

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

LARISSA DA CUNHA

**PRODUÇÃO DE GUPPYS (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM
BIOFLOCOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Uruguiana

2016

LARISSA DA CUNHA

**PRODUÇÃO DE GUPPYS (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM
BIOFLOCOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Aquio Hoshiba
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra Sayuri
Kikuchi Tamajusuku Neis

Uruguaiana

2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C323p Cunha, Larissa da
PRODUÇÃO DE GUPPYS (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMAS DE
CULTIVO COM BIOFLOCOS / Larissa da Cunha.
85 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL, 2016.

"Orientação: Márcio Aquio Hoshiba".

1. Sistemas de Produção Aquícolas. 2. Bioflocos. 3. Manejo
Alimentar. 4. Restrição Alimentar. 5. Peixes Ornamentais. I.
Título.

LARISSA DA CUNHA

**PRODUÇÃO DE GUPPYS (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM
BIOFLOCOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Dissertação defendida e aprovada em: 21 de julho de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Márcio Aquio Hoshiba
Orientador
(UFMT/UNIPAMPA – PPG em Ciência Animal)

Prof.^a. Dr.^a. Alessandra Sayuri Kikuchi Tamajusuku Neis
(UNIPAMPA)

Prof. Dr. Ivanir José Coldebella
(UFSM – Campus Frederico Westphalen)

Dedico essa dissertação à minha família e amigos, fontes de incentivo e amor inesgotáveis durante o percurso até aqui percorrido.

AGRADECIMENTOS

A deus, por me guiar e me dar forças para seguir sempre em frente.

À minha família, pelo amor e apoio incondicionais tanto nos momentos felizes quanto nos momentos de crise. Tudo o que sou devo a vocês e tudo o que faço é por vocês!

Ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Aquio Hoshiba, pela confiança em mim depositada desde o primeiro contato, por me ajudar a superar limites que pareciam impossíveis, por sempre me incentivar a ir além, acreditando na minha capacidade, mesmo nos momentos que eu achei não ser possível. Por todo apoio, conhecimento e amizade, o meu eterno agradecimento!

À minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Alessandra Sayuri Kikuchi Tamajusuku Neis por todo o conhecimento repassado, pela paciência e amizade!

À equipe constituída no Laboratório de Aquariorfilia, meus colegas de caminhada: Andressa, Marjana, Henrique, Bruno Pires, Bruno Sosa e Lucas. Agradeço toda a ajuda na execução dos experimentos!

Aos técnicos do curso superior de Tecnologia em Aquicultura: Alexandra, Cristiano e Clarissa, que nunca mediram esforços para ajudar sempre que preciso! Vocês foram peças essenciais em meu crescimento profissional! Agradeço a oportunidade de trabalhar e aprender um pouco com cada um de vocês.

Aos meus amigos que entenderam minhas ausências e juntamente com minha família foram meu suporte nos momentos felizes e nos momentos de pressão no decorrer do curso, por tudo isso essa dissertação foi dedicada também a vocês!

Ao curso superior de Tecnologia em Aquicultura, por ser minha casa desde a graduação. A todos os professores e colegas que constituem essa família, pela convivência e troca de conhecimentos!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UNIPAMPA, pela oportunidade de me tornar Mestre. A todos os Professores do PPG, pelos conhecimentos repassados. E a todos os colegas pela convivência.

À CAPES, pela bolsa cedida para que pudesse realizar meu trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Só vemos os obstáculos como coisas assustadoras quando desviamos o olhar do nosso objetivo.”

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
Universidade Federal do Pampa

PRODUÇÃO DE GUPPYS (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM BIOFLOCOS

Autor: Larissa da Cunha
Orientador: Márcio Aquio Hoshiba
Coorientadora: Alessandra Sayuri Kikuchi Tamajusuku Neis
Data e Local da Defesa: 21 de julho de 2016, Uruguaiiana.

Com o objetivo de avaliar a possibilidade da produção de guppy (*Poecilia reticulata*) em sistema com bioflocos, dois experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, Uruguaiiana, RS. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado e os resultados foram submetidos à análise de variância ANOVA e à comparação das médias pelo teste de Tukey (5%). O primeiro estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo de juvenis de guppys (comprimento total inicial de $18,06 \pm 0,30$ mm e peso inicial de $0,056 \pm 0,003$ g), produzidos em sistema de bioflocos com diferentes taxas de alimentação, comparando-os com um sistema de produção em água clara. Foram avaliados quatro tratamentos, com quatro repetições: sistema de água clara (controle) com oferta de ração a 3% do peso vivo (SAC), sistema enriquecido com bioflocos sem a oferta de ração (BFT0), sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração a 1,5% do peso vivo (BFT1.5) e sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração a 3% do peso vivo (BFT3). Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados semanalmente. Os resultados demonstraram que os tratamentos enriquecidos com bioflocos apresentaram melhor controle dos níveis de amônia da água. Ao final do período experimental os animais dos tratamentos SAC, BFT0 e BFT1.5 não apresentaram diferenças significativas entre si, para as variáveis CT, CP, peso e TCE. No entanto, todos os tratamentos foram inferiores ao tratamento BFT3 em todas as variáveis de desempenho analisadas. Em contrapartida, a CAA não apresentou diferença significativa entre os tratamentos BFT1.5 e BFT3, sendo o tratamento SAC mais elevado que os demais. A sobrevivência foi superior nos tratamentos com oferta de ração. O segundo estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo de juvenis de guppys (comprimento total inicial $12,10 \pm 0,13$ mm e peso inicial $0,015 \pm 0,000$ g) submetidos à ciclos de restrição alimentar e realimentação em sistema de bioflocos. Foram avaliados três tratamentos, com seis repetições: sistema de

