

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO EM MONOCULTIVO E EM POLICULTIVO
COM CAMARÃO DA MALÁSIA EM SISTEMA BIOFLOCOS**

Acadêmico: Phillipe Thiago Leite Barbosa

Aquidauana – MS
Maio/2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PRODUÇÃO DE TILÁPIA DO NILO EM MONOCULTIVO E EM POLICULTIVO
COM CAMARÃO DA MALÁSIA EM SISTEMA BIOFLOCOS

Acadêmico: Phillipe Thiago Leite Barbosa
Orientadora: Dra. Liliam de Arruda Hayd
Co orientador: Dr. Hamilton Hisano

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado – Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana – MS
Maio/2017

B211p Barbosa, Phillipe Thiago Leite

Produção de tilápia do nilo em monocultivo e em policultivo com camarão da malásia em sistema bioflocos/Phillipe Thiago L Barbosa. Aquidauana, MS: UEMS, 2017.

72 f. ; 30cm..

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2017.

Orientadora: Profa. Dra. Liliam de Arruda Hayd.

DEDICATÓRIA

A Deus pela vida e por tudo que me faz,
Aos meus avós Feliciano e Maria Ambrósia;
Às minhas mães Felícia, Filinda e Flaviane;
Aos meus irmãos Eurico, Georgianne e Lityenne;
Dedico lhes, de coração, este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, por me dar a oportunidade de descer aqui e fazer a diferença;

A toda minha família pelo apoio e incentivo durante todas as etapas de minha vida acadêmica, em especial aos meus avós, Feliciano e Maria Ambrósia, que foram extraordinários em toda a minha vida;

À minha orientadora, Dr^a Liliam de Arruda Hayd, pela transmissão de princípios e conhecimentos essenciais à minha formação acadêmica. Pela paciência em todo o período do mestrado. Meu mais sincero agradecimento.

Ao co orientador, Dr^o Hamilton Hisano por ter me recebido, pela paciência, dedicação, em toda a etapa de planejamento, condução e redação do trabalho;

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia e aos professores pelos valiosos ensinamentos;

À instituição de ensino Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS e ao Programa de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES, por me conceder esta oportunidade de realização do curso e pela bolsa de estudo;

Aos colegas do Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura: Alysson, Eduardo, Fabiane, João, Jucele, Karla, Mayqueli, Mayara, Romel, Thaynara e Wagner;

Aos colegas do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos – Embrapa Meio Ambiente: Michelly, Israel, Giovanni, Victor, Hanea, Gino, Ana Lucia e Marisa pelo auxílio no experimento e nas análises de água;

Aos colegas do Laboratório de bioquímica da UFMT – Eslaine e Prof. Suélem pelo apoio e auxílio nas análises bromatológicas;

A Professora Tatiani Botini por toda a ajuda de sempre, nunca mediu esforços para me atender. Meu eterno agradecimento;

Aos amigos que adquiri nesta etapa da minha vida, em especial a Mariana que a todo momento nunca parou de me incentivar, com palavras de coragem e força;

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste sonho e participaram de todos os momentos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3. OBJETIVOS	12
3.1 Objetivo Geral.....	12
3.2 Objetivos específicos	12
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPITULO 2 – COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO E PERFIL HEMATOLÓGICO DA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS E COM FILTRO BIOLÓGICO.....	20
Introdução.....	22
Material e Métodos	23
Resultados	27
Discussão	28
Conclusão.....	32
Referências.....	33
CAPITULO 3 – SISTEMA BIOFLOCOS MELHORA O POLICULTIVO DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) e CAMARÃO DA MALÁSIA (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>). 41	41
1. Introdução.....	43
2. Material e Métodos.....	44
3. Resultados	47
4. Discussão	49
5. Conclusão	51
Referências Bibliográficas	51
CAPITULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1.	Composição percentual, química e energética da dieta experimental.	48
Tabela 2.	Desempenho produtivo de tilápia do nilo em sistema BFT e sem BFT, durante 60 dias.	49
Tabela 3.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p das variáveis físico químicas da tilápia do nilo no sistema com bioflocos e no sistema sem bioflocos.	49
Tabela 4.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p da composição bromatológica, volume e concentração do bioflocos.	49
Tabela 5.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p dos parâmetros fisiológicos e do índice Hepatossomático (IHS) da tilápia do nilo no sistema com e sem bioflocos.	50
Tabela 6.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p da contagem total e diferencial de leucócitos da tilápia do nilo no sistema com e sem bioflocos.	50

CAPÍTULO 3

Tabela 1.	Composição percentual, química e energética da dieta experimental.	68
Tabela 2.	Valores médios do desempenho da tilápia do nilo.	68
Tabela 3.	Desdobramento da interação cultivo x filtro para as variáveis ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica.	69
Tabela 4.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação do desempenho do camarão da malásia (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) no sistema com bioflocos e sistema convencional, com policultivo.	69
Tabela 5.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p das variáveis físico químicas do monocultivo e policultivo em sistema de cultivo com bioflocos e sistema de cultivo convencional.	69
Tabela 6.	Valores médios, desvio padrão, coeficiente de variação e valor p da composição bromatológica, volume e concentração do bioflocos no monocultivo e policultivo.	70

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

- Figura 1.** Nitrogênio inorgânico dissolvido no tratamento com e sem bioflocos no período experimental. (A) Nitrogênio amoniacal total (NAT), (B) nitrito (NO₂ N) e (C) nitrato (NO₃ N). 47

Capítulo 3

- Figura 2.** Nitrogênio inorgânico dissolvido no tratamento com e sem bioflocos no cultivo da tilápia do nilo em policultivo com o camarão da malásia no período experimental. (A) Nitrogênio amoniacal total (NAT), (B) nitrito (NO₂ N) e (C) nitrato (NO₃ N). 71

RESUMO GERAL

O sistema bioflocos é uma tecnologia que visa produzir organismos aquáticos de interesse zootécnico com troca mínima ou zero de água, atendendo o anseio de produção sustentável. Algumas espécies tem a capacidade de aproveitar o alimento natural, como é o caso da tilápia do nilo e camarão da malásia. O policultivo é o cultivo de duas espécies no mesmo ambiente, buscando maior produção. Objetivou-se do trabalho foi avaliar o desempenho da tilápia do nilo em monocultivo e em policultivo com o camarão da malásia no sistema bioflocos e no sistema sem bioflocos. O delineamento experimental no primeiro estudo foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (sistema com bioflocos e sistema sem bioflocos) e quatro repetições. No segundo estudo foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos em esquema fatorial 2x2. Nos dois experimentos foram avaliados diariamente os valores de temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e, semanalmente, nitrogênio amoniacal total, nitrito e nitrato, volume do flocos (ml L^{-1}) e sólidos sedimentáveis totais (mg L^{-1}). No primeiro experimento foram avaliadas as variáveis de desempenho produtivo e perfil hematológico da tilápia, e no segundo experimento as variáveis de desempenho da tilápia e do camarão. As tilápias produzidas no sistema bioflocos mostraram melhores respostas para ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de eficiência proteica (TEP). E para o segundo experimento os peixes no sistema bioflocos em policultivo apresentaram melhores respostas de desempenho produtivo do que no sistema bioflocos monocultivo e sistema convencional com monocultivo e com policultivo. O sistema bioflocos proporciona melhores respostas de desempenho para a tilápia do nilo e para o camarão da malásia.

Palavras-chave: aquicultura; *Oreochromis niloticus*; *Macrobrachium rosenbergii*; microrganismos heterotróficos; sustentabilidade aquícola;

ABSTRACT

The biofloc system is a technology that aims to produce aquatic organisms of zootechnical interest with minimum or zero exchange of water, meeting the longing for sustainable production. Some species have the ability to take advantage of natural food, as is the case of Nile tilapia and Malaysian shrimp. polyculture is the cultivation of two species in the same environment, seeking greater production. The objective of this work was to evaluate the performance of Nile tilapia in monoculture and polyculture with shrimp from Malaysia in the biofloc system and in the system without biofloc. The experimental design in the first study was completely randomized with two treatments (system with biofloc and system without biofloc) and four replications. In the second study, it was completely randomized with four treatments in a 2x2 factorial scheme. In the two experiments, daily values of temperature ($^{\circ}\text{C}$), pH, dissolved oxygen (mg L^{-1}) and weekly total ammoniacal nitrogen, nitrite and nitrate, flakes volume (ml L^{-1}) and total sedimentable solids (mg L^{-1}). In the first experiment the variables of productive performance and hematological profile of tilapia were evaluated, and in the second experiment the variables of tilapia and shrimp performance. Tilapia produced in the biofloc system showed better responses for weight gain (GP), apparent feed conversion (CAA) and protein efficiency ratio (TEP). And for the second experiment the fish in the biofloc system in polyculture presented better productive performance responses than in the monoculture biofloc system and the conventional system with monoculture and polyculture. The biofloc system provides better performance responses for Nile tilapia and shrimp from Malaysia.

Keywords: aquaculture; *Oreochromis niloticus*; *Macrobrachium rosenbergii*; Heterotrophic micro-organisms; Aquaculture sustainability;

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Com mais de 7,3 bilhões de pessoas no mundo, a demanda por alimentos se predispõe a aumentar continuamente (FAO 2016), e em consequência, favorece o crescimento de novas cadeias produtivas tais como a aquicultura para suprir o mercado de proteína de origem animal.

A aquicultura se destaca no mercado de produção animal pois cresce priorizando o desenvolvimento de sistemas com alta produtividade, decorrentes principalmente da associação de altas densidade de estocagem com a menor renovação da água (AZIM & LITTLE, 2008; BARBOSA *et al.*, 2015), condição possível devido a utilização de técnicas que permitam manter qualidade da água (CYRINO *et al.*, 2010), e ao mesmo tempo minimiza a taxa de renovação e o volume de efluente eventualmente lançados nos corpos hídricos.

A menor geração de efluentes minimiza o impacto ambiental e gera outro fator favorável ao desenvolvimento da aquicultura, que além de contar com o melhor fator nutricional do pescado, também vincula esta atividade à um panorama ecologicamente sustentável (GIORDANO, 1999).

O sistema bioflocos (BFT) atende estas premissas, e surgiu como uma tecnologia alternativa para produção em alta densidade, mantendo a qualidade da água e uma mínima taxa de renovação (CRAB *et al.*, 2012). Neste sistema, o princípio determinante, para obtenção de bons índices de produtividade e qualidade da água, é a manutenção adequada relação carbono: nitrogênio do sistema, que proporciona o desenvolvimento de bactérias heterotróficas (AVNIMELECH, 2007).

Com a inclusão de compostos de carbono estimula-se inicialmente o crescimento das bactérias heterotróficas a incorporarem o nitrogênio amoniacal na biomassa microbiana (AVNIMELECH, 1999; BROWDY *et al.*, 2012). Em conjunto, e de forma mais lenta, acontece o crescimento das bactérias nitrificantes, responsáveis pelo processo autotrófico, que desempenham um papel importante para a manutenção da qualidade da água no sistema, tendo

em vista que essas bactérias oxidam a amônia e o nitrito em nitrato, produto final da oxidação destes compostos nitrogenados que tem a menor toxicidade aos organismos aquáticos cultivados (KRUMMENAUER, 2014).

Outra vantagem dos bioflocos do meio aquático, é que eles podem ser aproveitados como alimento por algumas espécies filtradoras, como é o caso da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e do camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*) (CRAB *et al.*, 2012). O bioflocos é composto por bactérias específicas, algas e protozoários e pode alcançar o nível de 50% de proteína bruta em sua composição, reduzindo em até 30% as despesas com rações (AZIM & LITTLE, 2008; AVNIMELECH, 2009; ROCHA *et al.*, 2012). Dessa forma, a proteína microbiana pode ser utilizada como fonte complementar de proteína, reduzindo o custo de produção.

As tilápias são o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo e possuem uma produção mundial de 3,6 milhões de toneladas associado à tilápia do Nilo (FAO FishStat, 2016). No Brasil, a tilápia tornou se a espécie mais cultivada na última década (RODRIGUES *et al.*, 2015), somente em 2015 a produção de tilápia aumentou 9,7%, representando 45,4% do total da produção nacional de peixes de água doce que foi de 219 mil toneladas (IBGE 2016).

Outra espécie que possui ótima característica de adaptação ao sistema bioflocos é o camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) (DAVID *et al.*, 2015; JUNG *et al.*, 2016), que obteve uma produção mundial de 216.856 toneladas em 2015 (FAO FishStat, 2016). No Brasil, o camarão da malásia é a espécie mais cultivada, com 5.428 toneladas em 2014 (FAO FishStat, 2016), e representa a principal espécie nos estudos da carcinicultura de água doce devido à sua importância econômica e potencial de cultivo (VALENTI, 1998; SILVA *et al.*, 2007).

A disseminação da tilápia do nilo e do camarão da malásia no mundo, principalmente no Brasil, ocorreu devido a capacidade de se adaptarem a ampla variedade de sistemas de cultivo, rusticidade e grande aceitabilidade do mercado consumidor (VALENTI 1998; MEURER *et al.*, 2003, SOUZA *et al.*, 2009; BALLESTER *et al.*, 2012).

Algumas espécies aquáticas como a tilápia do nilo e o camarão da malásia podem ser mantidas no mesmo ambiente sem que ocorra a predação (EL SAYED, 2006).

Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar o sistema bioflocos no monocultivo e policultivo da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e do camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). O trabalho desenvolvido está dividido em quatro capítulos sendo: o capítulo 1 com a apresentação das considerações gerais, com os tópicos que definem claramente os conceitos mais importantes para a compreensão do trabalho; o capítulo 2 descreve a avaliação do sistema de bioflocos na produção da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em 60 dias; o capítulo 3 descreve a avaliação do sistema de bioflocos na produção da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) consorciado com o camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*); e o Capítulo 4 apresenta as considerações finais deste estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESPÉCIES ESTUDADAS

2.1.1 Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*)

As tilápias são o segundo grupo de peixes mais cultivados no mundo, sendo o primeiro as carpas (ADEOYE *et al.*, 2016). A produção mundial de tilápia ficou próximo de 4,5 milhões de toneladas (FAO, 2016). No Brasil, a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), foi a espécie mais cultivada na última década (representou 45,4% da produção nacional em 2014) (MARENGONI, 2006; BRASIL, 2014; RODRIGUES *et al.*, 2015).

