariamente foi realizada aclimação para aumentar salinidade ( $2\text{ g L}^{-1}$  por dia), até atingir a concentração final de  $10\text{ g L}^{-1}$ . Após ajuste da salinidade, os animais foram mantidos nos tanques de aclimação por mais dez dias, onde foram alimentados quatro vezes ao dia com uma ração extrusada comercial contendo 36% de proteína bruta em pó na proporção de 15% da biomassa.

Após o período de aclimação, foi realizada uma classificação dos peixes antes da estocagem nas unidades experimentais. As unidades experimentais com volume de 50 litros foram povoadas com 34 peixes ( $3,15 \pm 0,5\text{ g}$ ) por unidade, equivalente a uma densidade de  $680\text{ peixes m}^{-3}$ . As unidades experimentais foram abastecidas na

proporção de 50% do volume (25 litros) com água do tanque matriz de bioflocos, e o volume restante com água filtrada em filtro de 1,5  $\mu\text{m}$  e esterilizada com 13  $\text{mg L}^{-1}$  de cloro ativo, na salinidade de 10  $\text{g L}^{-1}$ .

#### 2.4 Adição de fitoplâncton

A microalga *Chlorella vulgaris* foi obtida do banco de cepas do Laboratório de Produção de Alimento Vivo - LAPAVI da UFRPE e cultivada em meio Provasoli (Mclachlan, 1973), o qual foi utilizado 1,0  $\text{mL L}^{-1}$  na solução de cultivo com salinidade de 10  $\text{g L}^{-1}$ , pH 7,9, temperatura  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e intensidade luminosa de  $\sim 2000$  lux obtida através de lâmpada fluorescente com fotoperíodo de 24 horas de luz. A microalga *C. vulgaris* foi inoculada nos tratamentos BFT-C30 e BFT-C50 a cada cinco dias durante o período experimental para deixar as unidades na densidade de  $5 \times 10^4$   $\text{cel mL}^{-1}$ , seguindo a metodologia utilizada por Brito et al. (2016) ao avalia a adiação de *Navicula* sp. no cultivo de camarão em biofoco.

#### 2.5 Manejo

Semanalmente, foi realizada biometria de 30% dos espécimes de cada unidade experimental para mensuração do peso e comprimento do animais, e o peso médio foi multiplicado pelo número total de peixes vivos em cada réplica, para calcular a biomassa semanal estimada. O peso foi mensurado com o auxílio de uma balança de precisão milesimal (0,001g) (BEL Engineering M503). Simultaneamente às biometrias, todos os animais de cada unidade experimental foram contados para a avaliação da sobrevivência. Para manutenção dos sólidos sedimentáveis, foi utilizado um sedimentador para evitar que os sólidos sedimentáveis não ultrapassassem valores superiores a 50  $\text{mL L}^{-1}$  (Avnimelech, 2011).

A fonte de carboidrato (melão de cana-de-açúcar) foi adicionada diariamente nas unidades experimentais e foi calculada de acordo com a quantidade de ração ofertada, sendo de 30% para os tratamento BFT-C30 e BFT-30 e de 50% para BFT-C50 e BFT-50. Além disso, foi adicionado hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) para manter a alcalinidade  $> 100$   $\text{mg L}^{-1}$  e pH  $> 7.5$  (Furtado et al., 2011).

A alimentação das tilápias foi realizada com uma ração comercial extrusada com 36% de proteína bruta, 4% de extrato etéreo, 5% de matéria fibrosa e 12% de umidade, na taxa de alimentação de 8% da biomassa na primeira semana (alimento em pó), sendo

reduzida gradativamente ao longo das semanas até atingir 5% da biomassa (0,8 mm). A alimentação foi ofertada na frequência de quatro vezes por dia (8, 11, 14 e 17 horas).

## 2.6 Qualidade de água

As variáveis de qualidade de água, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e sólidos totais dissolvidos, foram monitoradas diariamente pela manhã e pela tarde (às 8 e 17 horas, respectivamente) com o auxílio do multiparâmetro YSI 556 (Yellow Springs Incorporated - YSI, OH, USA). Os compostos nitrogenados (amônia total (NAT), nitrogênio-nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrogênio-nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e a alcalinidade (CaCO<sub>3</sub>), foram mensurados semanalmente seguindo os métodos descritos por Koroleff (1976), Golterman et al. (1978), Mackereth et al. (1978) e Felföldy et al. (1987), respectivamente, e os sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) de acordo com APHA (1998), utilizando filtro de 0,45 µm, no Laboratório de Limnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os sólidos sedimentáveis (SS) foram analisados com o auxílio de cone Imhoff (Avimelech, 2009), na frequência de três vezes por semana.

## 2.7 Atividade microbiana

A atividade microbiana foi determinada com a metodologia descrita por Vinatea et al. (2010) através da produtividade primária. A análise foi realizada semanalmente por meio da incubação de amostras de água (200 mL) em recipientes plásticos, utilizando a técnica de “frascos claros e escuros” descrito por Wetzel e Likens (2000) e Esteves (2011). Para tal, os frascos foram dispostos sobre uma mesa agitadora microprocessada (QUIMIS Q225M) sob iluminação de aproximadamente 2000 lux e a 200 rpm, rotação suficiente para manter as partículas de flocos microbianos na coluna de água, durante um período de três horas, sendo medido o nível de oxigênio (mg L<sup>-1</sup>) no início e fim deste período, através de eletrodos da sonda YSI 556 (Yellow Springs Incorporated - YSI, OH, USA). Ao final foi calculado a produção primária bruta, produção líquida do sistema e taxa de respiração da coluna da água através das fórmulas descritas por Strickland (1960) e expressas em mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Valores maiores que 1 (um) caracterizam ambientes autotróficos dominado por algas e menores que 1 (um) caracterizam ambientes heterotróficos dominados por bactérias (Burford et al., 2003).

## 2.8 Monitoramento de fitoplâncton

Semanalmente foram retiradas amostras de água utilizando garrafas plásticas de 500 ml. A água foi filtrada através de uma rede cilíndrica com malha de 70 µm com objetivo de diminuir a quantidade de sólidos em suspensão da amostra, em seguida, foi filtrada com uma malha de 15 µm, para o fitoplâncton e cianobactérias. O material filtrado foi fixado em formalina a 4% tamponada e armazenados em recipientes de plástico de 2,5 mL para posterior análise. A identificação e quantificação das amostras de fitoplâncton e cianobactérias foram realizadas com o auxílio de uma câmara de Sedgewick-Rafter e microscópio óptico binocular (OLYMPUS CH30) com uma ampliação de 400x. Os organismos foram identificados ao nível do gênero com auxílio de chaves de identificação (Hoek et al., 1995; Stanford, 1999; Bicudo e Menezes, 2006).

## 2.9 Composição centesimal (tilápia, biofoco e ração)

Análises de proteína bruta, lipídios totais, umidade e cinzas das tilápias, da matéria orgânica do biofoco e da ração comercial utilizadas no experimento, foram realizadas no início e ao final do experimento, em triplicata, utilizando métodos padrões descritos por Horwitz (2000) no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. A proteína foi determinada pela medição de nitrogênio (N x 6,25) utilizando o método de Kjeldahl (modelo TE 0363, Tecnal, São Paulo, Brasil), lipídios totais foram determinados por extração com éter usando um aparelho tipo Soxhlet (modelo Ma 044/8/50, Marconi, São Paulo, Brasil), o teor de umidade foi determinado por secagem do material em estufa a 105 °C por 18 horas até alcançar um peso estável (315 modelo SE, Fanem, São Paulo, Brasil) e cinzas por incineração em mufla a 550 °C (modelo Q318 D24, Quimis, São Paulo, Brasil).

## 2.10 Variáveis zootécnicas da tilápia

Ao final do experimento foi avaliado o peso médio final (Pf), o comprimento final, ganho de biomassa (GB), sobrevivência, o fator de conversão alimentar (FCA), a taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP), produtividade, consumo de água (CA) e o tempo do uso de sedimentador (TS) com base nas seguintes equações:

Ganho de Biomassa (g) = (Pf (g) \* População final) - (Pi (g) \* População inicial)

TCE (% dia<sup>-1</sup>) = 100 x [Ln Pf (g) - Ln Pi (g)] / t (dias);

$$\text{FCA} = A \text{ (g)} / \text{GB (g)};$$

$$\text{Sobrevivência (\%)} = (\text{População final} / \text{População inicial}) \times 100;$$

$$\text{Produtividade (kg m}^{-3}\text{)} = \text{Bf (kg)} / \text{V (m}^3\text{)};$$

$$\text{TEP} = \text{GB} / \text{Total de proteína ingerida};$$

$$\text{CA (L Kg}^{-1}\text{)} = \text{Total de água consumida} / \text{Bf (Kg)};$$

$$\text{TS (h Kg}^{-1}\text{)} = \text{tempo total de uso do sedimentador} / \text{Bf (Kg)}.$$

Onde: Bf é a biomassa final, Bi é a biomassa inicial, Pf é o peso final, Pi é o peso inicial, t é o tempo do experimento, A é a quantidade de alimento ofertado e, V é o volume das unidades experimentais.

### 2.11 Análise hematológica

Ao final do experimento, dez animais de cada unidade experimental foram submetidos à insensibilização através da administração de 1,0 mL L<sup>-1</sup> de anestésico (eugenol) e amostras de sangue foram coletadas com auxílio de seringas estéreis contendo EDTA (ácido etilenodiaminotetracético). As análises hematológicas foram realizadas no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE, onde foi realizado: dosagem de hematócrito (Ht) utilizando a técnica de microhematócrito (Goldenfarb et al., 1971); contagem dos eritrócitos após diluição de 1:200 em solução salina estéril a 0,65%, com auxílio de microscópio óptico e câmara de Neubauer; determinação do volume corpuscular médio (VCM) (Wintrobe, 1934) e; determinação de glicose com auxílio de medidor de glicemia ACCU-CHEK ACTIVE (Roche).

### 2.12 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statística 10. Os dados foram checados quanto à homogeneidade das variâncias com o teste de Cochran e normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk. Para os dados normais e homogêneos, usou-se a ANOVA Bi-Fatorial (desempenho zootécnico, variáveis hematológicas e composição centesimal) e ANOVA de medidas repetidas (qualidade da água) seguida do teste de comparação de médias de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). A avaliação da comunidade planctônica foi realizada através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $P \leq 0,05$ ).