água clara (controle) com alimentação diária (SAC), sistema enriquecido com bioflocos com alimentação durante cinco dias seguidos de dois dias de restrição de alimento (BFTR) e sistema enriquecido com bioflocos com alimentação diária (BFT). Os animais foram produzidos até entrarem no período reprodutivo e os parâmetros de qualidade da água foram mensurados semanalmente. Os resultados demonstram que os sistemas de cultivo BFT com e sem restrição alimentar apresentaram melhor controle dos níveis de nitrito em comparação ao sistema em água clara. Os animais produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar atingiram o período reprodutivo na metade do tempo necessário para os animais produzidos em sistema de água clara, assim como apresentaram melhor desempenho produtivo (CT, CP, Peso, CAA e TCE). Os resultados sugerem que o sistema BFT pode ser empregado no cultivo de guppys, servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.

Palavras-chave: lebiste, nutrição, peixe ornamental, sistema heterotrófico.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Postgraduate Program in Animal Science
Federal University of Pampa

GUPPYS PRODUCTION (*Poecilia reticulata*) IN FARMING SYSTEMS WITH BIOFLOCS

Author: Larissa da Cunha
Advisor: Márcio Aquio Hoshiba
Date and Place of Defense: 2016, July 21st, Uruguaiiana.

In order to assess the feasibility of guppy (*Poecilia reticulata*) production in system with bioflocs, two experiments were developed in Aquariofilia Laboratory of Federal University of Pampa, Uruguaiiana, RS. The experiments were conducted in a completely randomized design and the results were submitted to analysis of variance ANOVA and the comparison of means by Tukey test (5%). The first study aimed to evaluate the performance of juvenile guppies (initial total length of 18.06 ± 0.30 mm and initial weight 0.056 ± 0.003 g), produced in biofloc system with different feed rates, comparing to a production system in clear water. Four treatments were evaluated with four replicates: clear water (control) system with feed supply 3% of body weight (CWS), biofloc technology system without the supply of feed (BFT0), biofloc technology system with feed supply 1.5% of body weight (BFT1.5) and biofloc technology system with feed supply 3% of body weight (BFT3). Water quality parameters were monitored weekly. The results showed that biofloc treatments showed better control of water ammonia levels. At the end of experiment the animals CWS, BFT and BFT1.5 showed no significant differences, for TL, SL, weight and SGR. However, all treatments were lower than BFT3 treatment in all three performance variables. In contrast, the FCR had no significant difference between the BFT1.5 and BFT3 treatments, being CWS the highest treatment. Survival was superior in the treatments with supply of feed. The second study aimed to evaluate the performance of juvenile guppies (initial total length 12.10 ± 0.13 mm and initial weight 0.015 ± 0.000 g) submitted to food restriction and refeeding cycles in biofloc system. Three treatments were evaluated, with six replications: clear water (control) system with daily food (CWS), biofloc technology system with food for five days followed by two days of food restriction (BFTR) and biofloc technology system with daily food (BFT). The animals were maintained until they enter the reproductive period and water quality parameters were measured weekly. The results demonstrate that the BFT cultivation systems with and without feed restriction showed better control of nitrite levels compared to the

system in clear water. Animals produced in BFT systems with and without food restriction reached the reproductive period at half time required for animals produced in clear water system, and showed better growth performance (TL, SL, Weight, FCR and SGW). These results suggest that BFT system can be employed in guppys farming, serving as food source for organisms grown, improving growth performance and water quality parameters.

Key words: lebiste, nutrition, ornamental fish, heterotrophic system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

FIGURA 1 – Comprimento total (mm) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	43
FIGURA 2 – Comprimento padrão (mm) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	43
FIGURA 3 – Peso (g) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	44
FIGURA 4 – Sobrevivência (%) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	45

CAPÍTULO II

FIGURA 1 – Comprimento total (mm) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	66
FIGURA 2 – Comprimento padrão (mm) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	66
FIGURA 3 – Peso (g) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	67
FIGURA 4 – Sobrevivência (%) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1 - Parâmetros de qualidade da água, dos sistemas de produção de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) em água clara e em bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	42
TABELA 2 – Taxa de crescimento específico (%) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	44
TABELA 3 – Conversão alimentar aparente de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.....	45

CAPÍTULO II

TABELA 1 – Parâmetros de qualidade da água, dos sistemas de produção de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) em água clara e em bioflocos com e sem restrição alimentar.....	65
TABELA 2 – Taxa de crescimento específico (%) de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	67
TABELA 3 – Conversão alimentar aparente de guppys (<i>Poecilia reticulata</i>) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFT – Biofloc Technology