O crescimento da cadeia produtiva da tilápia ocorreu devido ao melhoramento genético, e as características da espécie como capacidade de adaptação aos vários sistemas de cultivo (MEURER *et al.*, 2003), boa rusticidade e precocidade reprodutiva (PULLIN; LOWE MCCOMELL, 1982) características estas que foram associadas à grupos de pesquisa voltados para o melhoramento genético da espécie e geraram várias linhagens altamente produtivas (TACHIBANA *et al.*, 2004). As tilápias possuem grande aceitabilidade no mercado consumidor, pela ausência dos espinhos em Y, e conquistaram também um espaço no mercado de lazer dos pesquepague familiares pela facilidade de captura por qualquer pessoa e ao mesmo tempo gera uma boa dispusta (EL SAYED, 2006; SOUZA *et al.*, 2009).

A tilápia do nilo tem importância econômica para diversos países, principalmente para aqueles localizados nas regiões tropicais e subtropicais (FURUYA, 2010). A tilápia do nilo chegou no Brasil nas regiões sul e sudeste na década de 70, oriunda do continente africano (SILVA; COSTA, 2013). Pertencente à família dos Cichlidae, que possuem cerca de 70 espécies de peixes de água doce (OLIVEIRA *et al.*, 2007), as tilápias são caracterizadas por terem o corpo revestido por escamas e dentes primitivos (PULLIN; LOWE MCCOMELL, 1982). A tilápia do nilo apresenta dimorfismo sexual, sendo as fêmeas diferenciadas pelo número de orifícios urogenitais, pois o oviduto ao sair próximo da uretra torna esta região mais desenvolvida do que no macho (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Na natureza, as tilápias do nilo, na fase larval, se alimentam basicamente de zooplâncton - copépodes (hábito onívoro) (EI SAYED, 2006). Os juvenis e adultos alimentam-se de zooplâncton, macrófitas e algas verdes (MORAES *et al.*, 2009). As tilápias do nilo produzidas em sistema de cultivo intensivo não possuem disponibilidade de alimento que atenda as suas exigências, apesar de aproveitar bem o alimento natural, é necessário o uso de ração para obtenção de um ótimo desempenho de produção, na fase de juvenil, a tilápia do nilo com peso entre 10-20 g, tem exigência entre 30-35% de proteína bruta e no mínimo 5% de lipídeo (FURUYA, 2010).

Os principais sistemas de produção utilizados para o cultivo das tilápias do nilo são tanques rede e viveiros escavados (FURLANETO *et al.*, 2006). Os viveiros escavados possuem baixa concentração de biomassa por volume e exigem uma área compatível para a implantação do sistema além do investimento de maquinário para sua construção, em contrapartida, os tanques rede proporcionam elevada biomassa em uma menor estrutura física, contam com uma menor variação dos parâmetros físico-químicos e apresenta fácil manejo por ser implantado principalmente em grandes áreas de reservatórios d'água oriundos de barragens de usinas hidroelétricas (MARENGONI, 2006; FURUYA, 2010).

2.1.2 Camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*)

O camarão da malásia *Macrobrachium rosenbergii*, obteve uma produção mundial de 234.206 toneladas em 2015 (JUNG *et al.*, 2016; FAO - FISHSTAT J, 2017), e é a principal espécie a compor os estudos na carcinicultura de água doce (VALENTI, 1998; SILVA *et al.*, 2007).

O *Macrobrachium rosenbergii* é conhecido como Gigante da Malásia em função da sua origem geográfica, e chegou no Brasil na década de 70 (VALENTI, 1998). O crescimento da cadeia produtiva do camarão da malásia ocorreu devido a sua capacidade de adaptação ao clima brasileiro, rápido crescimento e elevada resistência a doenças (VALENTI 1998; HOSSAIN; ISLAM, 2006; BALLESTER *et al.*, 2012).

O camarão da malásia é uma das 240 espécies pertencentes à família dos *Palaemonideos* (NEW *et al.*, 2010; HAYD; ANGER, 2013; KUMARESAN *et al.*, 2013). O corpo consiste em duas partes: cefalotórax ou cabeça e abdômen ou cauda (PINHEIRO; HEBLING, 1998; NEW; VALENTI, 2000), a espécie atinge um comprimento de 330 mm e 450 g de peso corporal (ANNAMALAI ASAIKKUTTI *et al.*, 2016).

Após passar pela fase juvenil o camarão da malásia torna se adulto, este período é de 4 – 6 meses para que ocorra a maturação das gônadas (ANGER, 2001). A espécie exibe dimorfismo sexual no 2º par de pleópodos, os machos apresentam dois apêndices enquanto nas fêmeas, apenas um (JUNG *et al.*, 2016). Os machos de camarão da malásia são divididos morfológicamente em 3 grupos: quela azul (BC), quela laranja (OC) e quela transparente (SM), não havendo grupos distintos para as fêmeas (BALLESTER *et al.*, 2012). A fêmea de camarão da malásia desova de 80.000 a 100.000 ovos (NEW *et al.*, 2010). A época reprodutiva da espécie está diretamente ligada ao fotoperíodo que estimula as gônadas a produzirem hormônios reprodutivos e a variação da temperatura (PINHEIRO; HEBLING, 1998).

A temperatura ideal para o desenvolvimento da espécie está na faixa de 28° a 30°C (SIPAÚBA TAVARES, 1995; PINHEIRO; HEBLING, 1998). Os ambientes de água doce, com acesso à água salobra, são ideais pois, as larvas se desenvolvem (BALLESTER *et al.*, 2012). A concentração de oxigênio dissolvido para o cultivo da espécie é ideal acima de 4,0 mg/L, e a faixa ideal de pH é entre 7,2 e 8,8 (SIPAÚBA TAVARES, 1995).

O camarão da malásia é um crustáceo onívoro, que consome inúmeras plantas aquáticas e animais vivos e/ou em decomposição (FAO, 2016). A falta de alimento natural ou artificial pode induzir ao canibalismo (BALLESTER *et al.*, 2012). No Brasil não existe uma ração comercial específica para a espécie (NEW *et al.*, 2010).

O desenvolvimento da espécie em sistemas de produção é dividido em 3 fases: larvicultura, berçário e crescimento final (BALLESTER *et al.*, 2012). A larvicultura geralmente acontece no laboratório com o objetivo de produzir juvenis ou pós larvas, caracterizada por sistema de cultivo aberto ou fechado (CORREIA; CASTRO, 1998; DAVID *et al.*, 2015). No sistema aberto ocorrem trocas diárias de água salobra, para que a qualidade da água se mantenha em níveis adequados para a espécie (CORREIA; CASTRO, 1998). No sistema de cultivo fechado ocorre recirculação de água salobra, que exige biofiltros para manter os parâmetros físico químicos em níveis adequados para o cultivo (CARVALHO FILHO; MATHIAS, 1998). O sistema de cultivo fechado permite que ocorra o cultivo em regiões distantes do litoral (VALENTI *et al.*, 1998; NEW *et al.*, 2010).

Os berçários têm como objetivo cultivar as pós larvas em altas densidades, e permite que os animais permaneçam em condições ambientais controladas (ZIMMERMANN; SAMPAIO, 1998). O controle das condições ambientais proporciona um elevado índice de sobrevivência na fase seguinte (crescimento final), além de possibilitar a criação em locais de clima frio (FARIAS; VALENTI, 1995; NEW *et al.*, 2010).

A última fase de produção é a fase de crescimento final, período em que o juvenil ou pós larva cresce até atingir o tamanho para sua comercialização, que pode ser em sistemas de monocultivo (VALENTI, 1998), ou policultivo, que tenham espécies com diferentes hábitos alimentares bem como distribuição espacial variada (VALENTI, 2002).

2.2 POLICULTIVO

O Policultivo é definido pelo cultivo de mais de uma espécie no mesmo ambiente (VALENTI, 2002). Tem como objetivo aumentar a produção e otimizar o aproveitamento do alimento fornecido (BALLESTER *et al.*, 2012). No geral, a

aquicultura mantém várias espécies no mesmo local espontaneamente, porém não são caracterizadas como policultivo, exceto nos sistemas de produção intensivos que é intencionalmente definidas as espécies (ZIMMERMANN; RODRIGUES, 1998). A policultura se encaixa em conceitos de produção sustentável, pois visa a diminuição de impactos ambientais, otimizando a alimentação e gerando maior renda e aproveitamento de resíduos oriundos da atividade (SOUZA *et al.*, 2009; BESSA JUNIOR *et al.*, 2012)

Na década de 60 haviam recomendações para a utilização de camarões e peixes de água doce em sistemas de policultivo (CANDIDO *et al.*, 2005). O conhecimento do hábito alimentar das espécies a serem utilizadas em conjunto com o camarão é necessário para que não ocorra a predação ou competição do alimento, o que sugere o uso das diversas espécies de carpas e tilápias (ZIMMERMANN; RODRIGUES, 1998).

A tilápia do nilo apresenta características que favorecem a sua criação com camarão da malásia (EL SAYED, 2006), pois ambos possuem uma faixa de temperatura semelhante, atingem o tamanho comercial com aproximadamente 5 meses de idade e são resistentes a doenças (VALENTI, 2002), além de que juntos proporcionam ao produtor uma receita adicional excelente, pois além da aceitabilidade de ambos no mercado o valor do crustáceo no mercado é mais alto (SOUZA *et al.*, 2009).

O manejo alimentar no policultivo de peixes e camarões é feito com relação à biomassa do peixe (BALLESTER *et al.*, 2012), pois o camarão aproveita os restos de alimentos e fezes dos peixes que são depositadas no fundo dos viveiros (SOUZA *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2015).

O policultivo no Brasil ainda não é tão praticado, apesar da grande disponibilidade de informações a respeito (ZIMMERMANN; RODRIGUES, 1998). O policultivo tilápia/camarão da malásia pode ser feito quando as duas espécies ficam livres no viveiro, e quando se coloca as tilápias em tanques rede e os camarões ficam livres (PINTO *et al.*, 2012).

2.3 BIOFLOCOS

O sistema bioflocos, é uma tecnologia utilizada desde a década de 80 na aquicultura (SERFLING, 2006). As pesquisas teóricas e práticas evoluíram

significativamente e simultaneamente, nos Estados Unidos e em Israel (CHAMBERLAIN; HOPKINS, 1994; AVNIMELECH *et al.*, 1994). Os maiores avanços foram para as espécies de camarão marinho e tilápia (DE SCHRYVER *et al.*, 2008).

Nos sistemas de produção aquícola a amônia (NH_3) é oriunda principalmente da decomposição das fezes e dos restos da ração que são depositados no fundo dos tanques, este fator é um dos principais entraves para manter estável a qualidade da água (AVNIMELECH, 1999).

A baixa ou nenhuma renovação de água dentro do sistema aquático ocasiona o aumento da matéria orgânica e dos compostos nitrogenados (CRAB *et al.*, 2012). A conversão dos compostos nitrogenados em biomassa microbiana ocorre devido o estímulo e o desenvolvimento de bactérias heterotróficas (AVNIMELECH, 1999; AVNIMELECH, 2007; WEI *et al.*, 2016). Desta forma, a quantidade de efluentes lançados no meio ambiente são reduzidas, o que proporciona menor impacto ambiental (BROWDY *et al.*, 2012).

O Bioflocos surgiu com o objetivo de sanar problemas ambientais principalmente os relacionados com a restrição de recursos hídricos (AZIM; LITTLE, 2008). As bactérias que compõem o sistema bioflocos crescem e formam proteína microbiana, necessitando altas concentrações de oxigênio dissolvido e uma fonte de carbono ao meio, aumentando a relação carbono/nitrogênio (15 C:1 N) (AVNIMELECH, 2007; AZIM; LITTLE, 2008; CRAB *et al.*, 2012). O tipo de fonte de carbono a ser adicionado ao sistema influencia na qualidade do flocos, desta maneira, várias fontes de carbono podem ser utilizadas (farelo de arroz, dextrose, glicose, celulose, melão, entre outros (AVNIMELECH, 1999). O melão é o mais utilizado, por ter baixo custo e conter em sua composição vitaminas e minerais fundamentais para as bactérias heterotróficas (SQUIO; ARAGÃO, 2004).

A composição e aproveitamento dos flocos formados, estão relacionados com a espécie e o hábito alimentar do peixe ou camarão cultivado (ROCHA *et al.*, 2012). Para atender as exigências das tilápias os flocos devem ter de 25-30% de proteína bruta, 6-8% de lipídios, 8-12% de fibra bruta e 12% de cinzas (JAUNCEY, 2000). Além de existir quantidades consideráveis de macro (cálcio, fósforo, potássio e magnésio) e micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) (MOSS *et al.*, 2006).

A proteína microbiana pode ser utilizada como alimento pelos peixes e camarões que a aproveitam como alimento natural, e pode atender 50% das exigências nutricionais de algumas espécies de organismos aquáticos, além de promover diminuição dos níveis de proteína nas rações, que é o componente mais oneroso do custo de produção (AVNIMELECH, 2007; CRAB *et al.*, 2007; BALLESTER 2010; ROCHA *et al.*, 2012). De acordo com Tacon *et al.* (2002), as comunidades bacterianas que compõem o bioflocos podem proporcionar melhores respostas para ganho de peso, conversão alimentar, resistência a doenças e a sobrevivência.