## 3. Resultados



### 3.1 Qualidade de Água

As variáveis de qualidade de água estão descritas na Tabela 1. Durante o experimento não foram encontrados diferenças significativas entre os tratamentos para temperatura ( $27,80 \pm 0,11$  °C), oxigênio dissolvido ( $5,39 \pm 0,06$  mg L<sup>-1</sup>), pH ( $7,78 \pm 0,04$ ) e ortofosfato ( $1,22 \pm 0,07$  mg L<sup>-1</sup>). Para os compostos nitrogenados também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos, a amônia total apresentou uma média de  $0,45 \pm 0,07$  mg L<sup>-1</sup>, N-nitrito de  $0,40 \pm 0,03$ mg L<sup>-1</sup> e nitrato de  $0,88 \pm 0,03$ mg L<sup>-1</sup>, enquanto que a alcalinidade apresentou diferença significativa ( $P < 0,05$ ) e o maior valor foi encontrado no tratamento BFT-50 ( $165,08 \pm 12,47$  mg L<sup>-1</sup>).

Os sólidos sedimentáveis foram superiores nos tratamentos BFT-C50 e BFT-50, com maior adição de carbono (50% da oferta de ração), mas para os sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV) não foram observadas diferenças entre os tratamentos.

### 3.2 Atividade microbiana

Durante todo o período de cultivo houve flutuações para a produção primária bruta (PPB), produção primária líquida (PPL) e a atividade respiratória (R). A PPL apresentou valores negativos em todos os tratamentos, durante todo o período experimental, indicando que o meio de cultivo estava dominado por bactérias. Ao avaliar a demanda de oxigênio indicada pelos valores de respiração (R) da coluna d'água e a PPB não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 2).

### 3.3 Comunidade planctônica

A comunidade fitoplânctonica foi composta por quatro gêneros no início do experimento (*Aphanocapsa* sp., *Chlorococcum* sp., *Cyclotella* sp. e *Tetraedron* sp.) e nove gêneros ao final (*Aphanocapsa* sp., *Chlorella* sp., *Chlorococcum* sp., *Chroococcus* sp., *Cyclotella* sp., *Cryptomonas* sp., *Oscilatória* sp., *Rhabdonema* sp. e *Tetraedron* sp.). O gênero mais frequente em todos os tratamentos foi *Chlorella* sp., mas devido a inoculação os tratamentos BFT-C30 e BFT-C50 apresentaram maior abundância relativa média,  $55,33 \pm 3,75\%$  e  $56,39 \pm 3,77\%$ , respectivamente, e nos tratamentos sem inoculação a abundância relativa média foi de  $41,10 \pm 4,80$  e  $45,38 \pm 5,01\%$ , para BFT-30 e BFT-50. A adição de *C. vulgaris* influenciou a abundância das Chlorophyta (*Chlorella* sp., *Chlorococcum* sp. e *Tetraedron* sp.) e Cyanophyta (*Aphanocapsa* sp., *Chroococcus* sp. e *Oscillatoria* sp.). A abundância relativa de Cyanophyceae foi maior

nos tratamento sem adição de *C. vulgaris*, diferindo dos tratamentos BFT-C30 e BFT-C50, enquanto que a abundância relativa das Chlorophyceae foi maior nos tratamento com adição de microalga.

### 3.4 Composição centesimal

Os valores médios de composição corporal dos peixes e dos flocos microbianos estão sumarizados na Tabela 4. Em relação à composição centesimal (peixes e floco) foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, onde o maior conteúdo proteico e lipídico foi encontrado nas tilápias do BFT-30 ( $71,24 \pm 1,88\%$  e  $20,67 \pm 0,59\%$  da matéria seca). Ao analisar a ração comercial utilizada, encontramos  $8,38 \pm 1,25\%$  de umidade,  $34,56 \pm 1,31\%$  de proteína,  $2,61 \pm 0,36\%$  de lipídios e  $6,31 \pm 0,68\%$  de cinzas.

### 3.5 Desempenho Zootécnico

Todas as variáveis de desempenho zootécnico apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos quando avaliada a combinação dos fatores. O efeito do nível da adição de melão foi significativo em todas as variáveis de desempenho zootécnico avaliadas, enquanto que a adição de microalga influenciou apenas no consumo de água (Tabela 5).

Ao avaliar o comprimento final dos indivíduos observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos. Os tratamentos com adição de 30% de melão apresentaram uma produção mais homogênea, em relação ao comprimento, enquanto que nos tratamentos BFT-C50 e BFT-50 encontrou-se uma maior heterogeneidade. Durante o experimento também foi avaliado o consumo de água, pois uma das premissas do cultivo em bioflocos é a mínima renovação de água. O tratamento com maior adição de melão e sem adição de microalga (BFT-50) apresentou um maior consumo, próximo a  $93 \text{ L Kg}^{-1}$ , enquanto que os demais tratamentos não diferiram entre si, apresentando uma média de  $51,42 \text{ L Kg}^{-1}$ . O uso do sedimentador foi necessário em todas as unidades experimentais, entretanto, o tempo de uso no tratamento BFT-50 foi significativamente maior ( $38,20 \pm 3,25 \text{ h Kg}^{-1}$ ) em relação aos demais tratamentos.

### 3.6 Análise hematológica

Foram observadas diferenças ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos para os valores de hematócrito, eritrócitos e glicose, enquanto que para volume corpuscular médio (VCM)

não houve diferença significativa (Tabela 6). Entretanto, ao avaliar o efeito dos fatores, foi possível observar que o fator adição de melão foi significativo para a contagem de hematócrito e eritrócitos, enquanto que, o fator adição de microalga foi significativo apenas para VCM. Além disso, nos tratamentos com maior adição de melão (BFT-50 e BFT-C50) os organismos apresentaram hemorragia e sinais de estresse, como coloração avermelhada nas extremidades do corpo.

#### 4. Discussão

Durante o experimento, as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e pH, foram mantidas em valores ideais para a espécie cultivada (El-Sayed, 2006). Em geral, tilápias toleram uma ampla variação de temperatura da água, embora ótimo crescimento esteja descrito para a faixa de 27 a 30 °C (El-Sayed, 2006), com redução nas taxas de metabólicas e de crescimento para valores fora deste intervalo.

O oxigênio dissolvido é um fator limitante da produção de organismos aquáticos. A tilápia, por ser uma espécie resistente, tolera baixos níveis de oxigênio dissolvido, entretanto para um bom crescimento o nível deve estar acima de 3,0 mg L<sup>-1</sup> (Boyd, 1990). Em sistemas com tecnologia de bioflocos, maior atenção deve ser dada a esta variável, devido à maior necessidade de oxigênio pelas bactérias para assimilação do nitrogênio inorgânico (Ebeling et al., 2006) e degradação da matéria orgânica (Boyd, 2003). No presente estudo, não foram observadas quedas de oxigênio dissolvido durante o experimento, mantendo-se sempre acima de 5,0 mg L<sup>-1</sup>.

O valor de pH no cultivo de tilápia deve estar entre 6,5 e 9 (El-Sayed, 2006; Martínez, 2006). No presente estudo, foi observado uma diminuição do pH ao longo do tempo, que apesar da redução, permaneceu dentro do intervalo considerado adequado para o cultivo de tilápia, devido a adição do hidróxido de cálcio. Segundo Ebeling et al. (2006), as bactérias nitrificantes demandam íons carbonato e bicarbonato para o seu desenvolvimento, o que pode levar ao consumo de alcalinidade e consequentemente uma redução nos níveis de pH. Outro processo que pode contribuir para essa redução é a liberação do CO<sub>2</sub> gerado pela respiração dos organismos cultivados e pelo metabolismo microbiano durante a decomposição da matéria orgânica (Furtado et al., 2011).

Em relação à alcalinidade, os sistemas de bioflocos perdem a capacidade de tamponamento e, portanto, requerem restauração frequente (Azim e Little, 2008). Martínez-Córdova et al. (2015) recomendam que a alcalinidade no cultivo de camarões e peixes seja superior a 50 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>. No entanto, Avnimelech et al. (2015) relatam

que a alcalinidade deve ser superior a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  para não prejudicar os processos de nitrificação e absorção da amônia pelas bactérias nitrificantes e heterotróficas. Neste estudo, os valores de alcalinidade foram superiores a  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , devido às correções realizadas com hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ).

Em sistema de cultivo com bioflocos, os sólidos devem sempre ser monitorados. De acordo com Avnimelech (2011), o volume dos sólidos sedimentáveis para o cultivo de tilápias com sistema de bioflocos, deve manter-se entre  $5$  e  $50 \text{ mL L}^{-1}$ , para evitar o consumo excessivo de oxigênio dissolvido para degradação da matéria orgânica. Além disso, concentrações elevadas deste parâmetro estão relacionadas com o desconforto de indivíduos, resultando em baixo crescimento e sujeição a infecções bacterianas ou parasitárias (Avnimelech, 2006). No presente estudo os valores de sólidos sedimentáveis variaram entre  $43$  e  $55 \text{ mL L}^{-1}$ , dentro da faixa relatada por Azim et al. (2008), Azim e Little (2008) e Luo et al. (2014), no entanto os tratamentos com maior adição de melão apresentaram valores superiores a  $50 \text{ mL L}^{-1}$ , significativamente diferente dos demais tratamentos, além disso, nestes tratamentos também foi observado flocos mais densos e com maior diâmetro.

Altas concentrações de sólidos suspensos totais podem causar o acúmulo de matéria orgânica nas brânquias dos indivíduos cultivados, podendo afetar a difusão de oxigênio e suprimir o crescimento dos organismos (Hargreaves, 2006; Avnimelech, 2011; Emerenciano et al., 2012). Azim e Little (2008), ao cultivar tilápia em biofoco, encontraram concentrações de sólidos suspensos totais (SST) de até  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que Avnimelech (2007) relatou valores variando de  $460$  a  $643 \text{ mg L}^{-1}$ . No presente trabalho, devido ao uso do sedimentador, os valores de SST não foram altos ( $80,2$ - $578,5 \text{ mg L}^{-1}$ ), no entanto, foi observado um incremento destes valores ao longo do tempo de cultivo, semelhante ao encontrado por Long et al. 2015.

Segundo Ebeling et al. (2006), espera-se que em sistemas heterotróficos, como o biofoco, os níveis de compostos nitrogenados inorgânicos sejam mantidos baixos, devido a conversão direta em biomassa microbiana, o que corrobora com os resultados encontrados no estudo. Os valores encontrados para nitrogênio amoniacal total (NAT) e N-nitrito foram inferiores aos encontrados por Ekasari et al. (2015) e Long et al. (2015), enquanto que o valor de N-nitrato foi inferior ao encontrado por Ekasari et al. (2015), próximo a  $1 \text{ mg L}^{-1}$ , Long et al. (2015), que observaram um acúmulo durante o cultivo ( $11,64 \text{ mg L}^{-1}$ ), e Miranda-Baeza et al. (2017), que encontraram valores entre  $22$  e  $33 \text{ mg L}^{-1}$ . A adição diária de uma fonte de carboidrato para estimular o crescimento de

bactérias heterotróficas contribuiu para redução do NAT da água (Avnimelech, 1999; Ebeling et al., 2006; Asaduzzaman et al., 2008; Emerenciano et al., 2012), além disso, os baixos valores de compostos nitrogenados encontrados neste estudo podem estar relacionados com o fato de o experimento ter iniciado com inoculo (50%) de um biofloco previamente preparado, e não com biofloco em formação.