C:N – Relação Carbono:Nitrogênio

CT – Comprimento total

CP – Comprimento padrão

CAA – Conversão alimentar aparente

PB – Proteína bruta

TCE – Taxa de crescimento específico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Aquicultura mundial e nacional	18
2.1.1 Piscicultura ornamental nacional	18
2.1.2 Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>)	20
2.2 Dificuldades das atividades aquícolas	20
2.3 Sistemas alternativos de cultivo	21
2.4 Sistema BFT (Biofloc Technology)	22
2.5 Vantagens do sistema BFT	24
2.5.1 Melhora na qualidade da água	24
2.5.2 Menor uso de água e maior biossegurança	26
2.5.3 Maior produtividade dos organismos cultivados e diminuição nos custos com rações	26
2.5.4 Benefícios à imunidade dos animais	29
2.6 Privação alimentar na produção de organismos aquáticos e os efeitos da utilização no sistema BFT	30
3 OBJETIVOS	32
4 CAPÍTULO I	33
DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE GUPPY (<i>Poecilia reticulata</i>) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS	33
5 CAPÍTULO II	56
PRODUÇÃO DE JUVENIS DE GUPPY (<i>Poecilia reticulata</i>) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR	56
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7 REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura, atividade que trata da produção de organismos com hábitat predominantemente aquático em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento é uma atividade bastante antiga e que vem se destacando nas últimas décadas, dividindo-se em dois segmentos: o cultivo de organismos direcionados para a alimentação humana e/ou animal e o cultivo para fins ornamentais (CARDOSO, 2011; VALENTI 2002).

Diante da exploração indiscriminada do estoque pesqueiro natural, o que desencadeia na crescente diferença entre a quantidade de pescado capturado e a demanda de consumo, a aquicultura acabou surgindo como uma das alternativas econômicas mais promissoras para produção de alimento para consumo humano de alto valor biológico (FAO, 1997).

De acordo com Camargo & Pouey (2005), o Brasil possui um grande potencial para o desenvolvimento das diversas modalidades de aquicultura, dentre elas, a piscicultura, a carcinicultura, a ranicultura e a mitilicultura, dentre outras. Esse potencial pode ser otimizado pela grande quantidade de recursos hídricos presentes no país, grande produção de grãos, grande riqueza em espécies, diversos microclimas, e áreas adequadas ao desenvolvimento da atividade.

Dentre as atividades da aquicultura, a piscicultura pode ser considerada uma das atividades mais tradicionais com um relevante papel social tratando-se de um meio de subsistência fundamental de diversas comunidades. Dentro da piscicultura, a criação de peixes ornamentais vem ganhando destaque na aquicultura mundial e nacional.

Segundo Bernardino & Proença (2001), o cultivo de peixes ornamentais é considerado um dos setores de maior lucratividade da piscicultura brasileira, abastecendo um mercado consumidor que, só na América do Norte, abrange mais de cem milhões de aquários residenciais. Esse potencial tem estimulado e impulsionado o setor devido ao crescente aumento da demanda mundial. De acordo com Rezende (2010), este ramo possui um baixo custo de implantação e elevada rentabilidade para piscicultores, proporcionando uma oportuna forma de renda e melhoria nas condições de vida. No entanto, o desenvolvimento das atividades voltadas a aquicultura se realizado de forma indiscriminada pode vir a causar danos ao meio natural, provocando desde a eutrofização em corpos d'água naturais até introdução de espécies exóticas e disseminação de novas doenças no ambiente.

Desse modo, se torna de extrema importância o desenvolvimento de técnicas que permitam reduzir os impactos ambientais, causados pelos efluentes ricos em nutrientes produzidos pelos atuais sistemas de produção e descartados na natureza, de modo que não

ocorra redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural ou alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (VALENTI, 2002).

Diante disso, sistemas alternativos de produção vêm sendo empregados para minimizar estes impactos. Um sistema muito utilizado na carcinicultura (FRÓES et al., 2012; SILVA et al., 2009, SAMOCHA et al., 2007) é o sistema de bioflocos (Biofloc Technology – BFT System). Segundo Silva (2013), os sistemas de cultivo superintensivos que adotam a tecnologia de bioflocos apresentam muitos benefícios sobre os sistemas tradicionais, sendo as principais vantagens desses sistemas a redução do uso da água e de efluentes e, conseqüentemente, redução de possíveis impactos ambientais.

De acordo com Avnimelech (1999), o cultivo em bioflocos utilizado, sobretudo, na carcinicultura marinha, caracteriza-se por sistemas altamente oxigenados, povoados com altas densidades de camarões e fertilizados com fontes ricas em carbono para estimular o surgimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica, a qual tem capacidade de assimilar os compostos nitrogenados e transformá-los em proteína microbiana. Os bioflocos podem ser definidos como as partículas na forma de material floculado, colonizados por bactérias heterotróficas aderidas, microalgas, flagelados, ciliados, rotíferos (BALLESTER et al., 2010), mantidos em suspensão na coluna d'água.

A implantação do sistema de bioflocos ocorre a partir do favorecimento de uma alta relação entre carbono:nitrogênio (C:N) na água (AZIM & LITTLE, 2008). Neste sistema a manipulação da relação C:N favorece a formação de agregados microbianos (bactérias, fitoplâncton e zooplâncton) capazes de transformar compostos nitrogenados em biomassa microbiana, realizando a ciclagem dos compostos nitrogenados no sistema e melhorando conseqüentemente a qualidade da água de criação (AVNIMELECH 1999). No cultivo de peixes ornamentais esta adequação ainda é pouco estudada, porém Sreedevi & Hari (2007), avaliando as relações de 5:1, 10:1, 20:1 e 30:1 para guppy (*Lebistes reticulates*), encontraram a melhor relação C:N no valor de 20:1.