A estabilização das bactérias no sistema pode demorar até 6 semanas, dividida em duas fases: na primeira as bactérias heterotróficas são as dominantes no sistema por apresentarem um crescimento rápido (AVNIMELECH, 2012), e na segunda fase as bactérias autotróficas, que estabilizam entre a 2ª e 3ª semanas após o início da inclusão da fonte de carbono (WASIELESKY *et al.*, 2014), pois possuem um crescimento lento, passam a ter um papel mais importante no sistema por converterem os compostos nitrogenados a nitrato (KRUMMENAUER *et al.*, 2013). É comum as concentrações de nitrogênio amoniacal e pH se elevarem neste período, além do consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos (AVNIMELECH, 2011; CRAB *et al.*, 2012).

O sistema bioflocos demonstra que existe mais de uma forma de remover o nitrogênio amoniacal, de forma simultânea (EBELING *et al.*, 2006). O produto resultante da respiração (O_2) e da atividade das bactérias heterotróficas é o dióxido de carbono (CO_2), que é aproveitado pelas bactérias autotróficas como fonte de carbono para que ocorra o desenvolvimento e crescimento da sua biomassa microbiana que porventura pode ser consumida pelas bactérias heterotróficas (MORIARTY, 1997; MCGRAW, 2002).

As bactérias em geral, são consumidas por organismos ciliados e flagelados, que são utilizados como alimento para os camarões e peixes (SILVA, 2009). De acordo com Ballester *et al.*, (2007), estes organismos são ricos em ácidos graxos e aminoácidos fundamentais para o crescimento de camarões e peixes. Portanto, o sistema bioflocos mantém a qualidade da água em sistemas de produção aquícola, principalmente no que se refere aos compostos nitrogenados que são tóxicos para os organismos aquáticos, e quando

associado em sistema de policultivo pode-se obter vantagens quanto a redução do custo no fornecimento de ração e uma mínima renovação de água. Além de apresentar vantagens extras, como a qualidade da proteína microbiana que é utilizada pelos peixes e camarões como alimento suplementar (AVNIMELECH, 1999; AVNIMELECH, 2007; CRAB *et al.*, 2012).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o sistema bioflocos no monocultivo da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e no policultivo com o camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*).

3.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar o desempenho zootécnico da tilápia do nilo no sistema bioflocos em comparação com sistema sem bioflocos, por meio do desempenho (ganho de peso, consumo da ração, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência proteica, taxa de crescimento específico, taxa de retenção proteica e sobrevivência);
- b) Analisar as variáveis hematológicas da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivada em sistema com e sem bioflocos, por meio da hematologia (hematócrito, hemoglobina, número de eritrócitos, contagem diferencial de leucócitos, contagem total de trombócitos e leucócitos);
- c) Avaliar as variáveis físicas e químicas da água com sistema bioflocos e no sistema sem bioflocos, mediante as variáveis (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal total, nitrito e nitrato);
- d) Analisar os sólidos sedimentáveis totais (SST), o volume de sólidos suspensos (Imhoff) no sistema bioflocos;

e) Avaliar o sistema bioflocos e sistema sem bioflocos no monocultivo e policultivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) com camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), por meio do desempenho produtivo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOYE, A. A.; YOMLA, R.; JARAMILLO TORRES, A.; RODILES, A.; MERRIFIELD, D. L.; DAVIES, S. J. Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth, intestinal morphology and microbiome. **Aquaculture**, vol. 463, p. 61 70 (2016).

ALMEIDA, E. O.; SANTOS, R. B.; COELHO FILHO, P. A.; CAVALCANTE JUNIOR, A.; SOUZA, A. P. L.; SOARES, E. C.; Policultivo do Curimatã pacum com o camarão canela. **Boletim do Instituto de Pesca**, vol. 41(2), p. 271 278 (2015).

ANGER, K. The biology of decapod crustacean larvae. **Crustacean Issues**, vol. 14 (2001).

ANNAMALAI ASAIKUKUTTI, A.; BHAVAN, P.S.; VIMALA, K.; KARTHIK, M.; CHERUPARAMBATH, P.; RAJKUMAN G. Comparative Studies of the Proximate Composition of three body parts of wild, cultured and frozen prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). **International Journal of Pure and Applied Zoology**, vol. 4, p. 85 91 (2016).

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

AVNIMELECH, Y. Bio filters: The need for new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, vol. 34, p. 172 178 (1999b).

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology ponds. **Aquaculture**, vol. 264, p. 140 147 (2007).

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology A Practical Guide Book. **The World Aquaculture Society**, p. 182, (2009).

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

BALLESTER, E. L. C.; HELDT, A.; FROZZA, A.; NEGRINI, C.; PIOVESAN, V. Curso de Extensão Carcinicultura de Água Doce Cartilha Básica. **Universidade Federal do Paraná** (2012).

BARBOSA, P. T. L.; PEREIRA, G. R.; PORTO, E. P. J.; PIRES, T. B. Sistema de Produção de Pintado Amazônico: Caracterização das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento. **Enciclopédia Biosfera**, vol.11, p.1736 (2015).

BESSA JUNIOR, A. P. J.; AZEVEDO, C. M. S. B.; Thé Pontes, F. S.; Henry Silva, G.G. Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.41, p.1561 1569 (2012).

BROWDY, C. L.; RAY, A. J.; LEFFLER, J. W.; AVNIMELECH, Y. Biofloc based Aquaculture Systems. **Aquaculture Production Systems**, First Edition, (2012).

CANDIDO, A. S.; de MELO JÚNIOR, A. P.; COSTA, O. R.; COSTA, H. J. M. S.; IGARASHI, M. A. Efeito de diferentes densidades na conversão alimentar da tilápia *Oreochromis niloticus* com o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de policultivo. **Revista Ciência Agronômica**, vol.36, p. 279 284 (2005).

CARVALHO FILHO, J.; MATHIAS, M. A. CAMPOS. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), Carcinicultura de Água doce: **Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 95 113 (1998).

CHAMBERLAIN, G.W.; HOPKINS, S.J. Reducing water use and feed cost in intensive ponds. **World Aquaculture**, vol. 25, p. 29 32 (1994).

CRAB, R.; DEFOIRD, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, vol. 356 357, p. 351 356 (2012).

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; YUJI, S. R.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A. Piscicultura e o ambiente o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 39, p. 68 87 (2010).

CORREIA, E. S.; CASTRO, P. F. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), Carcinicultura de Água doce: **Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 77-94 (1998).

DAVID, F. S.; COHEN, F. P. A.; VALENTI, W. C. Intensification of the Giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* hatchery production. **Aquaculture Research**, p. 1-6 (2015).

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

EL SAYED, ABDEL FATTAH M. Tilapia culture / Abdel Fattah M (2006).

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

FAO. Nilo tilapia nutritional requirements. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (2017).

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Cultured Aquatic Species Information Programme – *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1979). **FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations** (2017).

FAO. FishStatJ, a tool for fishery statistics analysis. Rome: **FAO: Food and agriculture Organization of the United Nations** (2016).

FARIA, H. S.; VALENTI, W. C. AVALIAÇÃO DO CULTIVO DE *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) em Berçários Operados no Inverno. **Biotemas**, vol. 8(2), p. 50–62 (1995).

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque rede no médio Paranapanema, estado de São Paulo, safra 2004/05. **Informações Econômicas**, vol.36, (2006).

FURUYA, W. M. Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias (2010).

GIORDANO, G.; Tratamento e Controle de Efluentes Industriais. **Tecnologia em Meio Ambiente** (1999).

HOSSAIN, A.; ISLAM, M. S. Optimization of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De man) in carp polyculture in Bangladesh. **Aquaculture Research**, vol. 37, p. 994 1000 (2006).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal (2015).

JAUNCEY, K., Tilapias: Biology and Exploitation. **Nutritional requirements**. p.327–375 (2000).

JUNG, H.; YOON, B.; KIM, W.; KIM, D.; HURWOOD, D. A.; LYONS, R. E; SALIN, K. R.; KIM, H.; BAEK, I.; CHAND V.; MATHER, P. B. Optimizing hybrid de novo transcriptome assembly and extending genomic resources for giant freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*): the identification of genes and markers associated with reproduction. **International Journal of Molecular Sciences**. Vol. 17, p. 690 (2016)..

KRUMMENAUER, D.; LARA, G.; FÓES, G.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JUNIOR, W. Sistema de Bioflocos: é possível reutilizar a água por diversos ciclos? **Panorama da Aquicultura**, (2013).

KUMARESAN, V.; PALANISAMY, R.; PASUPULETI, M.; AROCKIARIARAJ, J. Impacts of environmental and biological stressors on immune system of *Macrobrachium rosenbergii*. **Reviews in Aquaculture**, p. 1 25, (2013).

MARENGONI, N.G. Produção de Tilápia do Nilo *Oreochromis Niloticus* (Linhagem Chitralada), Cultivada em Tanques Rede, Sob diferentes densidades de Estocagem. **Arquivo de Zootecnia**, vol. 55, p. 127 138 (2006).

MCGRAW, W. J. Utilization of heterotrophic and autotrophic bacteria in aquaculture. **Global Aquaculture Advocate**, p. 82 83, (2002).

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Influência do Processamento da Ração no Desempenho e Sobrevivência da Tilápia do Nilo Durante a Reversão Sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.32, p.262 267 (2003).

MORAES, A. M.; SEIFFERT, W. Q.; TAVARES, F.; FRACALLOSSI, D. M. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques

de, com diferentes rações comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 40, p. 388 395, (2009).

MORIARTY, D. J. W. The role of microorganisms in aquaculture ponds. **Aquaculture**, vol. 151, p. 333 349 (1997).

MOSS, S. M.; FORSTER, I. P.; TACON, A. G. J. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. **Aquaculture**, vol. 258, p. 388 395 (2006).

NEW M. B.; VALENTI W. C. Freshwater Prawns Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii* (MB New and WC Valenti, Eds.), **1st edn.** (2000).

NEW, M. B. History and global status of freshwater prawn farming. In: New et al, 2010: Freshwater Prawns: **Biology and Farming**. 1 ed. p. 1 9, (2010).

OLIVEIRA, E. G; SANTOS, F. J. S.; PEREIRA, A. M.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. 2007.

PINHEIRO, M. A. A, e HEBLING, N. J. 1998. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), **Carcinicultura de Água doce: Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 21 46 (1998).

PINTO, C. S. R. M.; MARCANTONIO, A. S.; BOOCK, M. V.; MARQUES, H. L. A.; PAIVA, P.; BARROS, H. P.; MALLASEN, M.; MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F.; Produção de tilápias em tanques rede em policultivo com camarões da malásia livres em viveiro escavados. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, (2012).

PULLIN, R. S. V.; LOWE MCCONNELL, E. R. H. A biologia e cultura de tilápias. **Conferência Internacional sobre a biologia e Cultura de tilápias** (1982).

ROCHA, A. F.; ABREU, P. C.; WASIELESKY JUNIOR, W.; TESSER, M. B. Avaliação da formação de Bioflocos na criação de juvenis de tainha *MUGIL CF.HOSPES* sem renovação de água. **Atlântica**, vol. 34(1) p. 63 74, (2012).

RODRIGUES, R. L.; BORGES, I. B.; GOMES, V. A. P.; RIBEIRO, G. M.; FREITAS, R. R. Caracterização e análise da gestão produtiva e comercialização em um cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques rede no norte do Espírito Santo, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, vol. 3(1) p. 109 127, (2015).

SEBRAE/ ES. Serviço de apoio às micro e pequenas empresas do Espírito Santo. Tecnologia do Camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). **Manual de Carcinicultura de água doce**, (2005).

SERFLING, S. A. Microbial flocs: Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. **Global Aquaculture Advocate**, June, p. 34–36, (2006).

SILVA, M. C. N.; FRÉDOU, F. L.; ROSA FILHO, J. S. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862) Da ilha de Combú, Belém, Estado do Pará. **Amazônia: Companhia e Desenvolvimento**, v.2, (2007).

SILVA, B. K. R.; COSTA, D. C. P. B. Formação de bioflocos (Protótipo com criação de tilápias). UFP (2013)

SIPAÚBA TAVARES, L.H. Limnologia aplicada à aquicultura, **Funep**, p. 70, (1995).

SOUZA, B. E.; STRINGUETTA, L.L.; BORDIGNON, A. C.; BOHNENBERGER, L.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Policultivo de camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações peletizadas e fareladas. **Ciências Agrárias**, vol.30, p. 225 232, (2009).

SQUIO, C. R. & ARAGÃO, G. M. F. Estratégias de cultivo para produção dos plásticos biodegradáveis poli (3 hidroxibutirato) e poli (3 hidroxibutirato co 3 hidroxivalerato) por bactérias. *Química Nova*, v. 27, n. 4, p. 615 622, 2004.

VALENTI, W.C. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), **Carcinicultura de Água doce: Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 165 177 (1998).

VALENTI, W. C. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, p. 99 106. 2002.

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

ZIMMERMANN, S.; SAMPAIO, C. M. S. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), **Carcinicultura de Água doce: Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 144 163 (1998).

ZIMMERMANN, S.; RODRIGUES, J. B. R. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), **Carcinicultura de Água doce: Tecnologia para Produção de Camarões**, p. 268 278 (1998).

CAPITULO 2 – COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO E PERFIL HEMATOLÓGICO DA TILÁPIA DO NILO EM SISTEMA BIOFLOCOS E COM FILTRO BIOLÓGICO. Esse capítulo seguiu as normas da revista *Aquaculture Internacional* (Qualis B1).