Nos sistemas de cultivo de Tilápia em biofloco, Luo et al. (2014) relatam níveis de fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) na faixa de  $4,01 \text{ mg L}^{-1}$ , valor bem inferior aos observados em sistemas de recirculação ( $45 \pm 1,23 \text{ mg L}^{-1}$ ). No presente estudo, os níveis de ortofosfato aumentaram ao longo do cultivo, chegando ao máximo de  $1,45 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento BFT-C30. Contudo, este valor ainda foi inferior ao resultado relatado por Luo et al. (2014). Em sistemas de biofloco, o fósforo e o nitrogênio adicionado através do alimento é consumido provavelmente, pelos microrganismos do meio (Luo et al., 2014). No presente estudo, o ortofosfato variou entre  $1,08$  e  $1,45 \text{ mg L}^{-1}$ , isso pode ter acontecido devido a *Chlorella* sp., que foi o gênero mais abundante em todos os tratamentos, pois segundo Ruiz et al. (2011) e Singh et al. (2017) a *C. vulgaris* tem um alto potencial para reduzir o fósforo de efluentes.

Segundo Avnimelech (2009), ao utilizar no sistema de bioflocos uma relação C:N superior a 10:1 é possível promover a sucessão e dominância de bactérias sobre as microalgas, corroborando com o encontrado no presente estudo (C:N de 12:1) onde a produção líquida do sistema apresentou valores negativos desde o início do período experimental, mesmo com adição da microalga *C. vulgaris*.

Costa et al. (2011) ao usar a microalga *Chlorella* sp. como suplemento alimentar no cultivo de tilápias, observaram que houve maior consumo de *Chlorella* sp., quando comparado ao consumo de outras microalgas do tratamento com água verde sem adição de *Chlorella* sp., onde houve dominância da gênero *Microcystis* (95%). O resultado desses autores, indicam que a tilápia prefere as Chlorophytas à Cyanophytas. Moreira et al. (2012), na análise qualitativa do fitoplâncton no cultivo autotrófico de tilápia, encontraram uma maior representação da microalga do gênero *Chlorella*, seguido de *Scenedesmus* sp., resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Turker et al. (2003) observaram que *Chlorella* sp. reduz a abundância de fitoplâncton, em especial as cyanophytas. Este fato foi observado no presente estudo, visto que encontramos elevada abundância (superior a 40%) da microalga *C. vulgaris* e uma baixa densidade de cyanophytas, em todos os tratamentos. O excesso de cyanophytas no cultivo pode causar problemas às espécies cultivadas (Kangur et al., 2005; Malbrouck e Kestemont,

2006). Miranda-Baeza et al. (2017) ao avaliarem a adição de *Oscillatoria* sp. no cultivo de tilápia em sistema com bioflocos, observou que a incorporação de *Oscillatoria* teve um efeito negativo significativo sobre a sobrevivência e no desempenho de crescimento da tilápia, especialmente em tratamentos com maior abundância.

Os valores para conteúdo centesimal de tilápia no presente estudo foi semelhante ao relatado por alguns autores, que encontraram valores entre 53 a 80 % de proteína e 4 a 27 % de lipídios (em base seca) (Azim e Little, 2008; Luo et al., 2014). O bioflocos, além da participação na manutenção da qualidade de água dos cultivos (Avnimelech, 1999; Ebeling et al., 2006), também pode ser utilizado como uma fonte de alimento suplementar para os organismos cultivados (Avnimelech, 2007; Burford et al., 2004; Emerenciano et al., 2011). Para a tilápia, verificou-se que os flocos microbianos podem contribuir com 25 a 50% do requisito proteico (Avnimelech, 2007; Avnimelech e Kochba, 2009). O conteúdo proteico do bioflocos aqui encontrado variou entre 34,19-38,13% da matéria seca, valores estes, próximos ao conteúdo proteico (25-40%) sugerido para a dieta no cultivo de tilápia (Jauncey, 2000; Craig e Helfrich, 2002; El-Sayed, 2006).

Diversos trabalhos têm relatado baixos níveis de lipídios em flocos oriundos de cultivos de peixes e de camarões (Tacon et al., 2002; Azim e Little, 2008; Emerenciano et al., 2012). No presente estudo, os teores de lipídios foram relativamente baixos ( $1,67 \pm 0,33\%$  da matéria seca). Um teor baixo de lipídios do bioflocos (0,47 a 3,16% da matéria seca) também foi relatado por Luo et al. (2014), Azim e Little (2008) e Emerenciano et al. (2012), sugerindo que o bioflocos não supre todos os requisitos nutricionais e que a alimentação comercial ainda se faz necessária aos peixes. O teor de cinzas do bioflocos encontrado foi superior ao relatado por outro estudo (Azim e Little, 2008), no qual foi de  $17,16 \pm 0,29\%$  de matéria seca, sendo superior também ao limite descrito por Craig e Helfrich (2002), que sugerem que o conteúdo de cinzas das dietas de peixe deve ser inferior a 8,5%.

Miranda-Baeza et al. (2017) mencionam taxas médias de sobrevivência variando entre 72 e 98%, ao avaliarem a adição de *Oscillatoria* sp. no cultivo de tilápia em sistema com bioflocos, isto é, próximo aos observados no presente trabalho (87-97%), para a densidade de 680 peixes  $m^{-3}$  e ração com 36 % de proteína bruta. Enquanto que Brol et al. (2017), descrevem taxa média de sobrevivência de 87,5 e 72,9 % em densidades de 400 e 800 peixes  $m^{-3}$  em sistema com bioflocos em salinidade de 8 g  $L^{-1}$ .

Crab et al. (2009) citaram conversão alimentar de 1,9 para juvenis de 50 e 100 g, e Brol et al. (2017) verificaram conversão alimentar de 1,21 para juvenis de tilápia do Nilo cultivados na densidades de 800 peixes m<sup>-3</sup>. No presente estudo, os fatores de conversão alimentar foram superiores aos citados acima em todos os tratamentos, provavelmente devido a elevada adição de carboidrato, a salinidade (10 g L<sup>-1</sup>) e ao baixo teor de lipídios da ração utilizada, visto que El-Sayed (2006) e Craig e Helfrich (2002) recomendam conteúdo lipídico de 10 a 25% em dietas de tilápia. Estes fatores resultaram em um FCA de 4,96 e 3,74 para os tratamentos BFT-50 e BFT-C50 (maior adição de melão). No entanto, Daudpota et al. (2014), estudando alimentações com diferentes níveis de proteína bruta em salinidade 15 g L<sup>-1</sup>, encontraram um fator de conversão alimentar entre 3,27-3,39 e Azim e Little (2008) relataram conversão alimentar média para juvenis de tilápia (*O. niloticus*) de 3,48 em sistema com bioflocos, valores superiores ao do nosso estudo nos tratamentos BFT-C30% (2,06) e BFT-30% (2,08).

Em relação ao efeito da salinidade, Qiang et al. (2012) reportam uma diminuição da taxa de crescimento específico (TCE) de juvenis *O. niloticus* com aumento da salinidade, além disso, Qiang et al. (2013a) recomendam que juvenis de tilápia GIFT sejam cultivados a 28,9 °C e 7,8 g L<sup>-1</sup>, pois melhora o crescimento e aumenta a produtividade, resultado semelhante ao encontrado por Likongwe et al. (1996). Kamal e Mair (2005), relatam que a tilápia *O. niloticus* cresceu melhor em salinidades de 7,5 g L<sup>-1</sup> do que em água doce. No entanto, o cultivo em uma salinidade elevada, como a do presente estudo, ocorre um aumento no gasto energético em função da regulação osmótica, uma vez que nos peixes, a osmorregulação requer uma alta proporção de energia metabólica, variando de 20 a 50% do gasto energético total (Boeufa e Payan, 2001), reduzindo assim, a energia disponível para crescimento em salinidades mais elevadas.

Para taxa de crescimento específico encontramos valores semelhantes a outros estudos com bioflocos. Silva et al. (2002) encontraram taxas próximas as observadas no presente experimento (entre 2,19-2,91 % dia<sup>-1</sup>), quando avaliaram o desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) estocados nas densidades de 180, 240 e 300 juvenis m<sup>-3</sup> em um sistema intensivo (raceway).

Em cultivo de tilápia foram relatados diferentes valores da taxa de eficiência proteica (TEP) que são relacionados à qualidade da proteína e do nível desta no alimento. Em sistema de cultivo com bioflocos espera-se que os valores de TEP sejam

superiores, uma vez que neste sistema os organismos pode utilizar o biofloco como fonte alternativa de proteína. Contudo, no presente estudo, os valores de TEP dos tratamentos BFT-30 e BFT-C30 foram próximos ao descrito por Daudpota et al. (2014) (1,18 e 2,45%), ao estudarem o cultivo de tilápia com dietas de diferentes níveis de proteína em sistema tradicional com baixa salinidade ( $15 \text{ g L}^{-1}$ ), e os com maior adição de melão foram inferiores ao relatados pelos autores acima, visto que nestes tratamentos o crescimento foi comprometido.

Com relação ao consumo de água e tempo de uso do sedimentador, foi observada diferença significativa entre os tratamentos. O maior consumo de água foi do tratamento BFT-50 ( $93,28 \pm 12,89 \text{ L Kg}^{-1}$ ), enquanto que nos demais tratamentos o consumo não foi significativamente diferente e variou entre  $47,19\text{-}55,22 \text{ L Kg}^{-1}$ , mostrando que a adição de microalga e uma menor adição de carbono pode reduzir o consumo de água durante o cultivo. Milstein et al. (2001) encontrou que o cultivo de tilápias em tanques de suspensão ativada ocorre uma maior eficiência do uso de água, com um uso de apenas 1,85% da água utilizada no sistema convencional. Os tratamentos com maior adição de melão necessitaram de maior tempo do uso de sedimentador devido à necessidade de maior controle do nível de sólidos sedimentáveis durante o experimento. Em estudo de cultivo de *L. vannamei* em biofloco, Arantes et al. (2017) encontraram que o uso do sedimentador promoveu redução da variação dos sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais, além de reduzir o consumo de água ( $631,9 \pm 25,1 \text{ L Kg}^{-1}$ ), quando comparado ao sistema com troca de água ( $1.150,8 \pm 249,1 \text{ L Kg}^{-1}$ ), além disso, melhorou o desenvolvimento zootécnico do camarão, resultando numa maior produtividade ( $1,6 \text{ Kg m}^{-3}$ ), sobrevivência (73,8 %) e peso final (12,7 g).