Alguns autores relatam que esses agregados microbianos podem servir ainda como fonte alimentar à espécie alvo. Essa tecnologia começa a ser transferida para a piscicultura principalmente em estudos com as tilápias (*Oreochromis niloticus*) demonstrando ser muito promissora (MONROY-DOSTA et al., 2013).

A criação de peixes em sistemas com bioflocos é uma derivação dos sistemas intensivos com recirculação de água, na qual não se utiliza filtros mecânicos, nem filtros biológicos convencionais. Os resíduos orgânicos gerados na produção (as fezes, o muco dos

peixes e as sobras de ração) são desintegrados e mantidos em suspensão dentro dos próprios tanques, servindo como substrato ao desenvolvimento das bactérias heterotróficas (KUBTIZA, 2011).

Dessa forma, a produção das espécies nesse sistema pode trazer benefícios tanto ambientais como econômicos para a aquicultura, a presença de nitrogênio e fósforo na forma dissolvida estimula o crescimento de bactérias que os transformam em matéria orgânica particulada, utilizando o nitrogênio amoniacal originado da excreção dos animais e da decomposição da matéria orgânica para a produção de biomassa bacteriana (AVNIMELECH, 1999). Wasielesky et al. (2006a) concluíram que os bioflocos, em sistemas super-intensivos de cultivo de *Litopenaeus vannamei* sem renovação de água, melhorou significativamente a conversão alimentar, reduzindo custos de produção e a descarga de efluentes nitrogenados.

Alguns estudos vêm demonstrando a possibilidade da redução de oferta de ração aos animais produzidos em sistema bioflocos. Rostika & Sudaryono (2014) observaram que a redução do nível de alimentação do camarão *L. vannamei* produzidos em sistema BTF, não teve efeito sobre o ganho de peso médio diário, e uma redução de até 20% produziu o mesmo resultado. Este resultado confirma a eficiência da utilização do bioflocos como alternativa alimentar na produção dos animais, podendo dessa forma diminuir os gastos com rações.

Baseado no exposto, pode-se visualizar a necessidade de uma produção alternativa, tecnificada e rentável de organismos aquáticos. Dessa forma, se torna interessante estudos que têm por finalidade inovar a produção com a criação em meios de cultivo alternativos, somados da utilização de alimento natural de alto valor biológico. Estudos esses que irão permitir num período curto de tempo, novos horizontes para o cultivo de peixes ornamentais de forma viável e inovadora, que, como visto, poderá diminuir os custos de produção dos mesmos e os impactos com o meio ambiente. Assim, nosso estudo objetiva avaliar o desempenho de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo com bioflocos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aquicultura mundial e nacional

A produção de pescado mundial tem crescido constantemente nas últimas décadas, com o fornecimento de peixe como fonte alimentar aumentando a uma taxa média anual de 3,2%, ultrapassando o crescimento da população mundial de 1,6%. A contribuição da aquicultura ao fornecimento mundial de peixe aumentou de 49,9 milhões de toneladas produzidas em 2007 para 66,6 milhões em 2012. Em contrapartida, a produção da pesca vem diminuindo seu crescimento, obtendo um acréscimo de menos de um milhão de toneladas no mesmo período (FAO, 2014).

O Brasil tem melhorado significativamente no ranking global de produção aquícola, aumentando a produção de pescado de 365.367 para 707.461 toneladas entre 2010 e 2012 (MPA, 2010; FAO, 2014). O setor da pesca e aquicultura desempenha um importante papel na segurança alimentar brasileira, fornecendo uma fonte importante de proteína animal e um meio de subsistência pra milhões de famílias (OECD/FAO, 2015). Dentre as atividades da aquicultura, a piscicultura de água doce destaca-se como uma das mais tradicionais e promissoras, estando difundida em todo o país (KUBITZA, 2015).

O desenvolvimento do setor aquícola é crescente, sendo as perspectivas para aquicultura promissoras, com um aumento esperado na produção de 52% acima do nível médio, para 2012-14 até 2024, impulsionado pelo aumento da demanda interna e pelas políticas nacionais que apoiam o crescimento sustentável do setor. No entanto, os principais desafios para uma maior expansão estão relacionados às questões ambientais e aos prováveis impactos da aquicultura na biodiversidade e nos serviços de ecossistema (OECD/FAO, 2015).

2.1.1 Piscicultura ornamental nacional

Dentre as atividades do setor aquícola nacional e internacional, a piscicultura ornamental é uma das que vêm se destacando nas últimas décadas. Sendo relatada por Rezende (2010) como uma atividade que possui um baixo custo de implantação e elevada rentabilidade para os piscicultores. Além disso, a pouca exigência na atividade, o rápido retorno econômico e o alto valor dos peixes ornamentais no mercado nacional e internacional são características que estimulam o ingresso de produtores na atividade (CARDOSO, 2011).

Segundo Ribeiro et al. (2010), espécies ornamentais são aquelas “espécies com habitats predominantemente aquáticos, em qualquer um dos seus estágios de desenvolvimento e que se deseje manter em aquários, tanques, lagos ornamentais com fins estéticos, para diversão ou educação”. Neste contexto, qualquer espécie utilizada para esta finalidade, pode ser classificada como ornamental. No Brasil, existem cerca de 3.000 espécies de peixes tropicais de água doce que, de alguma forma, possuem um caráter ornamental (LIMA et al., 2001).