Comparação do desempenho produtivo e perfil hematológico da tilápia do nilo em sistema bioflocos e com filtro biológico

Resumo: Um dos principais entraves na aquicultura intensiva é a redução da qualidade da água, em razão do acúmulo de compostos nitrogenados. A tecnologia de bioflocos surgiu como alternativa para resolver esse problema, permitindo a produção sem renovação de água, e oferecendo suplementação proteica. O objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho produtivo e o perfil hematológico da tilápia no sistema bioflocos e sem bioflocos. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (sistema com bioflocos e sistema sem bioflocos) e quatro repetições. No final do ensaio de crescimento mensurou-se o ganho de peso (GP), o consumo de ração (CR), a conversão alimentar aparente (CAA), a taxa de crescimento específico (TCE), a taxa de eficiência proteica (TEP), a taxa de retenção proteica (TRP), o índice hepatossomático (IHS) e a sobrevivência (SBR). Diariamente, registrou-se o valor de temperatura (°C), pH e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e, semanalmente, os compostos nitrogenados. Para a análise hematológica foram analisados: eritrócitos, hemoglobina, volume corpuscular médio, concentração média de hemoglobina corpuscular e contagem total e diferencial de leucócitos. Os peixes no sistema bioflocos obtiveram melhores respostas para GP $67,37 \pm 7,41$, CAA $1,02 \pm 0,15$, e TEP $2,79 \pm 0,45$ do que no sistema sem bioflocos. Dessa forma, observa-se que o sistema bioflocos melhora as respostas de ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica, indicando que a tilápia utilizou o bioflocos como alimento suplementar de alto valor biológico.

Palavras chave biossegurança; Oreochromis niloticus; proteína microbiana; sistema de produção aquícola; sustentabilidade; troca de água zero.

Introdução

O sistema bioflocos (BFT) é uma tecnologia de produção intensiva, que permite aumentar a produtividade de peixes e camarões, com renovação mínima de água (Avnimelech 2007). Nesse sistema, o manejo da comunidade microbiana é o fator determinante para manutenção da qualidade da água, especialmente o de bactérias heterotróficas, que por meio de inclusão de fonte de complementar de carbono, estimula o seu crescimento e melhora o processo de remoção de nitrogênio inorgânico da água bem como possibilita a sua transformação em biomassa bacteriana (Avnimelech 1999; Hargreaves 2006). Esse processo é mais eficiente do que as bactérias autotróficas nitrificantes, que também estão presentes no bioflocos (Krummenauer et al. 2013).

No sistema BFT ocorre a interação entre matéria orgânica e inúmeras variedades de microrganismos como fitoplâncton, bactérias, rotíferos, copépodos e protozoários (Avnimelech 2007; Crab et al. 2007; Emereciano 2013).

A característica nutricional do bioflocos é destacada pelo teor proteico entre 28 a 40% (Azim e Little 2008; Tacon 2000), e o equilíbrio de aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas (Crab et al. 2012).

A tilápia do nilo é uma espécie que consegue aproveitar melhor o alimento natural, especialmente nas fases iniciais. De acordo com Avnimelech (2011) e Crab et al. (2012), essa espécie pode assimilar a proteína do BFT em até 25% de sua exigência nutricional.

Por outro lado, Avnimelech (2007), ressalta que a tilápia consegue assimilar quase 50% do alimento convencional (ração). Dessa forma, a contribuição do alimento natural em alguns casos é bastante expressiva no sistema BFT, e este por sua vez pode ser considerado um alimento com alto valor biológico, o que permite a redução dos níveis de proteína bruta nas rações (De Schryver et al. 2008; Luo et al. 2014).

A tilápia do nilo é a segunda espécie mais produzida no mundo, sendo as carpas as principais espécies. Nesse aspecto, ressalta-se o fato de que perspectivas futuras indicam que, em algumas décadas, ela se tornará a principal espécie da aquicultura mundial (Fao, 2011), haja vista que é amplamente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais.

No Brasil, a tilápia foi a espécie mais produzida na aquicultura em 2015 (IBGE, 2016). Destacam-se algumas características que as tornaram amplamente difundidas no Brasil e no mundo: rusticidade, hábito alimentar onívoro, rápido crescimento e excelente qualidade de carne (Moraes et al. 2009; Pullin e Lowe Mccomell, 1982).

Considerando-se a limitação de trabalhos comparativos que se utilizaram de peixes de mesma desova e idade e receberam o mesmo manejo em condições controladas, objetivou-se com esse estudo inédito avaliar o desempenho e o perfil hematológico de tilápias do nilo produzidas em sistema BFT e sem BFT (filtro biológico).

Material e Métodos

Dieta experimental

A ração foi formulada para que tenham 28% de proteína digestível (PD) e 3.100 kcal de energia digestível (ED kg⁻¹), segundo recomendações da National Resource Council - NRC (1993, 2011) e Furuya (2010). com base em alimentos de origem vegetal (Tabela 1).

Os ingredientes foram triturados em moinho laboratorial (Marconi MA340) para que se obtivesse partícula de 0,5 mm, pesados, misturados em misturador vertical tipo “Y” (Marconi MA201), umedecidos com, aproximadamente, 20% de água (45°C) e processados em grânulos de 2,5 mm de diâmetro de um moedor de carne (G Paniz MCR22).

Após o processo descrito acima, secaram-se as dietas em estufa de ventilação forçada – 55°C durante 24 h – (Marconi MA035). Após, armazenaram-nas sob refrigeração (5°C) até o seu uso.

Antes do ensaio experimental, analisou-se, em duplicata, a matéria seca (MS), a proteína bruta (PB), o extrato etéreo (EE), a fibra bruta (FB) e a matéria mineral (MM) das dietas (AOAC, 2000) para fins de controle e certificação.

É importante salientar que, tanto no sistema com bioflocos quanto no sistema sem bioflocos, foram adotados o mesmo manejo alimentar (quantidade e frequência de alimentação) e a mesma ração experimental (28% PD e 3.100 kcal/kg).

Sistema experimental e ensaio de desempenho

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ecossistemas Aquáticos da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna, São Paulo, Brasil.

Foram utilizados 64 alevinos de tilápia do nilo com peso médio inicial de $7,29 \pm 0,67$ g, distribuídos em oito aquários experimentais com volume útil de 150 L e em uma densidade de 8 peixes/aquário. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (sistema bioflocos BFT e sistema com filtro biológico – sem BFT) e quatro repetições.

Os aquários foram dotados de recirculação de água independente, com aeração suplementar via soprador de ar radial (1,0 cv/sistema). Para o sistema sem BFT foram utilizados biofiltros com volume de 10 L, conforme a metodologia de Ballester et al. (2012). O aquecimento dos sistemas foi controlado por meio de termostatos acoplados a resistências blindadas (500 W/aquário) com o fim de manter constante a temperatura da água (26°C).

Para a formação de colônias de bactérias nos biofiltros, realizou-se a maturação durante os dez dias que antecederam o período experimental. Já para a formação inicial do BFT nas unidades experimentais, inoculou-se 1 L de água de um tanque de bioflocos previamente formado e estabilizado durante os dez dias antecedentes ao início do experimento. Diariamente, durante todo o período experimental, adicionou-se melão em pó como fonte de carbono para o tratamento com bioflocos na proporção 12:1 (C:N) (De Schryver et al. 2008; Ebeling et al. 2006; Samocha et al. 2007; Avnimelech 2009).

Os animais foram alimentados com as dietas experimentais durante 60 dias, três vezes ao dia: às 8 h, 12 h e 16 h. A ração foi fornecida *ad libitum*.

No final do ensaio de desempenho, os peixes foram mantidos em jejum por 24 h. Posteriormente foram anestesiados (70 mg L⁻¹ de benzocaína) e pesados individualmente. As variáveis de desempenho avaliadas nesse experimento foram: ganho de peso (GP), consumo da ração (CR), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de eficiência proteica (TEP).

Uma amostra inicial de 20 peixes da população original passou por eutanásia por overdose anestésica (300 mg L⁻¹ de benzocaína) para fins de análise da composição do filé inicial e final para cálculo da taxa de retenção de proteína. Nesse aspecto, calculou-se o índice hepatossomático e a sobrevivência (%).

Monitoramento físico químico da água

Diariamente, mensurou-se a temperatura da água (°C), o oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) e o pH com a sonda Horiba (modelo U 53). A cada semana determinou-se o nitrogênio amoniacal total (NAT) por meio do teste 8155 Hach, nitrito N (NO₂ N) e do teste 8153 Hach e nitrato N (NO₃ N) teste 8158 Hach, ambos com o espectrofotômetro DR 2000. Os

aquários com filtro biológico foram sifonados, quando necessário, após a última alimentação.

Nos tratamentos com bioflocos analisou-se, semanalmente, o volume de sólidos sedimentáveis, em que amostras de 1 L de água de cada unidade experimental com meio de cultivo bioflocos foram coletadas e transferidas para cones de Imhoff e, após 1 h de decanto, registrou-se o volume do floco (mL L^{-1}) (Avnimelech, 2007). Além disso, foi analisada semanalmente, a concentração de sólidos suspensos totais (mg L^{-1}) por meio da metodologia de gravimetria de volatilização (Strickland e Parsons 1972).

Parâmetros hematológicos

Após o período de jejum, 12 peixes/tratamento (3 peixes/aquário) foram capturados para coleta de sangue. As amostras de sangue foram colhidas por meio de punção caudal utilizando-se seringa com anticoagulante EDTA (3%). O sangue foi colocado em tubos de polipropileno (1,5 mL) e mantido entre 5 e 7° C, até o processamento.

A percentagem de hematócrito foi determinada posteriormente por meio do método de microhematócrito (Goldenfarb et al. 1971). Determinou-se a hemoglobina pelo método da cianometahemoglobina (Gold Analisa Diagnóstica) (Collier, 1944), e a contagem de eritrócitos foi realizada após a diluição do sangue (1:200) em solução de citrato de formalina utilizando-se, para tanto, um hemocitometro Neubauer. As extensões sanguíneas foram determinadas em duplicata de cada peixe e foram coradas pancromicamente para a contagem diferencial de leucócitos e para a contagem total de trombócitos e leucócitos.

Análise estatística

Os resultados obtidos para as diferentes variáveis e análises foram submetidos ao teste de normalidade, seguido por análise de variância (ANOVA). Quando significativo, aplicou-se o teste t a 5 % de probabilidade. Os dados foram analisados no programa estatístico R versão 3.2.5.

Resultados

As tilápias do nilo produzidas em sistema BFT apresentaram melhores respostas ($P>0,05$) para ganho de peso, conversão alimentar aparente, taxa de eficiência proteica e taxa de retenção proteica, quando comparadas ao tratamento sem BFT (Tabela 2). Por outro lado, não houve diferença para taxa de crescimento específico entre os dois tratamentos. Durante o período experimental, a taxa de sobrevivência foi de 100% em ambos tratamentos.

Não houve diferença ($P>0,05$) em relação à temperatura e ao oxigênio dissolvido, quando comparados os sistemas BFT e sem BFT. Por outro lado, o pH diferiu ($P>0,05$) entre os distintos tratamentos (Tabela 3).

Apesar de não apresentar diferença significativa, observou-se pequena variação nos níveis de NAT, NO_2 N e NO_3 N no sistema BFT e sem BFT durante o período experimental (Fig. 1). Os níveis de NAT oscilaram durante o período experimental e, no final do ensaio experimental, obtiveram maiores concentrações em ambos tratamentos (Fig. 1a). Houve variação para NO_2 N tanto entre os tratamentos quanto em relação às diferentes amostragens em que o valor médio no sistema BFT foi superior ao sem BFT (Fig. 1b). Nesse aspecto, obteve-se uma maior concentração aos 28 dias. Essa mesma tendência foi observada para NO_3 N (Fig. 1c), com a maior concentração analisada na quinta semana (35 dias).

Houve diferença ($P>0,05$) para PB e MM do bioflocos em função do tempo (Tabela 4). O maior teor proteico foi determinado aos 45 dias, sendo que esse período diferiu estatisticamente dos demais. Para composição de MM, observou-se menor conteúdo aos 30 dias. Por outro lado, não houve diferença ($P>0,05$) para EE e FB.

O volume de sólidos sedimentáveis totais (volume floco) e os sólidos suspensos totais estão apresentados na (Tabela 4). Os sólidos sedimentáveis totais e os sólidos suspensos totais foram menores no início do ensaio experimental e aumentaram no decorrer do tempo ($P>0,05$).

Para as variáveis hematócrito (Htc), hemoglobina (Hgb), eritrócitos (Eri), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e índice hepatossomático (IHS) (Tabela 5) não houve diferença ($P>0,05$) entre o sistema bioflocos e sistema sem bioflocos. Para a contagem total e diferencial de leucócitos, não houve diferença entre os tratamentos avaliados (Tabela 6).

Discussão

As tilápias produzidas no sistema BFT apresentaram melhores respostas para GP, CAA, TEP e TRP em comparação com o sistema sem BFT. Houve incremento de 19,72% e melhora de 22,13; 17,72 e 49,74% para GP, CAA, TEP e TRP, respectivamente, para os animais produzidos em sistema BFT. Esses resultados corroboram com os obtidos por Notoong et al. (2011) e Ekasari et al. (2015) para GP bem como para os de Luo et al. (2014), para CAA com tilápia do nilo em experimentos comparando diferentes sistemas.

O sistema bioflocos pode contribuir para melhores respostas de ganho de peso para tilápias quando comparado com sistemas convencionais. Tal fato ocorre em razão da sua capacidade de capturar as partículas de flocos e os microrganismos em suspensão, o que

pode representar até 50% do alimento (Avnimelech 2007; Azim e Little 2008). Essa habilidade de aproveitamento do alimento natural foi quantificada por Avnimelech e Kochba (2009), que observaram que cerca de 25% da proteína ingerida resultou do bioflocos. Por outro lado, Burford et al. (2004) observaram que de 18 a 29% de nitrogênio consumido por camarões (*Litopenaeus vannamei*) era originário do bioflocos.

No presente estudo, é possível afirmar que as tilápias aproveitaram o bioflocos como alimentação complementar, uma vez que a conversão alimentar dos peixes no sistema BFT foi melhor (1,02) quando comparado ao sistema sem BFT (1,32). Dessa forma, reforçaram-se as observações dos autores supracitados sobre o aproveitamento de forma quantificada do bioflocos pelos peixes.

De acordo com De Schryver et al. (2008), no sistema BFT espera-se uma menor conversão alimentar, quando comparado ao sistema convencional. Tal fato ocorre em razão de haver a reciclagem de nutrientes, principalmente de N que é convertido em flocos microbiano e que pode servir como fonte alternativa de alimento. De acordo com Kuhn et al. (2010), o bioflocos pode substituir, parcialmente ou totalmente, a farinha de peixe em dietas para camarão (*Litopenaeus vannamei*).