Em teleósteos, a composição sanguínea depende de fatores fisiológicos e ecológicos, tais como: sexo, desenvolvimento gonadal, estresse, infecções e desequilíbrios ambientais (Tavares-Dias e Moraes, 2004). Alguns autores relatam que os parâmetros hematológicos são semelhantes na maioria das fases de vida (Ranzani-Paiva et al, 2005) e que, em geral, as espécies de peixes regulam suas características sanguíneas de acordo com as condições ambientais (Tavares-Dias e Moraes, 2004; Ranzani-Paiva et al, 2013; Qiang et al., 2013b).

Martins et al. (2004) relataram redução significativa no valor do hematócrito em tilápias do nilo submetidas a agentes estressores, como captura e manejo. No presente trabalho, o estresse, representado pela maior adição de melão, provocou redução



significativa no hematócrito dos peixes dos tratamentos com adição de 50% de melão (com e sem adição de microalga), quando comparado aos tratamentos BFT-30 e BFT-C30, com valores inferiores a 20%.

Tavares-Dias (2015) afirma que para *O. niloticus* os valores normais são: 21-44% e  $1,50-3,76 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ , para hematócrito e eritrócito, respectivamente. Os valores encontrados nos tratamentos com menor adição de melão permaneceram na faixa também descrita por diversos autores, 20 a 32 % para hematócrito e  $1,9$  a  $5 \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$  para eritrócito (Ueda et al., 1997; Lim et al., 2009; Signor et al., 2010; Salvador et al., 2013; Costa et al., 2014; Hahn-Von-Hessberg et al., 2014), enquanto que nos tratamentos com maior adição de melão (BFT-50 e BFT-C50) os valores encontrados foram abaixo do recomendado. Nestes tratamentos, foram observadas diminuição significativa do número de eritrócitos (eritremia), indicando uma alteração da saúde dos animais, possivelmente, em consequência dos maiores níveis de sólidos sedimentáveis. Além disso, os valores encontrados para o volume corpuscular médio (VCM) foram superiores aos descritos por Salvador et al. (2013), Signor et al. (2010) e Tavares-Dias (2015) para tilápia do nilo, entre 113,4 e 170 fL.

Os baixos valores de eritrócitos, hematócrito e aumento do VCM sugerem a existência de anemia macrocítica nos peixes, principalmente nos tratamentos com maior adição de melão. Por outro lado, o aumento do VCM pode ser a primeira resposta dos peixes, a fim de compensar a diminuição da quantidade de eritrócitos, visto que maiores eritrócitos podem transportar grandes quantidades de hemoglobina (Tavares-Dias et al., 2002).

O aumento nos níveis de glicose tem sido relatado em peixes quando associados a condições estressantes, havendo elevação dos níveis de cortisol e elevação na glicose sanguínea, devido à característica hiperglicêmica do cortisol (Iwama et al., 1999). No presente estudo, maiores valores de glicemia foram obtidos nos tratamentos com maior adição de melão e sem adição de alga, embora, em todos os tratamentos, os valores encontrados estejam dentro da faixa descrita por Tavares-Dias (2015), entre 14,1 e 92,1 mg dL<sup>-1</sup>.

## 5. Conclusão

O sistema com bioflocos é uma boa opção para produção de alevinos de tilápia. Os tratamentos com menor porcentagem de adição de melão (30% da ração ofertada) resultam em menor volume de sólidos sedimentáveis, melhores índices hematológicos e

desempenho zootécnico em juvenis de tilápia, além disso, a adição da microalga *C. vulgaris* contribuí para a baixa densidade de cyanophytas nas unidades de cultivo. Dessa forma, são necessários novos estudos utilizando diferentes espécies e densidade de microalgas para um melhor entendimento do papel do fitoplâncton no sistema de cultivo com bioflocos, além de rações com maior teor lipídico.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Ao CNPq pela bolsas de produtividade concedida a Alfredo Olivera Galvez.

## 7. Referências

- Ahmed, M., Arakel, A., Hoey, D., Thumarukudy, M. R., Goosen, M. F. A., Mansour Al-Haddabi, M., Al-Belushi, A. 2003. Feasibility of salt production corn inland RO desalination plant reject brine: a case study. *Desalination* 158, 109-117.
- Andrade Júnior, A. S., Silva, E. F. F., Bastos, E. A., Melo, F. B., Leal, C. M. 2006. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10(4), 873-880.
- APHA. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (19th ed). American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C., Lapa, K. R., Vinatea, L. 2017. A comparison between water exchange and settling tank as a method for suspended solids management in intensive biofloc technology systems: effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance, water quality and water use. *Aquaculture Research* 48, 1478-1490.
- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture* 280, 117–123.
- Asaduzzaman, M.; Rahman, M.M.; Azim, M.E.; Ashraful Islam, M.; Wahab, M.A.; Verdegem, M.C.J.; Verreth, J.A.J. 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. *Aquaculture* 306, 127–136.

- Audelo-naranjo, J.M.; Voltolina, D.; Romero-Bltrán, E. 2012. Cultural of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) with zero with exchange and no food addition: an eco-friendly approach. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40(2), 441-447.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227-235.
- Avnimelech, Y. 2006. .Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34(3), 172-178.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilápia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture* 264, 140–147.
- Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Avnimelech, Y., Kochba, M. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using <sup>15</sup>N tracing. *Aquaculture* 287(1), 163-168.
- Avnimelech, Y. 2011. Tilapia production using biofloc technology (BFT). *Proceedings of the Ninth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. AQUAFISH Collaborative Research Support Program, United States.
- Avnimelech, Y. 2012. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*, 2<sup>a</sup> End. The Word Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EU.
- Avnimelech, Y. 2015. *Biofloc technology - a practical guide book*. 3rd ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana, EU.
- Azim, M., Little, D., Bron, J. 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology* 99(9), 3590-3599.
- Azim, M., Little, D. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283(1), 29-35.
- Bicudo, C.E., Menezes, M.A. 2006. *Gêneros de algas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. 2 ed. Rima. São Carlos.
- Boeufa, G., Payan, P. 2001. Review how should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 130, 411-423.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Company, Birmingham, Alabama.
- Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture* 226, 101–116.

Brasil, Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2012. Programa Água Doce: Documento Base. Brasília – DF.

Brito, L.O., Santos, I.G.S., Abreu, J.L., Araújo, M.T., Severi, W., Gálvez, A.O. 2016. Effect of the addition of diatoms (*Navicula* spp.) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) on water quality and growth of the *Litopenaeus vannamei* postlarva e reared in a biofloc system. *Aquaculture Research* 47, 3990-3997.

Brol, J., Pinho, S.M., Sgnaulin, T., Pereira, K.R., Thomas, M.C., Mello, G.L., Miranda-Baeza, A., Emerenciano, M.G.C. 2017. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia* 66 (254), 229-235.

Burford, M., Thompson, P., Mcintosh, R., Bauman, R., Pearson, D. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219(1), 393-411.

Burford, M.A., Thompson, P.J., Mcintosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. *Aquaculture* 232, 525–537.

Chakraborty, S. B., Mazumdar, D., Chatterji, U., Banerjee, S. 2011. Growth of mixed-sex and mono-sex Nile Tilapia in different culture systems. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science* 11, 131-138.

Colt, J. 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering* 34, 143-156.

Costa, A.M.B., Melo, J.G.E., Silva, F.M. 2006. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *Águas Subterrâneas* 20(1), 67-82.

Costa, D. V., Ferreira, M.W., Navarro, R.D., Rosa, P.V., Murgas, L.D.S. 2014. Parâmetros hematológicos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 15(3), 754-764.

Costa, F.T.M., Reis, F.R.C., Santos, J.M.S., Maciels. M., Biserra, T.S., Moreira, R.L., Farias, W.R.L. 2011. *Chlorella* sp. como suplemento alimentar durante a larvicultura de tilápia do nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 12(4), 1103-1115.

Costa, W.D. 1995. Problemática da Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. *Revista Águas Subterrânea* 14, 25-42.

- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y. 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering* 40(3), 105-112.
- Craig S., Helfrich, L.A. 2002. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia.
- Dagne, A., Degefu, F., Lakew, A. 2013. Comparative growth performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in pond culture system at Sebeta, Ethiopia. *International Journal of Aquaculture* 3, 30-34.
- Daudpota, A.M., Siddiqui, P.J.A., Abbas, G., Narejo, N.T., Shah, S.S.A., Khan, N., Dastagi, G. 2014. Effect of dietary protein level on growth performance, protein utilization and body composition of Nile tilapia cultured in low salinity water. *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)* 2, 135-147.
- Day, S. B., Salie, K., Stander, H. B. 2016. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. *Aquaculture International* 24(5), 1309-1322.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for Aquaculture. *Aquaculture*. 277(3), 125-137.
- Derner, R.B., Ohse, S., Villela, M., Carvalho, S.M., Fett, R. 2006. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciência Rural* 36(6), 1959-1967.
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346-358.
- Ekasari, J., Rivandi, D. R., Firdausi, A. P., Surawidjaja, E. H., Zairin JR., M., Bossier, P., De Schryver, P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture* 441, 72-77.
- El-Sayed, E.M. 2006. Tilapia culture. CABI publishing. CABI International, Wallingford, Oxford shire, UK.
- Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., Wasielesky, W. 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International* 19, 891-901.

- Emerenciano, M., Ballester, E., Cavalli, R., Wasielesky, W. 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research* 43(3), 447-457.
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G. 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry, in: Matovic, M.D. (Ed.). *Biomass Now - Cultivation and Utilization*. InTech, Manhattan, pp. 301-328.
- Esteves, F. 2011. *A. Fundamentos de limnologia*. 3° Ed. Rio de Janeiro: Interciência. Rio de Janeiro, Brasil.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Rome.
- Felföldy L., Szabo E. & Tothl L. 1987. *A biológiai vizminőség*. Budapest, Hungary: Vizügyi Hidrobiológia Vizdok.
- Furtado P.S., Poersch L.H., Wasielesky W. JR. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 321, 130-13.
- Gao, L.; Shan, H.W.; Zhang, T.W.; Bao, W.Y. & Ma, S. 2012. Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange systems. *Aquaculture* 342, 89-96.
- Goldenfarb, P.B., Bowyer, F.P., Hall, E., Brosious, E. 1971. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology* 56, 35-39.
- Golterman H.J., Clyno R.S., Ohnstad M.A. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Oxford. Blackwell Scientific Publications, London, England.
- Hahn-von-Hessberg, C.M., Quiroz-Bucheli, A., Grajales-Quintero, A. 2014. Caracteres hematológicos en individuos de *Tilapia nilótica* (*Oreochromis niloticus*, trewavas 1983) con Pesos entre 50-150 g y 150-250 g, esta ción piscícola, Universidad de caldas, colombia. *Boletín científico centro de museos de historian* 18 (1), 142-157.
- Hargreaves, J.A. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 34, 344-363.
- Hoek, C., Mann, D., Jahns, H.M. 1995. *Algae: an introduction to Phycology*. Cambridge University Press. Cambridge
- Horwitz, W. 2000. *Official methods of analysis of the AOAC International*. The Association, Washington, USA.