A produção de peixes ornamentais no Brasil é uma atividade recente, sendo incentivada principalmente a partir da década de 70 através da implantação de projetos de piscicultura, quando ocorreu um grande aumento de piscicultores (pequenos e micro produtores) (LIMA et al., 2001). A expansão do mercado brasileiro da aquicultura ornamental favoreceu o desenvolvimento de novos pólos de piscicultura ornamental, que se tornaram mais expressivos à partir da década de 1980, com destaque para os pólos: de Muriaé-MG, Mogi das Cruzes-SP, Magé-RJ (Região Sudeste), Recife-PE, Salvador-BA, Fortaleza-CE (Região Nordeste) e Cascavel-PR (Região Sul) (LIMA et al., 2001; REZENDE, 2010).

As espécies mais cultivadas são aquelas que necessitam de pouca ou nenhuma técnica de manejo e que são, em geral, resistentes e muito prolíferas, tais como: beta (*Betta splendens*), Espada (*Xiphophorus helleri*), Platy (*X. maculatus*), Molinésia (*Poecilia latipinna*), Tricogaster (*Trichogaster leeri*), Colisa (*Colisa laila*), Guppy (*Poecilia reticulata*), dentre outras (LIMA et al., 2001).

A expansão do aquarismo no mundo é notória, no entanto, levanta questões sérias que ameaçam a sustentabilidade da atividade, sendo uma das principais o risco de introdução de espécies exóticas (RIBEIRO et al., 2010), seja pelas produções ou pelos amadores da atividade que muitas vezes descartam as espécies na natureza sem o devido conhecimento das consequências. Outro problema gerado pelo comércio de espécies ornamentais é a exploração ou pesca excessiva desses organismos em seus ambientes naturais, cerca de 95% das espécies de peixes ornamentais marinhos são provenientes da pesca. Já no mercado de ornamentais dulcícolas, grande parte das espécies são produzidas em cativeiro. Porém, em algumas regiões, como é o caso da Amazônia, o extrativismo de peixes ornamentais de água doce ainda tem grande importância nesse comércio (RIBEIRO et al., 2010; REZENDE, 2010).

O Brasil se destaca como um dos maiores exportadores de peixes ornamentais, não em quantidade e valor, mas em função da grande diversidade de espécies existentes no país, onde muitas das espécies exportadas são capturadas diretamente na natureza (CARDOSO, 2011). No entanto, para que a produção das espécies tenha sucesso, faz-se importante o uso de

sistemas de produção conscientes e sustentáveis, evitando as capturas de forma agressiva e descontrolada, assim como o escape de espécies exóticas para o ambiente.

2.1.2 Guppy (*Poecilia reticulata*)

O Guppy, *Poecilia reticulata* Peters, 1859, é originário do norte da América do Sul, sendo introduzido no Brasil no século XIX (ALVES et al., 2000). É uma das espécies de peixes ornamentais consideradas ícones do aquarismo, com grande popularidade e aceitação por parte de seus praticantes ao redor do mundo (RIBEIRO et al., 2010). Este peixe tropical é considerado um dos mais populares devido à sua beleza, apresentando grande diversidade de cores e linhagens devido a cruzamentos genéticos; fácil reprodução, sendo uma espécie prolífera e que apresenta dimorfismo sexual; além de apresentar fácil manutenção em cativeiro, demonstrando resistência às variações nos parâmetros de qualidade água (CARDOSO, 2011).

2.2 Dificuldades das atividades aquícolas

A aquicultura é uma atividade que está em constante desenvolvimento (FAO, 2014). Em contrapartida, este crescimento vêm sendo acompanhado pelo aumento dos impactos ambientais e questionamentos relacionados à sustentabilidade da atividade. Desde a década de 1990, já existiam preocupações com o desenvolvimento de sistemas alternativos de produção aquícolas visando minimizar os danos causados pelos sistemas tradicionais (com troca de água), tais como: o consumo excessivo de água doce; a descarga de efluentes ricos em nutrientes no ambiente; a contaminação química com pesticidas e medicamentos utilizados nas produções; infecções com organismos causadores de doenças; além do risco genético do escape de animais cultivados e introdução de espécies exóticas no ambiente (HOPKINS et al., 1995; BOSMA & VERDEGEM, 2011).

Nos sistemas de produção aquícolas tradicionais, a intensificação nos cultivos é acompanhada em alguns casos pela poluição ambiental, visto que, animais aquáticos, tais como peixes e camarões, excretam amônia, componente este que se acumulado nos sistemas de cultivo pode trazer prejuízos à produção (AVNIMELECH, 1999). Atualmente, a maior parte dos sistemas de produção utilizados para criação de peixes utilizam alimento artificial para alimentação dos animais, sendo geralmente dietas ricas em proteínas. Nos sistemas de produção intensivos, a oferta excessiva de ração demonstra ser uma das maiores fontes de

amônia e fósforo dos cultivos (AVNIMELECH, 1999; BOSMA & VERDEGEM, 2011). Além disso, quando em produção de organismos o ambiente aquático recebe diversos metabólicos, tais como, fezes e excreção de amônia pelas brânquias dos animais, componentes estes que quando acumulados no cultivo geram diversos problemas, dentre eles o alto consumo de oxigênio pela decomposição das fezes, além do acúmulo de elementos tóxicos como a amônia e o nitrito (BOSMA & VERDEGEM, 2011). Muitas vezes, a alternativa encontrada pelos produtores para sanar estes problemas é a troca de água. No entanto, quando descartada nos corpos d'água esta água rica em matéria orgânica e compostos tóxicos pode causar sérios problemas aos ecossistemas.