A TEP no sistema BFT (2,79) foi superior à apresentada no sistema sem BFT (2,37). Esse fato evidencia que a alimentação complementar, especialmente a fração proteica do bioflocos, foi aproveitada de maneira mais eficiente no sistema BFT, demonstrando, assim, a qualidade nutricional do bioflocos. Valores inferiores foram encontrados por Luo et al. (2014) quando, analisando diferentes sistemas, observaram no bioflocos uma TEP de 1,90 no sistema sem bioflocos e 2,13 no sistema com BFT. Esse mesmo comportamento foi observado para a TRP, associados ao ganho de peso superior do que no tratamento sem BFT.

A qualidade nutricional do bioflocos é um reflexo da inúmera variedade de microrganismos como o fitoplâncton, as bactérias, os rotíferos, os copépodes e os protozoários (Avnimelech 2007; Crab et al. 2007; Emereciano 2013), que proporcionam alto teor proteico e permite o equilíbrio entre aminoácidos, ácidos graxos, minerais e vitaminas (Crab et al. 2012).

As variáveis de qualidade de água estiveram dentro da faixa de normalidade para a tilápia do nilo, conforme recomendações de Popma e Lovshin (1995). A média do pH do sistema bioflocos, quando comparada com o sistema com filtro biológico, foi ligeiramente inferior. De acordo com Azim et al. (2012), o sistema bioflocos pode acumular maior concentração de CO₂, proveniente da respiração dos peixes e, também, dos microrganismos que compõem o bioflocos. Dessa forma, essas observações podem explicar os resultados da ligeira diminuição do pH da água desse sistema no presente estudo.

Os compostos nitrogenados em ambos sistemas oscilaram durante o período experimental, embora não tenham diferido estatisticamente. O NAT apresentou maior concentração aos 49 dias. Esse comportamento é esperado, uma vez que a concentração de nitrogênio amoniacal permite a decomposição da matéria orgânica, restos alimentares, excreção e material fecal, fato que aumenta a sua concentração no sistema (Luo et al. 2014). Por outro lado, o nitrito, apresentou maior concentração aos 21 dias, no sistema bioflocos e aos 28 dias, no sistema com filtro biológico. Em relação ao nitrato, o nível maior de concentração ocorreu aos 35 dias, no sistema bioflocos e aos 49 dias, no sistema com filtro biológico. Quando ocorre o acúmulo de N amoniacal e se inicia a inclusão de uma fonte de carbono ao meio, é característico que em seguida, ocorra a acumulação do nitrito (NO₂) (Wasielesky et al. 2013), devido ao processo de nitrificação, que também

acontece nos biofiltros de sistemas de recirculação (Timmons e Ebeling 2007; Sesuk et al. 2009).

A composição bromatológica do bioflocos apresentou variação significativa para PB e MM em relação ao tempo de cultivo. Os resultados do presente estudo corroboram com os obtidos por Azim e Little (2008) para EE (3%) e MM (12%), porém para FB (8%) e PB (38%) os valores foram superiores. Por outro lado, os resultados da composição bromatológica do bioflocos no presente estudo foi inferior ao recomendado por Tacon (2000): 35-40% para PB, 5-9% para EE e 7-10% para FB, indicando a relação da composição do bioflocos com a composição da ração fornecida aos animais. De acordo com Avnimelech (2007), a composição do bioflocos está relacionada a diversos fatores como, à fonte de carbono adicionada ao meio de cultivo, às comunidades microbianas, aos animais, à ração e a outros quesitos ligados à formação, e atribuem a oscilação na composição bromatológica dos diversos experimentos aos diferentes períodos amostrados.

Os sólidos sedimentais totais variaram entre 11,75 e 63,5 ml L⁻¹ e a concentração de sólidos suspensos totais entre 732,13 e 1389,75 mg L⁻¹ em função do tempo, sendo registrado maiores valores ao final do período experimental, fato que indica crescimento com padrão linear e que está relacionado com a maior presença de restos alimentares, de excreção provenientes das tilápias, de bactérias e de zooplâncton. O crescimento linear do volume dos flocos foi observado por Widanarni et al. (2012), quando avaliou a aplicação do bioflocos e qualidade de água na produção de tilápia vermelha cultivada em diferentes densidades. Os valores encontrados no presente estudo foram similares ao sugeridos por De Schryver et al. (2008) e consiste no valor de 40-60 ml L⁻¹.

Valores superiores aos obtidos no presente estudo foram verificados por Luo et al. (2014), que registraram concentrações de sólidos sedimentáveis totais superiores a 500

mg L⁻¹ e advertiram que sólidos em grande quantidade podem ocasionar o entupimento das brânquias dos camarões e dos peixes interferindo no crescimento e na saúde do animal.

Estresse e desequilíbrio nutricional podem desencadear alterações nos parâmetros sanguíneos das tilápias. Nesse sentido, a hematologia é uma ferramenta importante para observações sobre a saúde dos peixes (Tavares Dias 2015). Nesse ensaio experimental, o sistema BFT não influenciou no Htc, Hgb, Eri, VCM, CHCM (tabela 6) nem na contagem total de leucócitos (Leu e Tro) e na contagem diferencial de leucócitos (Lin, Neu, Mon e CGE). Tal fato indica que o sistema BFT não teve nenhum efeito negativo sobre a saúde dos peixes. Azim e Little (2008) e Long et al. (2015) descreveram valores inferiores aos encontrados nesse trabalho, entretanto os parâmetros hematológicos da tilápia do nilo não diferiram entre o sistema BFT e o sistema sem BFT.

A utilização do sistema bioflocos, além de possibilitar a manutenção da qualidade da água, reduz a utilização de recursos hídricos, permite uma maior biossegurança, possibilita um menor impacto ambiental (Azim e Little 2008), e gera economia e maior produtividade em relação ao sistema convencional (De Schryver et al. 2008). Possibilita a redução da PB na ração, já que o flocos microbiano pode alcançar o nível de 50% de PB, fato que pode reduzir em até 30% as despesas com rações (AVNIMELECH 2009). No BFT, a disponibilidade de alimento natural, com alto valor biológico é maior que no sistema convencional, circunstância que reflete em melhores respostas de desempenho.

Conclusão

O sistema bioflocos melhorou o ganho de peso, a conversão alimentar aparente e a taxa de eficiência proteica e não influenciou no perfil hematológico da tilápia do nilo.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA MEIO AMBIENTE pelo suporte para realização do ensaio experimental. À CAPES (Brasília) pela bolsa DS-CAPES concedida durante mestrado. À Dra. Suélem Aparecida de França – UFMT e à Esleine Patrícia – UNEMAT pela disposição do laboratório e auxílio nas análises bromatológica.

Referências

- A.O.A.C (2000) Official methods of analysis (17 ed.) Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Avnimelech Y (1999) Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems
Aquaculture 176:227-235.
- Avnimelech Y (2007) Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology ponds. Aquaculture 264:140-147.
- Avnimelech Y (2009) Biofloc Technology: A Practical Guide Book. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society p 181.
- Avnimelech, Y., Kochba, M (2009) Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using ¹⁵N tracing. Aquaculture 287:163–168.
- Avnimelech Y (2011) Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. Global Aquaculture Advocate.
- Avnimelech Y (2012) Biofloc Technology A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society p 271.
- Azim ME, Little DC (2008) The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 283:29-35.

- Barros MM, Falcon DR, De Oliveira OR, Pezzato LE, Fernandes AC, Guimarães IG, Sartori MMP (2014) Non specific immune parameters and physiological response of Nile tilapia fed β glucan and vitamin C for different periods and submitted to stress and bacterial challenge. *Fish & Shellfish immunology* 39:188-195.
- Collier HB (1944) The standardizations of blood haemoglobin determinations. *Canadian Medical Association Journal* 50:550–552.
- Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W (2012) Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* 351–356.
- De Schryver P, Crab R, Defoirdt T (2008) The basics of bio flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277:125–137.
- Ebeling JM, Timmons MB, Bisogni JJ (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257:346–358.
- Ekasari JRDR, Firdausi AP, Surawidjaja EH, Zairin Jr M, Bossier P, De Schryver P (2015) Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture* 441:72–77.
- Goldenfarb PB, Bowyer FPH, Brosious E (1971) Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determinations. *American Journal of Clinical Pathol* 56:35–39.
- Golterman HL, Clymo RS, Ohnstad MAM (1978) Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Blackwell Science p 214.
- Krummenauer D, Poersch LH, Foes GK, Romano LA, Lara GR, Encarnação P, Wasielesky Jr W (2014) The effect of Probiotics in a *Litopenaeus vannamei* Biofloc Culture System Infected with *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal Applied Aquaculture* 370–379.

- Kuhn DD, Lawrence AL, Boardman GD, Patnaik S, Marsh L, Flick Jr GJ (2010) Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 28–33.
- Luo G, Gao Q, Wang C, Liu W, Sun D, Li L, Tan, 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* 422–423.
- Moraes AM, Seiffert WQ, Tavares F, Fracalossi DM (2009) Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques de, com diferentes rações comerciais. *Revista Ciência Agronômica* 40:388–395.
- Popma TJ, Lovshin LL (1995) World Prospects for comercial Production of Tilapia. *Aquaculture production manual*. Alabama: Auburn University, Alabama International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, p 7.
- Pullin RSV, Lowe McConnell ERH (1982) A biologia e cultura de tilápias. Conferência Internacional sobre a biologia e Cultura de tilápias, Bellagio, Itália, setembro 2–5.
- Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Ali AM, Burger JM, Almeida RV, Ayub Z, Harisanto M, Horowitz A, Brock DL (2007) Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Engineering* 36:184–191.
- Sesuk T, Powtongsook S, Nootong K (2009) Inorganic nitrogen control in a novel zero water exchanged aquaculture system integrated with airlift submerged fibrous nitrifying biofilters. *Bioresource Technology* 100:2088–2094.
- Sipaúba Tavares LH (1995) *Limnologia aplicada à aquicultura*. Funep p 70.

- Stickland JHD, Parsons TR (1972) A practical handbook of seawater analysis. 2. ed. Fishery Research Board Canada p 311.
- Tavares Dias M, Mariano WS (2015) Aspectos Biológicos, Fisiológicos e Sanitários de Organismos Aquáticos. Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos: Pedro & João Editores, 1:429.
- Timmons MB, Ebeling JM (2007) Recirculating aquaculture. 1nd edition. NRAC Publication 948:01–07.
- Wasielesky W, Krummenauer D, Lara G, Fóes G, Poersch L (2013) Cultivo de camarões em Sistema de bioflocos: realidades e perspectivas. ABCC.

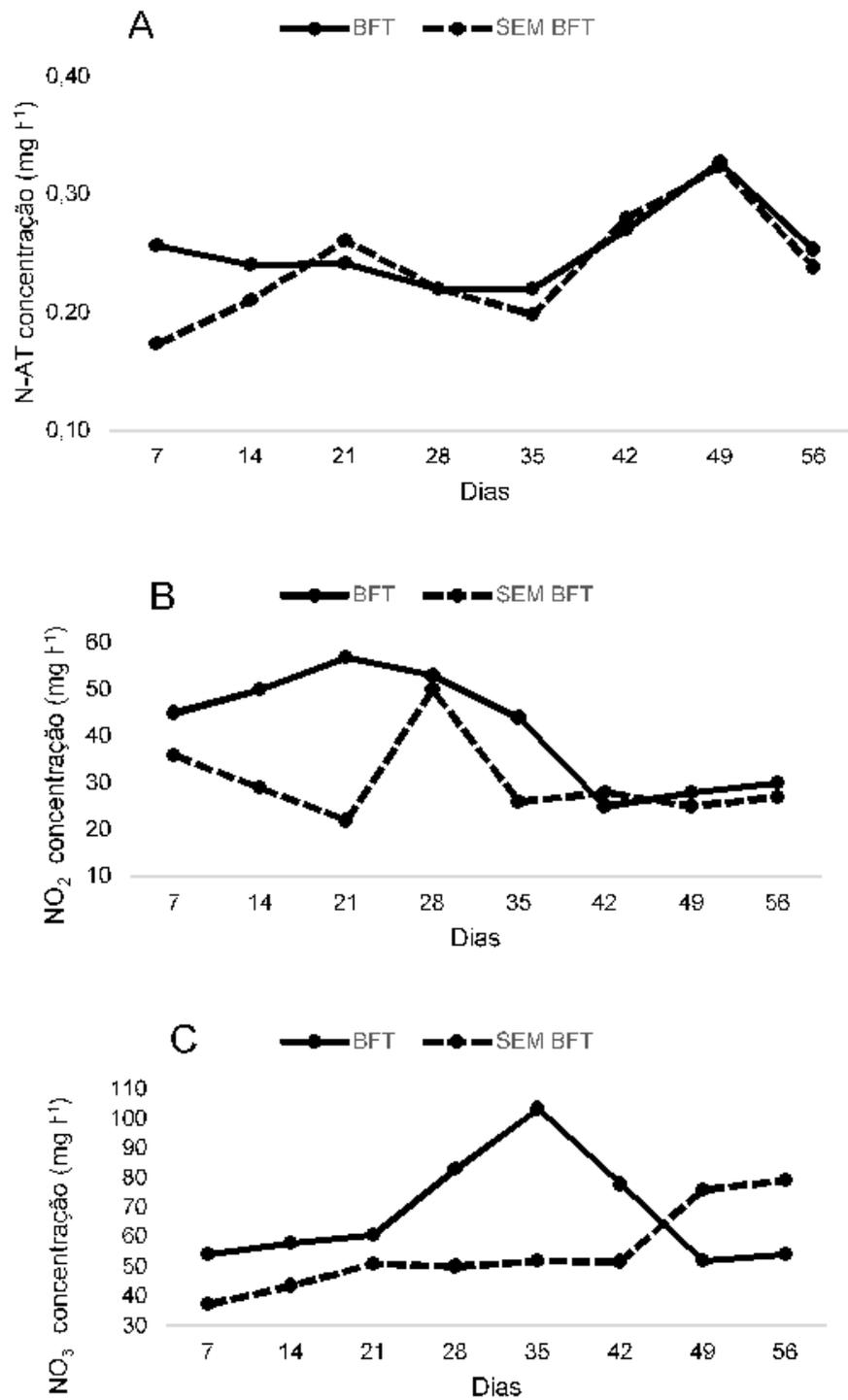


Figura 1 Nitrogênio inorgânico dissolvido no tratamento com e sem bioflocos no período experimental. (A) Nitrogênio amoniacal total (NAT), (B) nitrito (NO₂ N) e (C) nitrato (NO₃ N).