- Iwama, G.K., Vijayan, M.M., Forsyth, R.B., Ackerman, P.A. 1999. Heat shock proteins and physiological stress in fish. *Integrative and Comparative Biology* 39(6), 901-909.
- Jauncey, K. 2000. Nutritional requirements, in: Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (Eds.), *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers, London, UK, pp. 327-375.
- Kamal, A.H.M.M., Mair, G.C. 2005. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture* 247, 189-201.
- Kangur, K., Kangur, A., Kangur, P., Laugaste, R. 2005. Fish kill in Lake Peipsi in summer 2002 as a synergistic effect of a cyanobacterial bloom, high temperature, and low water level. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology* 54(1), 67–80.
- Koroleff, F. 1976. Determination of nutrients, in: Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. (Eds.), *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim, New York, pp. 117-187.
- Likongwe, J. S., Stecko, T. D., Stauffer Jr., J. R., Carline, R. F. 1996. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* 146, 37-46.
- Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Li, M.H., Welker, T.L., Klesius, P.H. 2009. Influence of dietary levels of lipid and vitamin E on growth and resistance of Nile tilapia to *Streptococcus iniae* challenge. *Aquaculture* 298, 76-82.
- Lima, E.C.R., Souza, R.L., Wambach, X.F., Silva, U.L., Correia, E.S. 2015. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 16(4), 948-957.
- Long, L., Yang, J., Li, Y., Guana, C., Wua, F. 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 448, 135–141.
- Lourenço, S.O. 2006. *Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações*. RiMa, São Carlos.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liua, W., Sun, D., Li, L., Tana, H. 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture* 422, 1-7.

- Mackereth, F.J.H., Heron, J., Talling, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Blackwell Scientific Publications, Oxford. London.
- Malbrouck, C., Kestemont, P. 2006. Effects of microcystins on fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25, 72–86.
- Marinho, Y. F.; Brito, L. O.; Silva, C. V. F.; Santos, I. G. S.; GÁLVEZ, A. O. 2014. Effect of addition of *Navicula* sp. on plankton composition and postlarvae growth of *Litopenaeus vannamei* reared in culture tanks with zero water exchange. *Latin American Journal of Aquatic Research* 42, 427-437.
- Marinho, Y.F.; Brito, L. O.; Campos, C. V. F. S.; Severi, W.; Andrade, H. A.; Gálvez, A. O. 2017. Effect of the addition of *Chaetoceros calcitrans*, *Navicula* sp. and *Phaeodactylum tricornutum* (diatoms) on phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae reared in a biofloc system. *Aquaculture Research* 48(8), 4155–4164.
- Martínez, M.A.S. 2006. Manejo Del cultivo de tilapia. BIDEAUSAID. Nicaragua.
- Martínez-Córdova, L.R., Emerenciano, M., Miranda-Baeza, A., Martínez-Porchas, M. 2015. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture* 7(2), 131-148.
- Martins, M.L., Pilarsky, F., Onaka, E.M., Nomura, D.T., Fenerick Junior, J., Ribeiro, K., Myiazaki, D.M.Y., De Castro, M.P., Malheiros, E.B. 2004. Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. *Boletim do Instituto de Pesca* 30, 71-80.
- Mata, T. M., Martins, A. A., Caetano, N. S. 2010. Microalgae for biodiesel production and other application: A review. *Renewable and sustainable energy reviews* 14, 217-232.
- Mclachlan, J. 1973. Growth media-marine, in: Stein, J.R. (Ed.), *Handbook of phycological methods. Cultures methods and growth measurements*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 25-51.
- Medeiros, J.F., Lisboa, R.A., Oliveira, M., Silva Júnior, M.J., Alves, L.P. 2003. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7(3), 469-472.



Milstein, A., Avnimelech, Y., Zoran, M., Joseph, D. 2001. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh 53(3-4), 147-157.

Miranda-Baeza, A., Mariscal-López, M. A., López-Elías, J. A., Rivas-Vega<sup>1</sup>, M. E., Emerenciano, M., Sánchez-Romero, A., Esquer-Méndez, J. L. 2017. Effect of inoculation of the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. on tilapia biofloc culture. Aquaculture Research 48, 4725-4734.

Moreira, R.L., Silveira, L.P., Teixeira, E.G., Moreira, A.G.L., Moura, P.S., Farias, W.R.L. 2012. Growth and gastrointestinal indices in Nile tilapia fed with different Diets. Acta Scientiarum Animal Sciences 34(3), 223-229.

Pérez-Fuentes, J.A.; Pérez-Rostro, C.I. & Hernández- Vergara, M.P. 2013. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with biofloc system. Aquaculture 400, 105-110.

Qiang, J., Xu, P., Wang H., Li R., Wang H. 2012. Combined effect of temperature, salinity and density on the growth and feed utilization of Nile tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research 43, 1344–1356.

Qiang, J., Yang, H., Wang, H., Kpundeh, M.D., Xu, P., 2013b. Interacting effects of water temperature and dietary protein level on hematological parameters in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and mortality under *Streptococcus iniae* infection. Fish & Shellfish Immunology 34, 8-16.

Qiang, J., Wang, H., Kpundeh, M. D., Hea, J., Xu, P. 2013a. Effect of water temperature, salinity, and their interaction on growth, plasma osmolality, and gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity in juvenile GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Thermal Biology 38, 331–338.

Ranzani-Paiva, M.J., Pádua, S.B., Tavares-Dias, M., Egami, M.I. 2013. Métodos para análise hematológicas em peixes. Maringá, Eduem.

Ranzani-Paiva, M.J., Felizardo, N.N., Luque, J.L. 2005. Parasitological and hematological analysis of Nile Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, from Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. Acta Scientiarum Biological Sciences 27(3), 231-237.

Ray, A. 2012. Biofloc technology for super-intensive shrimp culture, in: Avnimelech, Y. (Ed.), Biofloc Technology - a practical guide book, 2nd ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 167-188.

Ruiz, J., Álvarez, P., Arbib, Z., Garrido, C., Barragán, J., Perales, J. A. 2011. Effect of nitrogen and phosphorus concentration on their removal kinetic in treated urban wastewater by *Chlorella vulgaris*. International Journal of Phytoremediation 13, 884–896.

Salvador, R., Claudiano, G.S., Loureiro, B.A., Marcusso, P.F., Eto, S.F., Pilarski, F., Toazza, C.S., Moraes, J.R.E., Moraes, F.R. 2013. Desempenho e hematologia de tilápias-do-nilo alimentadas com dieta suplementada com *Saccharomyces cerevisiae*, vacinadas e desafiadas com *Streptococcus agalactiae*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 48(8), 892-898.

Signor, A., Pezzato, L. E., Falcon, D. R., Guimarães, I. G., Barros, M. M. 2010. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. Ciência Animal Brasileira 11(3), 509-519.

Silva, P. C., Kronka, S. N., Tavares, L. H. S., Souza, V. L. 2002. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em “raceway”. Acta Scientiarum Animal Sciences 24(4), 935-941.

Singh, R., Birru, R., Sibi, G. 2017. Nutrient removal efficiencies of *Chlorella vulgaris* from urban wastewater for reduced eutrophication. Journal of Environmental Protection 8, 1-11.

Soares, T.M., Silva, I.J.O., Duarte, S.N., Silva, E.F.F. 2006. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, 730- 737.

Stanford. C. 1999. A guide to phytoplankton of aquaculture ponds collection analysis and identification. Departament of Primary, Queensland.

Strickland, J. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. Bulletins OF the fisheries research board of Canada. Ottawa.

Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P., Decamp, O.E. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *L. vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition 8, 121-137.

Tavares-Dias, M., Moraes, F.R., Martins, M.L., Santana, A.E. 2002. Haematological Changes in *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes: Cichlidae) with Gill Ichthyophthiriasis and Saprolegniosis. Boletim do Instituto de Pesca 28(1), 1-9.

Tavares-Dias, M., Moraes, F. R. 2004. Hematologia de peixes teleósteos. Villimpress, Ribeirão Preto.

- Tavares-Dias, M. 2015. Parâmetros sanguíneos de referência para espécies de peixes cultivados, in: Tavares-Dias, M., Mariano, W.S. (Org.), Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. Editora Pedro & João, São Carlos, pp. 11-30.
- Tsadik, G.G., Bart, A.N. 2007. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture 272, 380-388.
- Turker, H., Eversole, A.G., Brune, D.E. 2003. Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. Aquaculture 215, 93–101.
- Ueda, I.K., Egami, M.I., Sasso, W.S., Matushima, E.R. 1997. Estudos hematológicos em *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei) – Parte I. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science 34(5), 270-275.
- Vinatea, L., Galvez, A.O., Browdy, C.L., Stokes, A., Venero, J., Haveman, J., Lewis, B.L., Lawson, A., Shuler, A., Leffler, J.W. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. Aquacultural Engineering 42, 17–24.
- Wei, Y.; Liao, S.A.; Wang, A.L. 2016. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. Aquaculture 465, 88–93.
- Wetzel, R. G., Likens, G.E. 2000. Limnological analyses. 3rd ed. Springer-Verlag, New York.
- Wintrobe, M.M. 1934. Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. Folia Haematologica 51, 32-49.
- Zhao, P., Huang, J., Wang, X.H., Song, X.L., Yang, C.H., Zhang, X.G., Wang, G.C., 2012. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicas*. Aquaculture 354-355, 97–106.
- Zoby, J.L.G., Oliveira, F.R. 2005. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. ANA, Brasília.

Tabela 1. Variáveis de qualidade de água do cultivo de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, cultivadas com adição de *Chlorella vulgaris* e melão em sistema de bioflocos.