Outro problema gerado pelo desenvolvimento da aquicultura é a introdução de espécies exóticas ao ambiente. De modo geral, o escape de espécies exóticas dos sistemas de produção podem provocar diversas alterações em ambientes equilibrados, incluindo a remoção ou introdução de elementos nas cadeias alimentares; extinção de espécies; alteração na distribuição das espécies residentes; abundância e composição dos recursos pesqueiros; via de disseminação de doenças; desestruturação das relações de predação; e, competição e deterioração do *pool* genético (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). No Brasil, a maioria dos empreendimentos aquícolas vem utilizando espécies exóticas, representando em 2004 mais de 60% da produção aquícola de água doce, com destaque para a produção de tilápias e carpas. Em relação à aquicultura marinha, o camarão *L. vannamei* foi responsável pelo mais expressivo crescimento de uma atividade aquícola dos últimos anos, colocando o Brasil como o sexto maior produtor no mundo de camarões marinhos cultivados (CASTILHO et al., 2008).

A aquicultura depende fundamentalmente dos ecossistemas nos quais está inserida, sendo praticamente impossível produzir sem provocar alterações ambientais. No entanto, através do emprego de sistemas de cultivo e técnicas de manejos mais conscientes pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural e alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (VALENTI, 2002).

2.3 Sistemas alternativos de cultivo

Diversos métodos para tratar e remover o excesso de nitrogênio da água em sistemas de cultivo aquícolas e para minimizar os danos causados pela atividade vêm sendo estudados, tais como: sistemas com troca frequente de água (HOPKINS et al., 1993); uso de biofiltros

(YANG et al., 2001); e sistemas fotossintéticos com a utilização de algas (HARGREAVES, 2006; METAXA et al., 2006). A troca de água é uma das técnicas mais utilizada para remoção dos compostos nitrogenados em excesso nos sistemas. No entanto, de acordo com Avnimelech (1999), esta abordagem é limitada por três principais razões: portarias ambientais que proíbem a introdução de água eutrofizada no meio ambiente; o perigo de agentes patogênicos serem introduzidos no sistema através da água externa e os elevados custos para bombear grandes quantidades de água. Outra metodologia empregada para intensificar e melhorar a nitrificação da amônia e a transformação de nitrito à nitrato é o emprego de biofiltros em sistemas de recirculação de água, essencialmente superfícies imóveis que servem como substratos para as bactérias nitrificantes. A elevada área superficial com biomassa nitrificante permite uma elevada capacidade de nitrificação em ambiente controlado. Porém, um problema associado com a biofiltração é o elevado custo envolvido e a necessidade de tratar e digerir uma grande quantidade de resíduos de alimentos dos animais, visto que, cerca de 50% da matéria-prima adicionada às produções necessitam ser digeridas (AVNIMELECH, 2006).

Nos sistemas fotossintéticos, os processos relacionados com a fotossíntese das algas unidos ao metabolismo de bactérias heterotróficas e quimioautotróficas são os principais responsáveis pelas alterações químicas da qualidade da água, sendo aplicado em tanques ou nos sistemas de recirculação de água aquícolas, onde a absorção de nitrogênio pelas microalgas e a nitrificação pelas bactérias são os principais processos de ciclagem do nitrogênio na água (HARGREAVES, 2006). Nesse contexto, os sistemas de produção heterotróficos vêm sendo empregados para tentar minimizar os possíveis danos ambientais gerados pelas atividades aquícolas. Além disso, são sistemas que objetivam intensificar a produtividade das criações utilizando baixas taxas de renovação de água (SAMOCHA et al., 2007; SILVA et al., 2009; FRÓES et al., 2012).

2.4 Sistema BFT (Biofloc Technology)

Crab et al. (2012), destacam três princípios para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável, sendo eles: a produção de produtos aquícolas sem aumentar o consumo dos recursos naturais (terra e água); o desenvolvimento de sistemas que não agridam o meio ambiente e que ofereçam uma relação custo/benefício que apoie a sustentabilidade econômica e social. Todos estes requisitos são atendidos pela tecnologia do sistema de bioflocos (Biofloc Technology - BFT System). Os bioflocos podem ser definidos como

partículas na forma de material floculado, colonizados por bactérias heterotróficas aderidas, microalgas, flagelados, ciliados, rotíferos, nematoides, dentre outros microrganismos (HARGREAVES, 2006; SILVA et al., 2008; BALLESTER et al., 2010), que ficam aderidas em superfícies ou em suspensão na coluna d'água. O cultivo de organismos em sistema de bioflocos (BFT) teve início na década de 90 nos Estados Unidos (HOPKINS et al., 1995), sendo inicialmente intitulado “ZEAH” (*Zero Exchange, Aerobic, Heterotrophic Culture Systems*), isto é, sistema de cultivo sem renovação de água através de uma biota predominantemente aeróbica e heterotrófica (WASIELESKY et al., 2006b).