Tabela 1 Composição percentual, química e energética da dieta experimental.

Ingredientes	Quantidade (%)
Farelo de Soja	59,40
Fubá de Milho	23,05
Farelo de Trigo	10,00
L Lisina	0,03
DL Metionina	0,37
Treonina	0,27
Óleo de Soja	2,36
Fosfato Bicálcico	3,90
Sal Comum	0,10
Premix vit/min ¹	0,50
BHT ²	0,02
Total	100,00
Composição química calculada e determinada	
Energia Digestível (kcal/kg) ³	3099,91
Proteína Digestível (%) ³	28,00
Proteína Bruta (%) ⁴	31,59
Fibra Bruta (%) ⁴	3,50
Extrato Etéreo (%) ⁴	3,30
Nutrientes Digestíveis Totais ⁴	80,90
Ca Total (%) ³	1,18
P Disponível (%) ³	0,70
Met digestíveis (%) ³	0,60
Lys digestíveis (%) ³	1,54
Trp digestíveis (%) ³	0,34
Tre digestíveis (%) ³	1,18
ED:PD ³	110,70
Ca total/P disponível ³	1,68
Umidade (%) ⁴	7,70
Matéria Mineral (%) ⁴	7,50

¹Suplemento mineral e vitamínico (Composição/kg de ração) Selênio: 75,00 mg; ferro: 15; cobre: 2.000,00 mg; cloreto de colina 125,00 g; manganês: 3750,00 mg; zinco: 20,00 g; ferro: 15,00; iodo: 125,00 mg; niacina: 7.800,00 mg; ácido fólico: 750,00 mg; ácido pantotênico: 3.750,00 mg; biotina: 125,00 mg; vitamina C 53,00 g; Iodo: 125,00 g; vitamina A: 2.000.000,00 UI I; vitamina D3, 500.000,00 UI; vitamina E, 15.000,00 UI; vitamina K3, 1.000,00 mg; vitamina B1, 2.500,00 mg; vitamina B2, 2.500,00 mg; vitamina B6, 2.000,00 mg; vitamina B12, 5.000,00 mg; ²Butil hidroxi tolueno;

³ valor calculado; ⁴ valor determinado, segundo AOAC (2000).

Tabela 2 Desempenho produtivo de tilápia do nilo em sistema BFT e sem BFT.

Variáveis	Com BFT	Sem BFT	Valor de P
GP (g)	67,37±7,41 ^a	56,27±1,82 ^b	0,0269
CAA	1,02±0,15 ^b	1,31±0,10 ^a	0,0192
TEP	2,79±0,45 ^a	2,37±0,27 ^b	0,0178
TCE	1,91±0,01	1,92±0,02	0,4637
TRP	20,36±2,86 ^a	13,57±4,91 ^b	0,0172

Valores expressos como média e desvio padrão. Ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE) e taxa de retenção proteica (TRP). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste t (P< 0,05).

Tabela 3: Variáveis físico químicas da tilápia do nilo no sistema com bioflocos e no sistema sem bioflocos.

Variáveis	Com BFT	Sem BFT	CV (%)	Valor de P
Temperatura (°C)	26,64±0,27	26,80±0,44	1,35	0,5410
pH	7,23 ±0,08 ^b	7,36±0,06 ^a	0,99	0,0474
OD (mg L ⁻¹)	5,12±0,18	5,35±0,13	2,98	0,0770

Oxigênio dissolvido (OD). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T (P< 0,05).

Coefficiente de variação (CV).

Tabela 4 Composição bromatológica, volume e concentração do bioflocos.

Composição bromatológica						
	15	30	45	60	CV	Valor P
PB %	24,22 ^b ±0,12	23,21 ^c ±0,08	25,04 ^a ±0,13	22,91 ^c ±0,17	0,54	<0,0001
EE %	3,16±0,34	3,16±0,16	3,23±0,13	3,21±0,17	6,32	0,9770
FB %	5,31±0,40	5,49±0,21	5,6±0,59	6,42±0,16	11,92	0,1500
MM %	14,01 ^a ±0,03	12,03 ^b ±0,39	13,68 ^a ±0,14	13,89 ^a ±0,17	1,68	0,0017
Volume e concentração						
Imhoff	11,75±2,22 ^d	30,00±3,83 ^c	46,00±10,03 ^b	63,50±7,68 ^a	17,70	0,0089
SST	732,13±160,21 ^d	953,13±121,11 ^c	1171,75±103,46 ^b	1389,75±43,28 ^a	10,83	0,0107

Proteína bruta (PB), Extrato etéreo (EE), Fibra bruta (FB), Matéria Mineral (MM). Imhoff (ml/L) e SST (mg/L). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (p< 0,05). CV = Coeficiente de variação. P = p valor

Tabela 5 Parâmetros fisiológicos e índice Hepatosomático (IHS) da tilápia do nilo no sistema com e sem bioflocos.

Variáveis	Com BFT	Sem BFT	CV (%)	Valor P
Htc (%)	35,00±6,33	35,00±5,06	17,09	0,9730
Hgb (g/dL)	11,49±1,86	11,70±0,77	15,35	0,7780
Eri (x 10 ⁶ /μL)	2,73±0,43	2,88±0,46	16,35	0,4740
VCM (μ3)	134,23±18,23	138,65±25,65	16,33	0,4720
CHCM (%)	12,14±5,53	11,24±4,94	14,89	0,6640
IHS (%)	1,66±0,25	1,38±0,22	22,04	0,0529

Hematócrito (Htc), hemoglobina (Hgb), eritrócito (Eri), volume corpuscular médio (VCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e índice hepatossomático (IHS). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de T (P< 0,05).

Tabela 6 Contagem total e diferencial de leucócitos da tilápia do nilo no sistema com e sem bioflocos.

Contagem total de leucócitos				
Variáveis	Com BFT	Sem BFT	CV (%)	Valor P
Leucócitos totais	54871,92±1430,90	54795,67±2456,61	3,10	0,9133
Trombócitos totais	41202,08±1930,95	41458,71±4612,42	8,94	0,8663
Contagem diferencial de leucócitos				
Linfócitos (%)	56,58±2,4	56,16±3,9	5,69	0,6631
Neutrófilos (%)	28,33±2,7	27,83±2,9	9,97	0,6658
Monócitos (%)	6,50±1,5	6,66±1,2	20,90	0,7694
CGE (%)	8,58±2,4	8,33±2,1	26,63	0,7881

Células granulocíticas especiais (CGE). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de T (P < 0,05).

CAPITULO 3 – SISTEMA BIOFLOCOS MELHORA O POLICULTIVO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) e CAMARÃO DA MALÁSIA (*Macrobrachium rosenbergii*). Este capítulo está de acordo com a revista Aquaculture (Qualis A2).

SISTEMA BIOFLOCOS MELHORA O POLICULTIVO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E CAMARÃO DA MALÁSIA (*Macrobrachium rosenbergii*)

RESUMO: Os sistemas de produção intensivo buscam maior produtividade, e devem ter como princípio os conceitos de sustentabilidade, que visam diminuir o uso dos recursos naturais. Neste sentido, surge o sistema bioflocos que tem como característica a diminuição ou troca zero de água e oferece suplementação alimentar. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da tilápia do nilo em policultivo com o camarão da malásia no sistema bioflocos e no sistema convencional. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos em esquema fatorial 2 (sistema bioflocos e sistema convencional) x 2 (policultivo e monocultivo). Diariamente foram registrados os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) e, semanalmente, os compostos nitrogenados. As variáveis de desempenho avaliadas neste experimento para a tilápia foram: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP) e a sobrevivência (SBR). Para os camarões avaliou-se ganho de peso (GP) e a sobrevivência (SBR). Os peixes no sistema bioflocos em policultivo apresentaram GP $36,44 \pm 2,51$ g, CAA $1,27 \pm 0,06$, e TEP $2,20 \pm 0,11$ significativamente superior aos demais tratamentos. Os camarões no sistema bioflocos apresentaram GP $0,43 \pm 0,10$ g e SBR $87,00 \pm 13,00$ Significativamente superior. Portanto o sistema bioflocos com policultivo melhorou as respostas de GP, CAA e TEP da tilápia do nilo e GP e SOB do camarão da malásia.

Palavras chave: proteína microbiana, sistema de produção aquícola, sustentabilidade

1. Introdução

Com mais de 7,3 bilhões de pessoas no mundo em 2014, a procura por alimento impulsiona o crescimento da aquicultura para suprir a necessidade do mercado (FAO, 2016). Nesta premissa, a aquicultura busca produzir mais, utilizando menos o recurso natural e desenvolvendo sistemas de produção sustentáveis que visam diminuir o impacto ambiental resultante desta atividade (Crab et al., 2012).

Neste contexto, surge o sistema de tecnologia bioflocos, que tem como princípio promover a reciclagem de nutrientes por meio de uma alta relação carbono/nitrogênio (15C:1N) e não trocar a água durante o cultivo (Avnimelech et al., 1999; De Schryver et al., 2008; Avnimelech, 2009). Estas condições, criam um ambiente propício para desenvolvimento de bactérias heterotróficas, que são mais eficientes no processo de remoção de nitrogênio amoniacal da água, e que possuem a capacidade de transformar o nitrogênio amoniacal em biomassa microbiana quando comparadas com as bactérias nitrificantes (Hargreaves, 2006; Avnimelech, 2007; Crab et al., 2012).

A biomassa microbiana serve como alimento, contribuindo com até 50% da exigência proteica de algumas espécies de peixes e camarões (Avnimelech, 2007). De acordo com Ekasari et al. (2015), os flocos tem em sua composição quantidades adequadas de proteínas, lipídios e carboidratos para o crescimento satisfatório de peixes e camarões. A formação dos flocos está relacionada a fonte de carbono, comunidades de microrganismos, tipo de ração e a espécie (De Schryver et al., 2008). Algumas espécies possuem a habilidade de aproveitar o alimento natural disponível no meio e desta forma o flocos, como é o caso do camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) e da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) (Crab et al., 2012).

A produção de tilápia do nilo cresceu devido às boas características de cultivos e grande procura do mercado (Meurer et al., 2003; El Sayed, 2006). As tilápias possuem rusticidade e precocidade reprodutiva (Pullin e Lowe Mccomell, 1982), suportam a alta densidade e tem habilidade de ingerir o alimento por meio de filtragem o que permite maior aproveitamento do alimento, o que torna a espécie uma das mais indicadas para a criação em sistemas de bioflocos (Avnimelech, 2011), assim como os camarões marinhos e o camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*).

O camarão da malásia tem a cadeia produtiva consolidada e em expansão devido a capacidade de adaptação, rápido crescimento, elevada resistência a doenças e a possibilidade de ser produzidas com algumas espécies de peixes em policultivo (Valenti, 1998; Hossain e Islam, 2006).

O policultivo é um sistema de criação de duas ou mais espécies aquáticas dentro de um mesmo corpo d'água (Zimmermann e New, 2000) e permite ao produtor, obter maior renda (Li e Dong, 2000). Surgiu em 1970 com recomendações de Ling, que cultivou tilápias e camarões. Existem vários estudos sobre o policultivo de camarão com tilápias: o camarão da malásia, *Macrobrachium rosenbergii* com tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus* (Santos e Valenti, 2002; Danaher et al., 2007) e a tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus* com o camarão de água doce, *Macrobrachium amazonicum* (Souza et al., 2009).

Objetivou-se com este trabalho foi de avaliar o desempenho da tilápia do nilo e do camarão da malásia no sistema bioflocos e sistema sem bioflocos no monocultivo e policultivo.

2. Material e Métodos

2.1 Dietas

As rações foram formuladas para terem 28% de proteína digestível e 3.100 kcal/kg¹ de energia digestível (NRC, 1993; 2001), com base na proteína de origem vegetal, obtida do farelo de soja e trigo mostrado na (Tabela 1). Os ingredientes dietéticos foram triturados para se obter um tamanho de partícula de 0,5 mm, pesados, misturados num misturador vertical em Y, umedecido com aproximadamente 20% de água morna e processado em peletes de 2,5 mm de diâmetro em um moedor de carne (G Paniz MCR22). As dietas foram secas em uma estufa de ventilação forçada (55 °C durante 24 hs) (Marconi MA035) e armazenados sob refrigeração (5 °C) até o uso.

A matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB) e matéria mineral (MM) das dietas foram analisados em duplicata, de acordo com métodos padrão (AOAC 2000).

Os animais foram alimentados três vezes ao dia, às 8hs, 12hs e 16hs. A ração foi fornecida *ad libitum*.

2.2 Desenho experimental

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Foram utilizados 128 alevinos de tilápia do nilo com peso médio inicial de $7,29 \pm 0,67$ g e 96 camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, com peso médio inicial de $0,50 \pm 0,09$ g distribuídos em 16 aquários experimentais com volume útil de 150 L, numa densidade de 8 tilápias do nilo/aquário e 8 tilápias do nilo e 12 camarões da malásia/aquário.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 (sistema com bioflocos e sistema sem bioflocos) x 2 (policultivo e monocultivo) com quatro repetições por tratamento.