Variáveis	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT - 30	BFT -50	BFT - C30	BFT - C50	A	M	AxM
Temperatura (°C)	27,74 ± 0,12	27,83±0,11	27,90±0,12	27,75±0,10	Ns	Ns	Ns
Oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	5,39±0,04	5,45±0,11	5,39±0,04	5,33±0,05	Ns	Ns	Ns
Salinidade (g L <sup>-1</sup> )	10,36±0,11	10,29±0,09	10,39±0,12	10,35±0,09	Ns	Ns	Ns
pH	7,74±0,04	7,81±0,04	7,72±0,05	7,80±0,04	Ns	*	Ns
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	120,48±8,89 <sup>b</sup>	165,08±12,47 <sup>a</sup>	125,31±10,33 <sup>b</sup>	154,75±9,94 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
Sólidos sedimentáveis (ml L <sup>-1</sup> )	43,40±2,83 <sup>b</sup>	54,95±2,57 <sup>a</sup>	45,20±2,62 <sup>b</sup>	51,76±2,82 <sup>a</sup>	Ns	*	*
Sólidos dissolvidos totais (g L <sup>-1</sup> )	12,24±0,64	12,11±0,32	12,69±0,69	11,97±0,50	Ns	Ns	Ns
Sólidos suspensos totais (mg L <sup>-1</sup> )	453,47±30,98	463,71±27,65	461,42±31,77	473,46±28,12	Ns	Ns	Ns
Sólidos suspensos voláteis (mg L <sup>-1</sup> )	352,82±25,87	359,73±24,00	359,09±27,21	365,81±24,78	Ns	Ns	Ns
Nitrogênio amoniacal total (mg L <sup>-1</sup> )	0,45±0,06	0,45±0,07	0,44±0,06	0,48±0,08	Ns	Ns	Ns
N-Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	0,12±0,01	0,12±0,02	0,12±0,01	0,13±0,02	Ns	Ns	Ns
N-Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	0,21±0,03	0,19±0,04	0,19±0,02	0,19±0,04	Ns	Ns	Ns
Ortofosfato (mg L <sup>-1</sup> )	1,21±0,07	1,16±0,06	1,36±0,09	1,16±0,08	Ns	Ns	Ns

<sup>1</sup>ANOVA bi-fatorial com medidas repetidas foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melão (M) e a interação A x M. <sup>a,b,c</sup> - Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Ns: não significativo, \*:  $p \leq 0,05$ .

BFT-30 - sem a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 30% da ração ofertada; BFT-50 - sem a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 50% da ração ofertada; BFT-C30 - com a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 30% da ração ofertada; BFT-C50 - com a adição de *C. vulgaris* e melão na quantidade de 50% da ração ofertada.

Tabela 2. Atividade microbiana do cultivo de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, cultivadas com adição de *Chlorella vulgaris* e melão em sistema de bioflocos.

Parâmetros (O <sub>2</sub> mg L <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT - 30	BFT - 50	BFT - C30	BFT - C50	A	M	AxM
Produção primária Bruta	-0,075 ± 0,114	-0,002 ± 0,140	-0,076 ± 0,114	-0,027 ± 0,097	Ns	Ns	Ns
Produção primária Líquida	-0,312 ± 0,196	-0,264 ± 0,253	-0,334 ± 0,231	-0,316 ± 0,319	Ns	Ns	Ns
Atividade Respiratória	0,274 ± 0,180	0,298 ± 0,183	0,285 ± 0,115	0,35 ± 0,199	Ns	Ns	Ns

<sup>1</sup>ANOVA bi-fatorial foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melão (M) e a interação A x M. Ns: não significativo, \*: p≤0,05. Abreviações na tabela 1.

Tabela 3. Abundância relativa da comunidade planctônica do cultivo de alevinos de *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com adição de *Chlorella vulgaris* e melão.

Divisão (%)	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT-30	BFT-50	BFT-C30	BFT-C50	A	M	AxM
Chlorophyta	50,68 ± 3,64	56,61 ± 3,10	64,62 ± 2,67	64,52 ± 2,46	*	Ns	Ns
Bacillariophyta	18,92 ± 3,56	16,18 ± 2,66	11,93 ± 2,03	13,29 ± 2,22	Ns	Ns	Ns
Cyanophyta	19,24 ± 2,09	19,49 ± 2,46	14,87 ± 2,05	15,20 ± 1,60	*	Ns	Ns
Cryptophyta	11,15 ± 2,19	7,71 ± 1,84	6,57 ± 1,46	6,98 ± 1,65	Ns	Ns	Ns

<sup>1</sup> ANOVA bi-fatorial foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melão (M) e a interação A x M. Ns: não significativo, \*:  $p \leq 0,05$ . Abreviações na tabela 1.

Tabela 4. Composição corporal de tilápia do Nilo e do biofloco do cultivo de *Oreochromis niloticus* com adição de *Chlorella vulgaris* e melação.

Composição Centesimal (MS* %)	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT - 30	BFT - 50	BFT - C30	BFT - C50	A	M	A x M
<b>Composição corporal</b>							
Umidade	74,55 ± 0,07 <sup>b</sup>	75,05 ± 0,99 <sup>ab</sup>	74,81 ± 0,33 <sup>b</sup>	75,77 ± 0,07 <sup>a</sup>	Ns	Ns	*
Proteína Bruta	71,24 ± 1,88 <sup>a</sup>	64,74 ± 2,63 <sup>b</sup>	61,62 ± 1,04 <sup>b</sup>	63,31 ± 0,74 <sup>b</sup>	Ns	*	*
Lipídios	20,67 ± 0,59 <sup>a</sup>	16,86 ± 0,23 <sup>b</sup>	20,70 ± 0,38 <sup>a</sup>	16,51 ± 0,38 <sup>b</sup>	Ns	*	*
Cinzas	7,97 ± 0,57	8,32 ± 0,10	7,56 ± 0,23	8,02 ± 2,06	Ns	Ns	Ns
<b>Biofloco</b>							
Umidade	84,96 ± 3,11 <sup>b</sup>	89,06 ± 0,13 <sup>a</sup>	86,91 ± 0,11 <sup>b</sup>	89,16 ± 0,19 <sup>a</sup>	Ns	Ns	*
Proteína Bruta	37,60 ± 1,17	34,19 ± 11,62	38,13 ± 1,42	36,81 ± 8,98	Ns	*	Ns
Lipídios	1,75 ± 0,52	1,83 ± 0,13	1,24 ± 0,61	1,89 ± 0,07	Ns	Ns	Ns
Cinzas	17,96 ± 0,05 <sup>a</sup>	17,18 ± 0,08 <sup>b</sup>	16,42 ± 0,74 <sup>b</sup>	17,11 ± 0,28 <sup>b</sup>	Ns	*	*

\* MS = valores de composição foram calculado com base na matéria seca.

<sup>1</sup> ANOVA bi-fatorial foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melação (M) e a interação A x M. Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, Ns: não significativo, \*:  $p \leq 0,05$ . Abreviações na tabela 1.

Tabela 5. Desempenho zootécnico da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, cultivadas com adição de *Chlorella vulgaris* e melação em sistema de bioflocos.

Parâmetros	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT - 30	BFT - 50	BFT - C30	BFT - C50	A	M	A x M
Peso final (g)	17,93 ± 0,20 <sup>a</sup>	12,05 ± 1,12 <sup>b</sup>	17,98 ± 0,85 <sup>a</sup>	13,86 ± 2,10 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
Comprimento final (cm)	9,73 ± 0,41 <sup>a</sup>	8,95 ± 0,32 <sup>b</sup>	9,88 ± 0,48 <sup>a</sup>	8,95 ± 0,57 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
Sobrevivência (%)	97,77 ± 2,22 <sup>a</sup>	87,77 ± 4,00 <sup>b</sup>	95,55 ± 2,93 <sup>ab</sup>	92,22 ± 1,11 <sup>b</sup>	Ns	*	*
FCA	2,08 ± 0,03 <sup>b</sup>	4,96 ± 0,88 <sup>a</sup>	2,06 ± 0,17 <sup>b</sup>	3,74 ± 0,65 <sup>a</sup>	Ns	*	*
TCE (% dia <sup>-1</sup> )	2,91 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,19 ± 0,16 <sup>b</sup>	2,91 ± 0,08 <sup>a</sup>	2,41 ± 0,26 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
TEP	1,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,10 <sup>b</sup>	1,01 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,80 ± 0,16 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
Produtividade (Kg m <sup>-3</sup> )	11,95 ± 0,10 <sup>a</sup>	7,34 ± 0,85 <sup>b</sup>	11,39 ± 0,59 <sup>a</sup>	9,05 ± 1,40 <sup>ab</sup>	Ns	*	*
Consumo de água (L Kg <sup>-1</sup> )	55,22 ± 7,13 <sup>b</sup>	93,28 ± 12,89 <sup>a</sup>	47,79 ± 6,41 <sup>b</sup>	51,26 ± 11,85 <sup>b</sup>	*	*	*
Uso do sedimentador (h Kg <sup>-1</sup> )	23,47 ± 0,43 <sup>b</sup>	38,20 ± 3,25 <sup>a</sup>	24,44 ± 1,04 <sup>b</sup>	31,23 ± 4,59 <sup>ab</sup>	Ns	*	*

<sup>1</sup> ANOVA bi-fatorial foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melação (M) e a interação A x M. Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, Ns: não significativo, \*:  $p \leq 0,05$ .

TCE - Taxa de crescimento específico; FCA - Fator de conversão alimentar; TEP - Taxa de eficiência proteica. Abreviações na tabela 1.



Tabela 6. Variáveis hematológicas de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, cultivadas com adição de *Chlorella vulgaris* e melação em sistema de bioflocos.

Variáveis	Tratamentos				ANOVA <sup>1</sup>		
	BFT - 30	BFT - 50	BFT - C30	BFT - C50	A	M	A x M
Hematócrito (%)	30,69 ± 2,84 <sup>a</sup>	19,20 ± 2,50 <sup>b</sup>	28,08 ± 0,90 <sup>a</sup>	18,46 ± 2,39 <sup>b</sup>	Ns	*	*
Eritrócito (x10 <sup>6</sup> µL <sup>-1</sup> )	1,69 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,76 ± 0,17 <sup>b</sup>	1,52 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,08 <sup>b</sup>	Ns	*	*
VCM (fL)	256,59 ± 26,14	233,61 ± 22,34	217,14 ± 27,09	233,85 ± 11,94	*	Ns	Ns
Glicose (mg dL <sup>-1</sup> )	53,27 ± 8,30 <sup>b</sup>	77,46 ± 5,03 <sup>a</sup>	53,60 ± 4,47 <sup>b</sup>	51,33 ± 8,3 <sup>b</sup>	Ns	Ns	*

<sup>1</sup> ANOVA bi-fatorial foi utilizada para determinar o efeito da adição da microalga (A), quantidade de melação (M) e a interação A x M. Letras distintas na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os tratamentos, Ns: não significativo, \*:  $p \leq 0,05$ . Abreviações na tabela 1.

### **3. Considerações finais**

A utilização de sistemas intensivos com bioflocos e adição de microalga apresenta-se como uma boa opção para produção de alevinos de tilápia. A adição da microalga *Chlorella vulgaris* influencia a comunidade plânctonica no sistema, contribuindo para a baixa densidade de Cyanophytas. A menor adição de melão (30%) proporciona valores menores de sólidos sedimentáveis, maior desempenho zootécnico, melhor composição centesimal e melhores índices hematológicos dos juvenis de tilápias. Dessa forma podemos concluir que uma elevada adição de carbono orgânico é prejudicial ao desenvolvimento dos organismos e a qualidade da água do ambiente de cultivo, sendo recomendado uma adição de melão na quantidade 30% da ração ofertada. Contudo, outros estudos devem ser conduzidos para reavaliar a adição de microalga, testando diferentes densidades de inoculação e espécies.