O sistema BFT consiste do desenvolvimento de flocos microbianos formados através da manipulação da relação carbono:nitrogênio (C:N) na água de criação, onde bactérias e outros microrganismos, restos de fezes, ração e organismos mortos formam o material floculado, ou bioflocos (HARGREAVES, 2006; AVNIMELECH, 2007). A comunidade bacteriana presente nos bioflocos utiliza o nitrogênio acumulado na água e o transforma em biomassa microbiana (THOMPSON et al. 2002), sendo essas partículas microbianas ricas em proteínas, aminoácidos e outros elementos nutricionais essenciais, que podem ser utilizados como fonte de alimento aos organismos cultivados (TACON et al., 2002; BURFORD et al., 2004). Além disso, o aumento da razão C:N torna o processo de retirada do nitrogênio através de bactérias heterotróficas mais eficiente que a nitrificação, ocorrendo um decréscimo da concentração de amônia dissolvida e conseqüente melhoria na qualidade da água (AVNIMELECH, 1999; HARGREAVES, 2006).

De acordo com Avnimelech (1999), o cultivo em bioflocos, caracteriza-se por sistemas altamente oxigenados, necessitando do revolvimento constante da água para que os bioflocos se mantenham em suspensão na coluna d'água, fertilizados com fontes ricas em carbono para estimular o surgimento de uma biota bacteriana predominantemente heterotrófica, a qual tem capacidade de assimilar os compostos nitrogenados e transformá-los em proteína microbiana, que poderá servir como complemento alimentar aos animais.

Entretanto, a formação do bioflocos é um processo complexo, que depende de diversos fatores, como: o fornecimento de substratos orgânicos para a comunidade microbiana, tanto de fontes externas (fornecimento de alimentação, atividade de algas) ou pela excreção e componentes alimentares não utilizados pelos animais, assim como do controle da relação C:N; a captação do bioflocos pelos animais como fonte alimentar depende das características alimentares da espécie, do tamanho dos animais, tamanho e densidade do floco disponível e também da taxa de ração adicionada aos tanques, além disso, os alimentos ingeridos pelos animais podem ser utilizados e acumular-se nos organismos, ou podem ser excretados e servir

como um substrato para a produção de mais bioflocos; a biodegradação do flocos dependerá da comunidade microbiana associada ao bioflocos, sendo bactérias, protozoários entre outros; e finalmente, todos estes processos podem ser afetados pelas condições ambientais e operacionais, tais como temperatura, salinidade, taxa de troca d'água, intensidade de mistura do floco, dentre outros (AVNIMELECH, 2007).

O sistema de bioflocos é amplamente utilizado na carcinicultura marinha (HOPKINS et al., 1995; BURFORD et al., 2004; WASIELESKY et al., 2006a; SCOPEL et al., 2011; SOUZA et al., 2016). No entanto, o uso dessa tecnologia começa a se destacar na piscicultura, principalmente em estudos com tilápia (*Oreochromis niloticus*) (AVNIMELECH, 2007; AZIM & LITTLE, 2008), e mais recentemente com outras espécies, como bagre do canal (*Ictalurus punctatus*), tainha (*Mugil cf. hospes*) e carpas (*Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*) (AZIM & LITTLE, 2008; SCHRADER et al., 2011; ROCHA et al., 2012; ZHAO et al., 2014).

2.5 Vantagens do sistema BFT

Desde a instalação do sistema BFT nos cultivos aquícolas, diversas vantagens econômicas e ambientais vêm sendo conquistadas através da utilização desta tecnologia; dentre elas, redução de uso da água e da descarga de efluentes no ambiente, menor risco de disseminação de doenças e maior resistência as mesmas pelos animais, assim como o fornecimento de rações com menor teor de proteína durante a produção (WASIELESKY et al., 2006a; AVNIMELECH, 2007; MISHRA et al. 2008).

2.5.1 Melhora na qualidade da água

O processo de formação do bioflocos ocorre através da adição de uma fonte de carbono orgânico na água dos sistemas de produção, que estimulará o crescimento de bactérias heterotróficas, capazes de absorver o nitrogênio em excesso no sistema transformando-o em proteína microbiana (AVNIMELECH, 1999), conseqüentemente diminuindo os níveis de amônia presente na água dos cultivos (HARGREAVES, 2006). Dessa forma, a tecnologia do bioflocos é uma técnica utilizada para melhorar a qualidade da água através da adição de fontes de carbono externas no sistema ou através de um conteúdo elevado de carbono nas dietas dos animais (CRAB et al., 2012).

A adição de fonte suplementar de carbono em sistemas de criação apresenta efeitos positivos sobre a produção, tais como: aumento do crescimento das bactérias heterotróficas fornecendo proteína microbiana como fonte alimentar e subsequente aumento da produção; redução da demanda por proteína suplementar na alimentação e subsequente redução nos custos de alimentação e redução dos níveis de amônia tóxica nos tanques de cultivo, bem como da geração de efluentes (HARI et al., 2004).