2.3 Instalações experimentais

Os aquários foram dotados de circulação de água independente, com aeração suplementar via soprador de ar radial (1,0 cv/sistema). Para o sistema sem bioflocos foram utilizados biofiltros com volume de 10 L, seguindo recomendações de Ballester et al. (2012), abrangendo 6% do volume total dos aquários, com interior contendo 2/3 de cerâmica porosa e 1/3 de manta acrílica. O aquecimento dos sistemas foi controlado por termostatos acoplados a resistência blindadas (500 W/aquário) para manter constante a temperatura da água (26,0°C).

Para formação dos biofiltros foi adicionada água de aquário de manutenção previamente estabilizado, antecedendo o período experimental. Para a formação inicial do bioflocos nas unidades experimentais, foram inoculados 1 L de água de um tanque de bioflocos estabilizado, durante 10 dias prévios ao início do experimento. Diariamente todos os tratamentos com bioflocos receberam adição de melaço em pó como fonte de carbono na proporção 12:1 (C:N) diariamente (De Schryver et al., 2008).

2.4 Monitoramento físico químico da água

Diariamente, foi mensurado a temperatura da água (°C), Oxigênio Dissolvido (mg/L) e pH com a sonda Horiba (modelo U 53, Minami ku, Kyoto, Japan). A cada semana foi determinado o nitrogênio da amônia total (NAT) pelo teste 8155 Hach, nitrito N (NO² N) pelo teste 8153 Hach e Nitrato N (NO³ N) teste 8158 Hach, ambos com o espectrofotômetro DR 2000 de acordo com Golterman et al. (1978); Sipaúba Tavares (1995). Os aquários com filtro foram sifonados, antes da primeira alimentação.

Nos tratamentos com bioflocos foi analisado semanalmente o volume de sólidos sedimentáveis, em que amostras de 1 L de água, de cada unidade experimental, com meio

de cultivo bioflocos foram coletadas e transferidas para cones de Imhoff e após 1 hora decantando, registrou-se os sólidos sedimentáveis totais (mL/L) (Avnimelech, 2007).

Além disso, foi analisada semanalmente a concentração de sólidos suspensos totais (mg/L), por meio da metodologia de gravimetria de volatilização (Strickland e Parsons, 1972).

2.5 Parâmetros de desempenho zootécnico

No final do ensaio de crescimento, os peixes foram mantidos em jejum durante 24h antes de serem anestesiados (70 mg / L de benzocaína) e pesados individualmente. As variáveis de desempenho avaliadas neste experimento foram: ganho de peso (GP), consumo da ração (CR), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência proteica (TEP) e a sobrevivência (SBR).

Os camarões foram mantidos em jejum durante 24 h antes de serem anestesiados (70 mg L⁻¹ de benzocaína) e pesados individualmente. As variáveis de desempenho avaliadas neste experimento foram: ganho de peso (GP) e a sobrevivência (SBR).

2.6 Análise experimental

Os resultados obtidos para as diferentes variáveis e análises, foram submetidos a teste de normalidade, homogeneidade da variância, seguido por análise de variância (ANOVA). Para a análise estatística foi utilizado o programa estatístico R 3.2.1.

3. Resultados

3.1 Desempenho Zootécnico

Houve interação (cultivo x filtro) para as respostas ($p < 0,05$) de ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP) (Tabela 2).

O desdobramento da interação cultivo x filtro, (Tabela 3), mostrou que ocorreu comportamento diferente entre os tipos de cultivo dentro de cada filtro.

Com relação às variáveis de desempenho dos camarões, observou-se diferenças ($P > 0,05$) entre os sistemas de cultivo (Tabela 4).

3.2 Qualidade da água

Não houve diferença ($P > 0,05$) para a temperatura (T °C) e pH, quando comparado os sistemas com BFT e sem BFT. Por outro lado, o oxigênio dissolvido (OD) diferiu (Tabela 5).

As concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (Nitrogênio Amoniacal Total, NO_2 N e NO_3 N) durante todo o ensaio experimental são mostrados na (Fig. 1). No período avaliado foi observada oscilação nos níveis de NO_2 N e NO_3 N nos tratamentos sem BFT, porém não houve diferença. As concentrações de NO_2 N oscilaram entre os tratamentos e amostragens com menores valores nos tanques sem BFT em comparação com os tanques com BFT, que ao decorrer do ensaio experimental diminuiu a concentração de NO_2 N (Fig. 1B).

As concentrações de NO_3 N no tratamento com BFT foram ligeiramente maiores do que no tratamento sem BFT, até o 21° dia. A partir deste período o BFT monocultivo registrou menores concentrações, entretanto inferiores aos dos tratamentos com BFT monocultivo e BFT policultivo (Fig. 1C). Foi registrado uma ligeira influência tratamento tempo, indicando que as concentrações dos tratamentos com BFT e sem BFT comportaram de forma distinta ao longo do ensaio experimental. A acumulação de NO_3 N nos sistemas iniciou se 14 dias. Em contrapartida o NO_2 N no BFT monocultivo e BFT

policultivo obteve efeito inverso com 21 dias de experimento em comportamento decrescente para BFT monocultivo e o BFT policultivo. No sistema sem BFT monocultivo e sem BFT policultivo foi crescente linear, mas com concentrações menores ($\text{NO}_2\text{ N}$) que as dos BFT. Em contrapartida os níveis de NAT, no BFT monocultivo e policultivo oscilaram no decorrer do experimento (fig. 1A).

3.3 Parâmetros do bioflocos

Houve diferença na composição bromatológica do bioflocos em função do tempo (Tabela 6). O maior teor proteico foi registrado com 15 dias no monocultivo. Entretanto não houve diferença significativa para EE e FB.

O volume do floco (cone Inhoff) e da concentração dos sólidos sedimentáveis totais para os diferentes filtros e cultivo, em função do tempo, não foram significativos ($P < 0,05$) (Tabela 6).

4. Discussão

Quando comparado o cultivo, o BFT com policultivo obteve melhores resultados que no BFT monocultivo. Nos dois tipos de cultivo (monocultivo x policultivo) no sem BFT não apresentaram diferença para GP. A resposta do tratamento BFT monocultivo e sem BFT monocultivo foram similares. Entretanto o BFT policultivo foi influenciado pelo tipo de filtro, diferindo do sem BFT policultivo. O bioflocos pode contribuir para melhores resposta de ganho de peso para tilápias, quando comparado ao sem BFT, pela sua capacidade de capturar as particular de flocos e os microrganismos em suspensão, o que pode representar até 50% do alimento (AVNIMELECH, 2007; AZIM & LITTLE, 2008). O policultivo proporciona melhores resposta para ganho de peso, que o monocultivo, o que confirma, melhor aproveitamento da ecologia do meio (Tian et al., 2001).

De acordo com De Schryver et al. (2008), os peixes cultivados no bioflocos possuem conversão alimentar aparente menor que no sem BFT, devido a oferta de alimento natural com alto valor biológico que o BFT proporciona. Estes resultados corroboram com o de Souza et al. (2009), avaliando policultivo da tilápia do nilo com

camarão (*Macrobrachium amazonicum*). Destacando que em ambos os filtros foram adotados o mesmo manejo alimentar (quantidade e frequência de alimentação) e a mesma ração experimental (28% PD e 3100 kcal/kg).

A TEP da tilápia do nilo no BFT apresentou diferença ($p < 0,05$) para cultivo. No BFT policultivo (2,58) a TEP foi superior ao BFT monocultivo (1,70), visto que a tilápia aproveita o bioflocos como suplemento alimentar. Quando comparado o tipo de cultivo, o BFT monocultivo e o sem BFT monocultivo não apresentaram diferença. Entretanto o BFT policultivo foi altamente significativo quando comparado ao sem BFT policultivo (1,82).

Para o desempenho dos camarões da malásia, o BFT apresentou melhores respostas ($p < 0,05$) para ganho de peso e sobrevivência quando comparado com o tratamento sem BFT.

O ganho de peso dos camarões cultivados em BFT (0,43 g), foi melhor que no sem BFT (0,26 g). A provável resposta para a diferença no GP, é o alimento natural formado no BFT com alto valor biológico. E a habilidade de aproveitamento do alimento natural da espécie (Azim e Little 2008; Crab et al., 2012). Burford et al. (2004) afirma que 18 a 29% do nitrogênio ingerido por camarões cultivados no BFT eram proveniente dos flocos microbianos.

A sobrevivência do camarão da malásia no BFT obteve melhores respostas (87,00%), diferindo ($p < 0,05$) do sem BFT (79,00%). De acordo com Tacon et al. (2002), as comunidades bacterianas que compõem o bioflocos podem proporcionar melhores respostas para ganho de peso, conversão alimentar, resistência a doenças e sobrevivência.

Portanto, é possível afirmar que o camarão da malásia desenvolveu se de forma satisfatória no policultivo como espécie secundária no BFT, registrando melhores respostas em ganho de peso e taxa de sobrevivência.

Os parâmetros de qualidade de água estiveram dentro da faixa de normalidade para a tilápia do nilo e o camarão da malásia, conforme recomendações de Popma e Lovshin (1995) e New et al. (2010). Entretanto, o oxigênio dissolvido para os tratamentos avaliados diferiram. No BFT monocultivo e no BFT policultivo foram ligeiramente inferiores que no sem BFT monocultivo e no sem BFT policultivo.

De acordo com Avnimelech (2011), é típico ocorrer baixas concentrações de oxigênio dissolvido no sistema bioflocos, devido à respiração dos microrganismos, peixes e camarões, entretanto, adverte que valores de oxigênio dissolvido inferiores a 4 mg L⁻¹,

podem afetar negativamente a atividade metabólica das bactérias heterotróficas. Portanto o oxigênio dissolvido apesar de apresentar valores ligeiramente menores no bioflocos não influenciaram no desenvolvimento das bactérias, camarões e das tilápias do nilo.

De acordo com Santos e Valenti (2002), a utilização do policultivo entre a tilápia do nilo e o camarão da malásia vem se destacando na produção comercial, permitindo a redução com os custos com a alimentação e maior produtividade por área, o que resulta em maior lucratividade (Pérez e Alston, 2000).

Portanto, a utilização do policultivo no sistema bioflocos, além de possibilitar a manutenção dos parâmetros físico químicos, possibilita menor uso da água e impacto ambiental (Azim e Little, 2008). Quando comparados os filtros (BFT x sem BFT) o BFT gera maior economia na produção, por causa da redução do nível de proteína bruta da ração, ciclagem de nutrientes e disponibilidade de alimento natural (De Schryver et al., 2008).

5. Conclusão

O policultivo entre a tilápia do nilo e camarão da malásia no sistema com bioflocos, melhorou o desempenho de ambas as espécies.

Referências Bibliográficas

- Adeoye, A. A., Yomla, R., Jaramillo Torres, A., Rodiles, A., Merrifield, D. L., Davies, S. J. 2016. Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth, intestinal morphology and microbiome. *Aquaculture* 463, 61-70.
- AOAC. Official methods of analysis. 2000. 17. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227–235.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology ponds. *Aquaculture* 264, 140–147.
- Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. Baton Rouge, Louisiana, United States. The World Aquaculture Society. p. 181.
- Avnimelech, Y., Kochba, M. 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using ^{15}N tracing. *Aquaculture* 287, p. 163–168.
- Avnimelech, Y. 2011. *Tilapia Production Using Biofloc Technology: Saving Water, Waste Recycling Improves Economics*. Global Aquaculture Advocate.
- Azim, M. E, Little, D. C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture* 283, p. 29–35.
- Ballester, E. L. C., Heldt, A., Frozza, A., Negrini, C., Piovesan, V. 2012. *Curso de Extensão Carcinicultura de Água Doce Cartilha Básica*. Universidade Federal do Paraná.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., Bauman, R.H., Pearson, D. C. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high intensive, zero exchange system. *Aquaculture* 232, p. 525–537.
- Candido, A. S., De Melo Júnior, A. P., Costa, O. R., Costa, H. J. M. S., Igarashi, M. A. 2005. Efeito de diferentes densidades na conversão alimentar da tilápia *Oreochromis niloticus* com o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em sistema de policultivo. *Revista Ciência Agronômica* 36, p. 279–284.

- Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier P., Verstraete, W. 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture research* 41, p. 559–567.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, p. 351–356.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T. 2008. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277, p. 125–137.
- 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, p. 346–358.
- El Sayed, A.F.M. 2006 *Tilapia culture*. CABI Publishing, Oxfordshire, U.K., p. 277.
- Ekasari J., Rivandi, D. R., Firdausi, A. P., Surawidjaja, E. H., Zairin Junior, M., Bossier, P., De Schryver, P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture* 441, p. 72–77.
- FAO. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. 2016. *FishStatJ, a tool for fishery statistics analysis*. Rome: FAO: Food and agriculture Organization of the United Nations.
- Golterman, H.L., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Blackwell Science, Handbook number 8, London, p.214.

- Gundermann, N., Popper, D. 1977. A Comparative study of three species of penaeid prawns and their suitability for polyculture with fish in the Fiji Islands, *Aquaculture* 11, p. 63 74.
- Hargreaves, J. A. 2006. Photosynthetic suspended growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 34, p. 344–363.
- Hossain, A., Islam, M. S. 2006. Optimization of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De man) in carp polyculture in Bangladesh. *Aquaculture Research* 37, p. 994 1000.
- Kubitza, F. 2003. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões – Jundiaí, SP.
- Li, D.; Dong, S. 2000. A summary of studies on closed polyculture of penaeid shrimp with fishes and molluscans. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, v.18, n.1, p.61 66.
- Ling, S. W. 1969. Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Fao Fisheries Report*, v.3, n.57, p.607 619.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., Tan, 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* 422 423, p. 1 7.
- Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W. R. 2003. Influência do Processamento da Ração no Desempenho e Sobrevivência da Tilápia do Nilo Durante a Reversão Sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32, p.262 267.
- New, M. B. 2010 History and global status of freshwater prawn farming. In: New et al, 2010: *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. 1 ed. p. 1 9.