#### 4. Referências

AHRNED, M.; ARAKELB, A.; HOEY, D.; THUMARUKUDY, M. R.; GOOSEN, M. F. A.; MANSOUR AL-HADDABI, M.; AL-BELUSHI, A. Feasibility of salt production Corn inland RO desalination plant reject brine: a case study. **Desalination**, v.158, p.109-117, 2003.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.873-880, 2006.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** (19th Ed.), American Public Health Association, Washington, DC, USA, 1998. 1220 p.

ARANTES, R. SCHVEITZER, R.; MAGNOTTI, C.; LAPA, K. R.; VINATEA, L. A comparison between water exchange and settling tank as a method for suspended solids management in intensive biofloc technology systems: effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) performance, water quality and water use. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1478-1490, 2017.

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

ASADUZZAMAN, M; WAHAB, M; VERDEGEM, M; ADHIKARY, R; RAHMAN, S; AZIM, M; VERRETH, J. Effects of carbohydrate source for maintaining a high C/N ratio and fish driven re-suspension on pond ecology and production in periphyton-based freshwater prawn culture systems. **Aquaculture**. v. 301(1), p. 37-46. 2010.

AUDELO-NARANJO, J. M.; VOLTOLINA, D.; ROMERO-BELTRÁN, E. Culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) with zero water exchange and no food addition: an eco-friendly approach. **Latin American Journal of Aquatic Research**, 40(2): 441-447, 2012.

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

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**. v. 34(3), p.172-178, 2006.

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

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology** - A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. 182 p. 2009.

AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology (BFT). Proceedings of the Ninth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. United States: **AQUAFISH Collaborative Research Support Program**, v.359, p. 361, 2011.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology: A Practical Guide Book**, 2ª Ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2012. 271 p.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology: A practical guide book**. 3rd ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana, EU, 2015. 258 p.

AVNIMELECH, Y; KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15N tracing. **Aquaculture**. v. 287(1), p. 163-168. 2009.

AZIM, M.E., VERDEGEM, M.C.J., MANTINGH, I., VAN DAM, A.A., BEVERIDGE, M.C.M. Ingestion and utilization of periphyton grown on artificial substrates by Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research**, v.34, p.85–92, 2003.

AZIM, M; LITTLE, D. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283(1), p.29-35, 2008.

AZIM, M; LITTLE, D; BRON, J. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99(9), p. 3590-3599, 2008.

BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E.; KLEEMANN, G.K, HISANO, H.; ROSA, G. J. M. Níveis de vitamina C e ferro para tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31(6), p. 2149-2156, 2002.

BICUDO, C.E.; MENEZES, M.A. **Gêneros de algas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2 ed. Rima. São Carlos. 2006. 489p.

BOEUFA, G.; PAYAN, P. Review How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, v. 130, p. 411-423. 2001.

BOYD C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**, v.226, p.101–116, 2003.

BOYD, C.E. **Water Quality in Ponds for Aquaculture**. Birmingham Publishing Company, Birmingham, Alabama. 1990. 482 p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Programa Água Doce: Documento Base. Brasília – DF. 2012. 321p.

BRITO, L.O.; SANTOS, I.G.S.; ABREU, J.L.; ARAÚJO, M.T.; SEVERI, W.; GÁLVEZ, A.O.; Effect of the addition of diatoms (*Navicula* spp.) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) on water quality and growth of the *Litopenaeus vannamei* postlarva e reared in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 47, p.3990-3997, 2016.

BROL, J.; PINHO, S.M.; SGNAULIN, T.; PEREIRA, K. R.; THOMAS, M.C.; MELLO, G.L.; MIRANDA-BAEZA, A.; EMERENCIANO, M.G.C. Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v.66 (254), p. 229-235. 2017.

BURFORD, M.A., THOMPSON, P.J., MCINTOSH, R.P., BAUMAN, R.H., PEARSON, D.C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. **Aquaculture**, v. 232, p. 525–537, 2004.

BURFORD, M; THOMPSON, P; MCINTOSH, R; BAUMAN, R; PEARSON, D. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v. 219(1), p. 393-411, 2003.

CHAKRABORTY, S. B., MAZUMDAR, D., CHATTERJI, U., BANERJEE, S. Growth of mixed-sex and mono-sex Nile Tilapia in different culture systems. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science**, v.11, p.131-138, 2011.

COLT, J. Water quality requirements for reuse systems. **Aquacultural Engineering**, v.34(3), p.143–156, 2006.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G. E.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Águas Subterrâneas**, v.20(1), p.67-82, 2006.

COSTA, D. V.; FERREIRA, M. W.; NAVARRO, R. D.; ROSA, P. V.; MURGAS, L. D. S. Parâmetros hematológicos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, p.754-764, 2014.

COSTA, F. T. M.; REIS, F. R. C.; SANTOS, J. M. S.; MACIELS. M.; BISERRA, T. S.; MOREIRA, R. L.; FARIAS, W. R. L. *Chlorella* sp. como suplemento alimentar durante a larvicultura de tilápia do nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12(4), p.1103-1115, 2011.

COSTA, W. D. Problemática da Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. **Revista Águas Subterrânea**, v.14, p.25-42, 1995.

CRAB, R; KOCHVA, M; VERSTRAETE, W; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, v. 40(3), p.105-112, 2009.

CRAIG, S.; HELFRICH, L.A. **Understanding fish nutrition, feeds, and feeding**. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia. 2002.

CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. 533 p.

DAGNE, A., DEGEFU, F., LAKEW, A. Comparative growth performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in pond culture system at Sebeta, Ethiopia. **International Journal of Aquaculture**, v.3, p.30-34, 2013.

DAUDPOTA, A. M.; SIDDIQUI, P. J. A.; ABBAS, G.; NAREJO, N. T.; SHAH, S. S. A.; KHAN, N.; DASTAGI, G. Effect of Dietary Protein Level on Growth Performance, Protein Utilization and Body Composition of Nile Tilapia Cultured in Low Salinity Water. **International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)**, v. 2(2), 135-147, 2014.

DAY, S. B.; SALIE, K.; STANDER, H. B. A growth comparison among three commercial tilapia species in a biofloc system. **Aquaculture International**, v. 24(5), p. 1309-1322, 2016.

DE SCHRYVER, P; CRAB, R; DEFOIRDT, T; BOON, N; VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: the added value for Aquaculture. **Aquaculture**, v.277(3), p.125-137, 2008.

DERNER, R.B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S.M. E FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, v.36(6), p. 1959-1967, 2006.

EBELING, J.M., TIMMONS, M.B., BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, 257, 346–358. 2006.

EKASARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN JR., M.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, 441, 72–77. 2015.

EL-SAYED, E.M. **Tilapia culture**. CABI publishing. Cambridge. Massachusetts, USA, 2006. 275 p.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E.L.C.; CAVALLI, R.O.; WASIELESKY, W. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. **Aquaculture International**, v. 19, p. 891–901. 2011.

EMERENCIANO, M; BALLESTER, E; CAVALLI, R; WASIELESKY, W. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquaculture Research**, v. 43(3), p. 447-457, 2012.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZON, G. 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: MATOVIC, M.D. (Ed.). Biomass Now - Cultivation and Utilization. InTech, Manhattan, 2013. p. 301-328.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014**. Fisheries global information system: Fisheries and Aquaculture Department. Roma. 2014.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Rome: Contributing to food security and nutrition for all, 2016. 204 p.

FELFÖLDY L., SZABO E. & TOTHL L. **A biológiai vizminőség**. Budapest, Hungary: Vizügyi Hidrobiológia Vizdok, 1987. 263 p.

FURTADO P.S.; POERSCH L.H.; WASIELESKY W. JR. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**. v. 321, p. 130–13. 2011.

GAO, L.; SHAN, H.W.; ZHANG, T.W.; BAO, W.Y. & MA, S. Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange systems. **Aquaculture**. v.342, p.89-96. 2012.

GARCÍA-ORTEGA, A.; KISSINGER, K.R.; TRUSHENSKI, J.T. Evaluation of fish meal and fish oil replacement by soybean protein and algal meal from *Schizochytrium limacinum* in diets for giant grouper *Epinephelus lanceolatus*. **Aquaculture**. v. 452, p. 1–8. 2016.

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIOUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 56, p. 35-39, 1971.

GOLTERMAN H. J., CLYNO R. S. e OHNSTAD M. A. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford. Blackwell Scientific Publications, London, England, 1978. 213p.

HAHN-VON-HESSBERG, C. M.; QUIROZ-BUCHELI, A.; GRAJALES-QUINTERO, A. Caracteres hematológicos en individuos de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, trewavas 1983) con Pesos entre 50-150 g y 150-250 g, esta ción piscícola, Universidad de caldas, colombia. **Boletín científico centro de museos de historian**, 18 (1), 142-157, 2014.

HANAGATA, N.; TAKEUCHI, T.; FUKUJU, Y.; BARNES, D. J.; KARUBE, I. Tolerance of microalgae to high CO<sub>2</sub> and high temperature. **Phytochemistry**, v. 31(10), p. 3345-3348, 1992.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344–363, 2006.

HOEK, C., Mann, D.; JAHNS, H.M. **Algae: an introduction to Phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 623p.

HORWITZ, W. **Official methods of analysis of the AOAC International**. The Association, Washington, USA. 2000.

HUSSEIN, E.E.S.; DABROWSKI, K.; EL-SAIDY, D.M.S.D.; LEE, B.J. Enhancing the growth of Nile tilapia larvae/juveniles by replacing plant (gluten) protein with algae protein. **Aquaculture Research**, v. 44, p. 937–949. 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro. v. 42, 2015. 39p.

IWAMA, G.K.; VIJAYAN, M.M.; FORSYTH, R.B.; ACKERMAN, P.A. Heat shock proteins and physiological stress in fish. **American Zoologist**, v. 39(6), p. 901-909, 1999.

JAUNCEY, K. Nutritional requirements. In: BEVERIDGE, M.C.M., MCANDREW, B.J. (Eds.), *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers, London, UK, 2000. p. 327-375.

KAMAL, A. H. M. M.; MAIR, G. C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**. v. 247, p. 189– 201. 2005.



KANGUR, K.; KANGUR, A.; KANGUR, P.; LAUGASTE, R. Fish kill in Lake Peipsi in summer 2002 as a synergistic effect of a cyanobacterial bloom, high temperature, and low water level. Proc. **Estonian Academy of Sciences, Biology Ecology**, v. 54(1), p. 67–80. 2005.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K. (Eds.), *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie Weinheim, New York, 1976. p.117-187.

KUBITZA, F. Tilápia em água salobra e salgada. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 88, p. 14-18, 2005.

KUHN, D.D., BOARDMAN, G.D., LAWRENCE, A.L., MARSH, L., FLICK, G.J., Microbial flocs generated in bioreactors is a superior replacement ingredient for fishmeal or soybean meal in shrimp feed. **Aquaculture**, v. 296, p. 51–57. 2009.