- Pérez, A. G., Alston, D. E. 2000. Comparisons of male and female morphotypes distribution of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in monoculture versus polyculture with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Caribbean Journal of Science, Mayaguez 36, p. 340 340.
- Popma, T. J., Lovshin, L. L. 1995. World Prospects for comercial Production of Tilapia. Aquaculture production manual. Alabama: Auburn University, Alabama International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, p. 7.
- Pullin, R.S.V., Lowe McConnell, E. R.H. 1982. A biologia e cultura de tilápias. Conferência Internacional sobre a biologia e Cultura de tilápias, Bellagio, Itália, setembro 2 5.
- Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D. L. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Engineering 36, p.184 191.
- Santos, M. J. M., Valenti, W. C. 2002. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. Journal of the World Aquaculture Society, Baton Rouge 33, p. 369 376.
- Sipaúba Tavares, L.H. 1995. Limnologia aplicada à aquicultura. Jaboticabal, Funep, p.70.
- Souza, B. E., Stringuetta, L.L., Bordignon, A. C., Bohnenberger, L., Boscolo, W. R., Feiden, A. 2009. Policultivo de camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum*

(Heller, 1862) com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações peletizadas e fareladas. Ciências Agrárias 30, p. 225 232.

Stickland, J. H. D., Parsons, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2. ed. Fishery Research Board Canada. p. 311.

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 *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition, v. 8, p. 121 137.

Tian, X.; Li, D.; Dong, S.; Yan, X.; Qi, Z.; Liu, G.; Lu, J. 2001. An experimental study on closed polyculture of penaeid shrimp with tilapia and constricted tagelus. Aquaculture 202, p. 57 71.

Valenti, W.C. 1998. Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De man, 1879). In VALENTI, W.C. (Ed.), Carcinicultura de Água doce: Tecnologia para Produção de Camarões, p. 165 177.

Valenti, W. C. 2002 Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, p. 99 106.

Wang J.; Li D., Dong S. Wang K., Tian X. 1998. Experimental studies on polyculture in closed shrimp ponds. I. Intensive polyculture of Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*) with tilapia hybrids. Aquaculture 163, p.11 27.

Zimmermann, S., New, M.B. 2000. Grow out systems polyculture and integrated culture. In: NEW, M.B. and VALENTI, W.C. Sustainability of freshwater prawn culture.

Freshwater Prawn Culture: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. London,
Blackwell Science, p. 187 202.

Tabela 1. Composição percentual, química e energética da dieta experimental.

Ingredientes	Quantidade (%)
Farelo de Soja	59,40
Fubá de Milho	23,05
Farelo de Trigo	10,00
L Lisina	0,03
DL Metionina	0,37
Treonina	0,27
Óleo de Soja	2,36
Fosfato Bicálcico	3,90
Sal Comum	0,10
Premix vit/min ¹	0,50
BHT ²	0,02
Total	100,00
Composição química calculada e determinada	
Energia Digestível (kcal/kg) ³	3099,91
Proteína Digestível (%) ³	28,00
Proteína Bruta (%) ⁴	31,59
Fibra Bruta (%) ⁴	3,50
Extrato Etéreo (%) ⁴	3,30
Nutrientes Digestíveis Totais ⁴	80,90
Ca Total (%) ³	1,18
P Disponível (%) ³	0,70
Met digestível (%) ³	0,60
Lys digestível (%) ³	1,54
Trp digestível (%) ³	0,34
Tre digestível (%) ³	1,18
ED:PD ³	110,70
Ca total/P disponível ³	1,68
Umidade (%) ⁴	7,70
Matéria Mineral (%) ⁴	7,50

¹Suplemento mineral e vitamínico: (Composição/kg de ração) Selênio: 75,00 mg; ferro: 15; cobre: 2.000,00 mg; cloreto de colina 125,00 g; manganês: 3750,00 mg; zinco: 20,00 g; ferro: 15,00; iodo: 125,00 mg; niacina: 7.800,00 mg; ácido fólico: 750,00 mg; ácido pantotênico: 3.750,00 mg; biotina: 125,00 mg; vitamina C 53,00 g; Iodo: 125,00 g; vitamina A: 2.000.000,00 UI I; vitamina D3, 500.000,00 UI; vitamina E, 15.000,00 UI; vitamina K3, 1.000,00 mg; vitamina B1, 2.500,00 mg; vitamina B2, 2.500,00 mg; vitamina B6, 2.000,00 mg; vitamina B12, 5.000,00 mg; ²Butil hidroxi tolueno; ³valor calculado; ⁴valor determinado, segundo AOAC (2000).

Tabela 2. Desempenho da tilápia do nilo produzida em sistema com BFT e sem BFT.

Parâmetros	GP	CAA	TEP	TCE	SOB (%)
Cultivo					
Monocultivo	23,64±1,88	1,74±0,44	1,70±0,17	1,87±0,01	93,75±0,00
Policultivo	36,44±2,51	1,27±0,06	2,20±0,11	1,87±0,00	100±0,00
Filtro					
Com bioflocos	30,04±3,17	1,39±0,44	2,14±0,17	1,87±0,01	100±0,00
Sem bioflocos	24,14±1,88	1,61±0,20	1,76±0,22	1,87±0,01	87,50±12,5
Probabilidade de interação					
Cultivo	<0,01	0,013227	<0,01	0,57438	0,2308
Filtro	<0,01	0,206088	<0,01	0,85061	0,2308
Interação	<0,01	0,206088	<0,01	0,85061	0,0769

Ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de eficiência proteica (TEP), taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência (SOB).

Tabela 3. Desdobramento da interação cultivo x filtro para as variáveis ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica da tilápia do nilo.

Ganho de Peso		
Cultivo	Filtros	
	Com BFT	Sem BFT
Monocultivo	23,64±1,88 ^{bA}	30,04±3,17 ^{Aa}
Policultivo	36,44±2,51 ^{aA}	24,14±1,88 ^{Ba}

Conversão Alimentar Aparente		
Cultivo	Filtros	
	Com BFT	Sem BFT
Monocultivo	1,74±0,44 ^a	1,39±0,44 ^a
Policultivo	1,27±0,06 ^b	1,61±0,20 ^a

Taxa de Eficiência Proteica		
Cultivo	Filtros	
	Com BFT	Sem BFT
Monocultivo	1,70±0,17 ^{bA}	1,76±0,22 ^{bA}
Policultivo	2,20±0,11 ^{aA}	2,14±0,17 ^{aA}

Médias seguidas por letras minúsculas iguais numa mesma coluna não diferem entre si ($P>0,05$) pelo teste T. Médias seguidas por letras maiúsculas iguais numa mesma linha não diferem ($P>0,05$) pelo teste T.

Tabela 4. Desempenho e sobrevivência do camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) no sistema com bioflocos e sistema convencional, com policultivo.

Parâmetros	Camarão			
	Com BFT	Sem BFT	CV (%)	P
Ganho de peso (g)	0,43±0,10 ^a	0,26±0,09 ^b	29,19	0,0574
Sobrevivência (%)	87,00 ^a	79,00 ^b	47,87	0,0053

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Tabela 5. Variáveis físico químicas da água do monocultivo e policultivo em sistema de cultivo com bioflocos e sistema de cultivo convencional.

Variáveis	BM	BP	SM	SP	CV (%)	P
T (°C)	26,02±0,73	26,27±0,46	26,25±0,66	25,84±0,54	2,33	0,7256
pH	7,29±0,11	7,32±0,03	7,41±0,04	7,29±0,09	1,06	0,1221
OD (mg.L ⁻¹)	5,23±0,26 ^b	5,20±0,03 ^b	5,37±0,15 ^{ab}	5,61±0,19 ^a	3,34	0,0269

Bioflocos com monocultivo (BM), bioflocos com policultivo (BP), sem bioflocos com monocultivo (SM) e sem bioflocos com policultivo (SP). Oxigênio Dissolvido (OD). Coeficiente de variação (CV). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Tabela 6. Composição bromatológica do bioflocos no monocultivo e policultivo.

Bioflocos						
Variável	Monocultivo	policultivo	Monocultivo	policultivo	CV (%)	P
	15	15	30	30		
PB	24,22 ^a ±0,12	23,21 ^b ±0,36	22,53 ^b ±0,13	23,21 ^b ±0,28	1,03	0,0099
EE	3,16±0,34	4,55±0,62	3,23±0,13	3,67±0,46	11,82	0,2297
FB	5,31±0,40	5,89±0,71	5,6±0,59	5,23±0,33	8,14	0,3898
MM	14,01 ^{ab} ±0,03	11,85 ^b ±1,95	15,80 ^a ±0,14	12,33 ^b ±0,45	4,47	0,0087
Volume e concentração						
Inhoff	9,13±2,72	7,00±3,56	11,75±2,22	8,38±5,59	41,36	0,3744
SST	757,13±148,07	786,75±254,38	1092,88±250,11	990,75±66,74	21,61	0,0907

Proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM). Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem pelo teste de T ($p < 0,05$). CV = Coeficiente de variação.

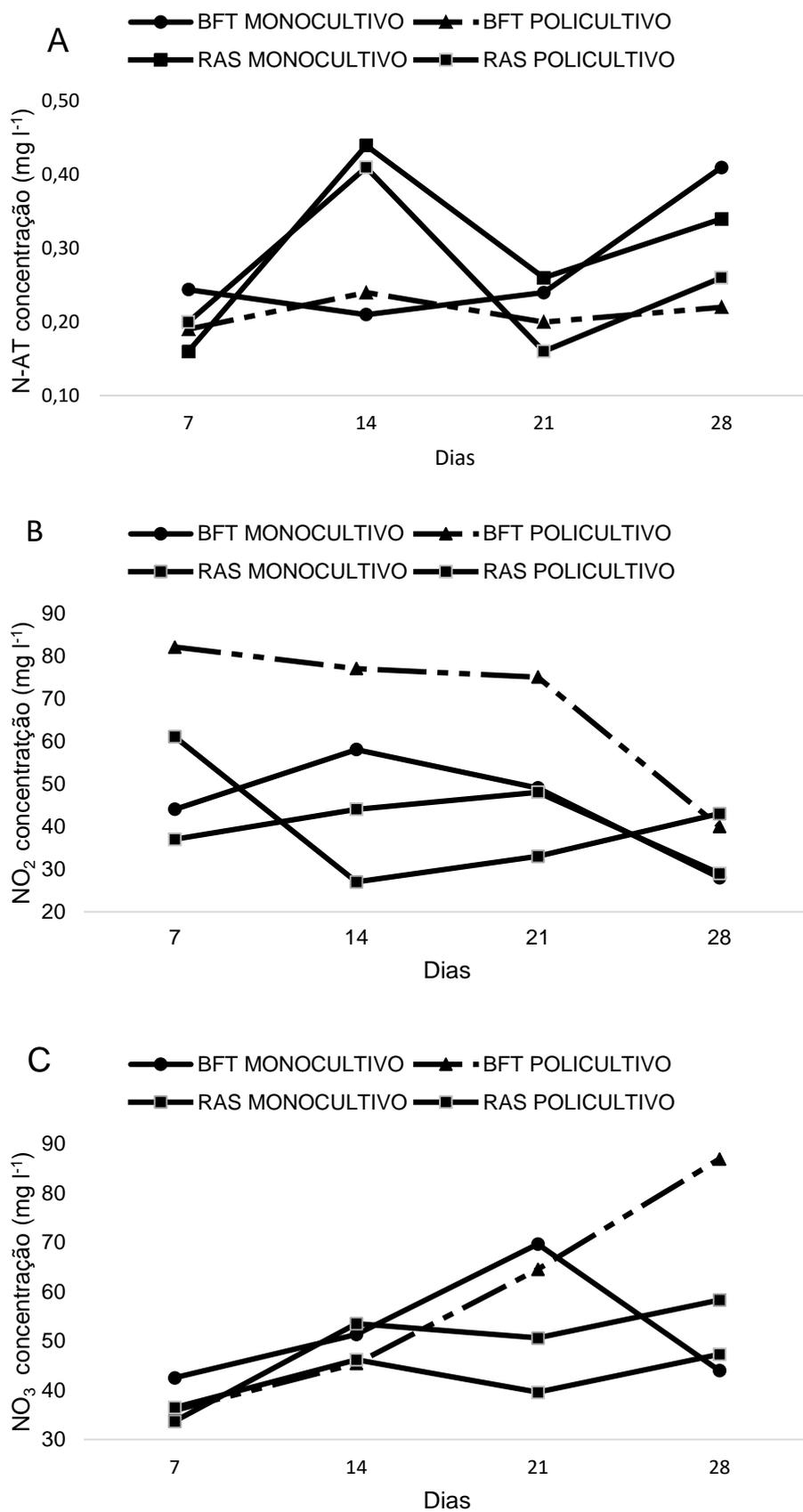


Fig. 1. Nitrogênio inorgânico dissolvido no tratamento com e sem bioflocos no cultivo da tilápia do nilo em policultivo com o camarão da malásia no período experimental. (A) Nitrogênio amoniacal total (NAT), (B) nitrito (NO₂ N) e (C) nitrato (NO₃ N).

CAPITULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo apresentou dados referentes ao sistema bioflocos na produção de tilápia do nilo avaliada por meio do desempenho e hematologia.

A produção da tilápia no sistema bioflocos em comparação com o sistema sem bioflocos, destaca a eficiência do sistema em proporcionar alimento constante para os peixes e promover a manutenção da água. Sendo assim, nossos resultados sugerem que a espécie de peixe tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) pode ser utilizada com sucesso no sistema bioflocos.

Além disso, apresentou dados referentes ao sistema bioflocos e sistema sem bioflocos na produção de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em policultivo com o camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*).

A utilização do sistema bioflocos em comparação com o sistema sem bioflocos, destaca a baixa ou nenhuma renovação de água, manutenção da qualidade da água e da utilização dos flocos como alimento para os peixes e camarões. Sendo assim, nossos resultados sugerem que o policultivo no sistema bioflocos das espécies tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) podem ser utilizadas com sucesso, melhorando o ganho de peso, conversão alimentar aparente e taxa de eficiência proteica.