KUHN, D. D.; LAWRENCE, A. L.; BOARDMAN, G. D.; PATNAIK, S.; MARSH, L.; FLICK JR., G. J. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 303, p. 28–33. 2010.

LIKONGWE, J. S.; STECKO, T. D.; STAUFFER JR., J. R.; CARLINE, R. F. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). **Aquaculture**, v. 146, p. 37-46, 1996.

LIM, C., YILDIRIM-AKSOY, M., LI, M.H., WELKER, T.L. & KLESIUS, P.H. Influence of dietary levels of lipid and vitamin E on growth and resistance of Nile tilapia to *Streptococcus iniae* challenge. **Aquaculture**, v. 298, p. 76-82, 2009.

LIMA, E. C. R.; SOUZA, R. L.; WAMBACH, X. F.; SILVA, U. L.; CORREIA, E. S. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16(4), p. 948-957, 2015.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUANA, C.; WUA, F. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 135–141, 2015.

LOURENÇO, S.O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RIMA, 2006. 606 p.

LU, J.; TAKEUCHI, T.; SATOH, H. Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 238, p. 437-449, 2004.

LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L. AND TANA, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v. 422, p. 1-7, 2014.

MACKERETH F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis: some revised methods for limnologists**. London, England: Oxford. Blackwell Scientific Publications, 1978. 120 p.

MALBROUCK, C.; KESTEMONT, P. Effects of microcystins on fish. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 25(1), p. 72–86, 2006.

MARINHO, Y. F.; BRITO, L. O.; SILVA, C. V. F.; SANTOS, I. G. S.; GÁLVEZ, A. O. Effect of addition of *Navicula* sp. on plankton composition and postlarvae growth of *Litopenaeus vannamei* reared in culture tanks with zero water exchange. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.42, p. 427-437, 2014.

MARINHO, Y. F.; BRITO, L. O.; CAMPOS, C. V. F. S.; SEVERI, W.; ANDRADE, H. A.; GÁLVEZ, A. O. Effect of the addition of *Chaetoceros calcitrans*, *Navicula* sp. and *Phaeodactylum tricornutum* (diatoms) on phytoplankton composition and growth of *Litopenaeus vannamei* (Boone) postlarvae reared in a biofloc system. **Aquaculture Research**, v. 48(8), p. 4155–4164, 2017.

MARTÍNEZ, M.A.S. **Manejo Del cultivo de tilapia**. BIDEAUSAID. Nicaragua. 2006. 15p.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. **Reviews in Aquaculture**, v. 7(2), p. 131-148, 2015.

MARTINS, M.L.; PILARSKY, F.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T.; FENERICK JUNIOR, J.; RIBEIRO, K.; MYIAZAKI, D.M.Y.; DE CASTRO, M.P.; MALHEIROS, E.B. Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, p.71-80, 2004.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other application: A review. **Renewable and sustainable energy reviews**. v.14, p. 217-232, 2010.

MCLACHLAN, J. Growth media-marine. In: STEIN, J.R. (Ed.) Handbook of phycolological methods. Cultures methods and growth measurements. Cambridge University Press, Cambridge, 1973. p. 25-51.

MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7(3), p.469-472, 2003.

MILSTEIN, A., AVNIMELECH, Y., ZORAN, M., JOSEPH, D. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. **Israeli Journal of Aquaculture**, v. 53 (3–4), p. 147–157. 2001.

MIRANDA-BAEZA, A.; MARISCAL-LÓPEZ, M.A.; LÓPEZ-ELÍAS, J. A.; RIVAS-VEGA1, M.E.; EMERENCIANO, M.; SÁNCHEZ-ROMERO, A.; ESQUER-MÉNDEZ, J. L. Effect of inoculation of the cyanobacteria *Oscillatoria* sp. on tilapia biofloc culture. **Aquaculture Research**, p. 1–10, 2017.

MOREIRA, R. L.; SILVEIRA, L. P.; TEIXEIRA, E. G.; MOREIRA, A. G. L.; MOURA, P. S.; FARIAS, W. R. L. Growth and gastrointestinal indices in Nile tilapia fed with different Diets. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34(3), p. 223-229, 2012.

NG, W.K.; ROMANO, N. A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. **Reviews in Aquaculture**. 5, 220–254. 2013.

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

PIMENTEL, M. L. Descrição de Manejo do Policultivo Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Camarão Marinho (*Litopenaeus vannamei*) em viveiros estuarinos **Monografia (Graduação)**. Recife, Pernambuco: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2006.

QIANG, J.; XU, P.; WANG H.; LI R.; WANG H. Combined effect of temperature, salinity and density on the growth and feed utilization of Nile tilapia juveniles (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1344–1356, 2012.

QIANG, J.; YANG, H.; WANG, H.; KPUNDEH, M.D.; XU, P. Interacting effects of water temperature and dietary protein level on hematological parameters in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and mortality under *Streptococcus iniae* infection. **Fish & Shellfish Immunology**, v.34, p. 8-16. 2013b.

QIANG, J.; WANG, H.; KPUNDEH, M. D.; HEA, J.; XU, P. Effect of water temperature, salinity, and their interaction on growth, plasma osmolality, and gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity in juvenile GIFT tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of Thermal Biology**, v. 38, p.331–338, 2013a.

RANZANI-PAIVA, M. J.; PÁDUA, S. B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. I. **Métodos para análise hematológicas em peixes**. Maringá, Eduem. 2013.

RANZANI-PAIVA, M.J., FELIZARDO, N.N. & LUQUE, J.L. Parasitological and hematological analysis of Nile Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, from Guarapiranga reservoir, São Paulo State, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 27 (3), p. 231-237, 2005.

RAY, A. Biofloc technology for super-intensive shrimp culture. In: AVNIMELECH, Y. (Ed). Biofloc Technology - a practical guide book, 2nd ed., The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 2012. p. 167-188.

RUIZ, J.; ÁLVAREZ, P.; ARBIB, Z.; GARRIDO, C.; BARRAGÁN, J.; PERALES, J. A. Effect of nitrogen and phosphorus Concentration on their removal kinetic In treated urban wastewater By chlorella vulgaris. **International Journal of Phytoremediation**, v. 13, p. 884–896, 2011.

SALVADOR, R.; CLAUDIANO, G. S.; LOUREIRO, B. A.; MARCUSSO, P. F.; ETO, S. F.; PILARSKI, F.; TOAZZA, C. S.; MORAES, J. R. E.; MORAES, F. R.; Desempenho e hematologia de tilápias-do-nilo alimentadas com dieta suplementada com *Saccharomyces cerevisiae*, vacinadas e desafiadas com *Streptococcus agalactiae*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48(8), p.892-898, 2013.

SHIELDS, R. J.; LUPATSCH, I. Algae for aquaculture and animal feeds. **Technology Assessment in Theory and Practice**, v. 21, p. 23-37, 2012.

SIGNOR, A.; PEZZATO, L. E.; FALCON, D. R.; GUIMARÃES, I. G.; BARROS, M. M. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11(3), p. 509-519, 2010.

SILVA, P. C.; KRONKA, S. N.; TAVARES, L. H. S.; SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em “raceway”. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 24(4), p. 935-941, 2002.

SINGH, R.; BIRRU, R.; SIBI, G. Nutrient Removal Efficiencies of *Chlorella vulgaris* from Urban Wastewater for Reduced Eutrophication. **Journal of Environmental Protection**, v. 8, p. 1-11. 2017.

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.730- 737, 2006.

STANFORD. C. **A guide to phytoplankton of aquaculture ponds collection analysis and indentification**. Queensland: Departament of Primary, 1999. 55 p.

STRICKLAND, J. **Measuring the production of marine phytoplankton**. Bull. Fish. Res. Bd. Canada. 1960. 172p.

TACON, A.G.J.; CODY, J.J.; CONQUEST, L.D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I.P.; DECAMP, O.E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *L. vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v.8, p. 121-137, 2002.

TAKATA, R.; LUZ, R.K. Água salinizada na produção de peixes de água doce. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. São Carlos, Editora Pedro & João. 2015. p.523-543.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R.; MARTINS, M.L.; SANTANA, A.E. Haematological Changes in *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes: Cichlidae) with Gill Ichthyophthiriasis and Saprolegniosis. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 28(1), p. 1-9, 2002.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto, Villimpress. 2004. 144p.

TAVARES-DIAS, M. Parâmetros sanguíneos de referência para espécies de peixes cultivados. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. São Carlos, Editora Pedro & João. 2015. p.11-30.

TIBALDI, E.; CHINI ZITTELLI, G.; PARISI, G.; BRUNO, M.; GIORGI, G.; TULLI, F.; VENTURINI, S.; TREDICI, M.R.; POLI, B.M. Growth performance and quality traits of European sea bass (*D. labrax*) fed diets including increasing levels of freeze-dried *Isochrysis* sp. (T-ISO) biomass as a source of protein and n-3 long chain PUFA in partial substitution of fish derivatives. **Aquaculture**, v. 440, p. 60–68. 2015.

TSADIK, G. G.; BART, A. N. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilápia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v.272, p.380-388, 2007.

TURKER, H.; EVERSOLE, A. G.; BRUNE, D. E. Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. **Aquaculture**. v. 215. p. 93–101, 2003.

UEDA, I.K.; EGAMI, M.I.; SASSO, W.S., MATUSHIMA, E.R. Estudos hematológicos em *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (Cichlidae, Teleostei) – Parte I. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 34, p. 270-275, 1997.

VINATEA, L.; GALVEZ, A.O.; BROWDY, C.L.; STOKES, A.; VENERO, J.; HAVEMAN, J.; LEWIS, B.L.; LAWSON, A.; SHULER, A.; LEFFLER, J.W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, p. 17–24, 2010.

VIZCAÍNO, A.J.; LÓPEZ, G.; SÁEZ, M.I.; JIMÉNEZ, J.A.; BARROS, A.; HIDALGO, L.; CAMACHO RODRÍGUEZ, J.; MARTÍNEZ, T.F.; CERÓN-GARCÍA, M.C.; ALARCÓN, F.J. Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fishmeal alternative in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata*, juveniles. **Aquaculture**, v. 431, p. 34–43, 2014.

WEI, Y.; LIAO, S.A.; WANG, A.L. The effect of different carbon sources on the nutritional composition, microbial community and structure of bioflocs. **Aquaculture**. v.465, p.88–93, 2016.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G.E. Limnological analyses. 3rd ed. Springer-Verlag, New York. 2000. 429p.

WINTROBE, M.M. Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. **Folia Haematologica**, v.51, p.32-49, 1934.

XU, W.; PAN, L.; SUN, X.; HUANG, J. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture Research**, v. 44(7), p. 1093-1102, 2012.

ZHAO, P., HUANG, J., WANG, X.H., SONG, X.L., YANG, C.H., ZHANG, X.G., WANG, G.C., The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicas*. **Aquaculture**. v.354-355, p.97–106, 2012.

ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 73p.