Diversas fontes de carbono já foram utilizadas para a manutenção da relação C:N nos sistemas de produção BFT, como acetato, glicerol, farinha de tapioca, farelo de trigo, melaço de cana-de-açúcar, celulose, entre outros (EMERENCIANO et al., 2012). De acordo com Avnimelech (1999), uma relação C:N acima de 12:1 na água é capaz de promover o crescimento de bactérias heterotróficas e o controle da amônia nas produções de peixes e camarões em sistema de bioflocos. Silva et al. (2009), em estudo com a adição de melaço no cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* na fase de berçário, obtiveram melhor desempenho no crescimento das pós-larvas com as relações C:N de 15 e 25:1, quando comparadas ao cultivo sem aplicação da fonte de carbono. Wang et al. (2015), testando o efeito da relação C:N no cultivo de *Carassius auratus*, concluíram que a utilização do bioflocos reduz efetivamente os níveis de amônia, nitrito e nitrato com relações acima de 15:1. Do mesmo modo, Bakar et al. (2015), em estudo com a otimização das relações C:N para remoção de nutrientes no sistema de cultivo do bagre *Clarias gariepinus*, sugerem a relação 15:1 como ótima para manutenção dos níveis de amônia no sistema. Pérez-Fuentes et al. (2016), sugerem uma relação C:N entre 10 e 20:1 durante os três primeiros meses de cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e a partir do quarto mês até a despesca recomendam proporções de 10 a 15:1. No cultivo de peixes ornamentais, esta adequação ainda é pouco estudada, porém Sreedevi & Hari (2007), avaliando as relações de 5:1, 10:1, 20:1 e 30:1 para guppy (*Lebistes reticulatus*), encontraram a melhor relação C:N no valor de 20:1.

Ebeling et al. (2006), destacam que para formação de bioflocos e maior eficiência no controle da amônia nos sistemas devem ser usadas fontes ricas em carboidratos simples e solúveis, tais como, a glicose, a dextrose e o melaço de cana. Schryver et al. (2008), sugerem o uso de fontes de carbono com baixo custo de aquisição, como por exemplo, os resíduos de processos agrícolas, como o melaço de cana, já que possui menor custo quando comparado a outras fontes de carbono solúveis, como dextrose, acetato, glicerol, açúcar refinado ou glicose.

2.5.2 Menor uso de água e maior biossegurança

O cultivo em sistema de bioflocos, é utilizado principalmente na carcinicultura marinha, visto as necessidades de sanar os problemas com a disseminação de doenças dos camarões e aumentar a eficiência produtiva dos cultivos (MCINTOSH & AVNIMELECH, 2001). Segundo Krummenauer et al. (2013), a produção de camarões nos sistemas convencionais (com fluxo contínuo de água) requer grandes volumes de água, sendo necessária a utilização de 64000 litros para produzir 1 kg de camarão. Já nos sistemas de bioflocos a quantidade de água necessária varia de 250 a 98 litros por kg de camarão produzido, podendo esta água ser reutilizada por vários ciclos.

Krummenauer et al. (2012), em estudo testando diferentes porcentagens de reutilização da água (0 água clara; 2,5; 10 e 100% de reutilização de água) de cultivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos, evidenciaram a possibilidade de se utilizar inóculos de bioflocos nos cultivos BFT. Além disso, o tratamento com 100% de reutilização de água apresentou melhores resultados para desempenho dos camarões e qualidade de água. Do mesmo modo, Krummenauer et al. (2014), avaliando o efeito de diferentes níveis de água rica em bioflocos (25, 50, 75, e 100% e controle 0%) na qualidade da água e indicadores de desempenho produtivo da mesma espécie, encontraram valores menores de amônia para os tratamentos enriquecidos com bioflocos quando comparados ao controle, sem a adição do mesmo. Além disso, os camarões cultivados em água clara (0% de enriquecimento com bioflocos) apresentaram menor peso final e maior taxa de conversão alimentar do que os camarões cultivados nas águas enriquecidas com bioflocos. Dessa forma, o sistema de bioflocos também possibilita uma maior biossegurança, uma vez que, com a redução de troca de água, minimiza-se a possibilidade de introdução de doenças no sistema (WASIELESKY et al., 2006a).

2.5.3 Maior produtividade dos organismos cultivados e diminuição nos custos com rações

A utilização do sistema de produção em tecnologia de bioflocos (BFT) pode ser uma alternativa para mitigar os problemas enfrentados no cultivo de organismos aquáticos, sendo permitido o melhor manejo alimentar, o aumento da densidade de estocagem, maior uniformidade do lote produzido e melhor aproveitamento das estruturas de cultivo (LOPES et al., 2012). A densidade de estocagem tem importante papel no manejo em fazendas de criação

de camarão marinho. A adoção de altas densidades de estocagem unidas a tecnologia do bioflocos têm apresentado resultados promissores para produção de espécies como o camarão branco *Litopenaeus vannamei* (FRÓES et al., 2013) e o camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (LOPES et al., 2012). Assim como, na produção de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (LIMA et al., 2015). Dessa forma, o sistema BFT possibilita a utilização de altas densidades de estocagem, que se aplicadas nas proporções corretas para cada espécie e sistema de produção, possibilitam elevadas produtividades e otimizam a utilização dos recursos naturais (terra e água) (AVNIMELECH, 2005).

Outra vantagem na utilização do sistema BFT é que além de utilizar menor quantidade de água na criação de organismos aquáticos, possibilita taxas de conversão alimentar mais eficientes, uma vez que os flocos podem ser ingeridos pelos animais cultivados, servindo como uma fonte extra de alimento (TACON et al., 2002; BURFORD et al., 2003; BURFORD et al., 2004). Segundo Hargreaves (2006), o aproveitamento dos flocos como fonte de alimento pelos animais aquáticos depende de fatores como: a preferência alimentar da espécie, da sua capacidade de ingerir e digerir os flocos microbianos, e da densidade de partículas em suspensão.

Há algumas décadas estudos já avaliam as possibilidades da substituição das necessidades proteicas em dietas pelas biotas naturais produzidas em sistemas de cultivo de camarões sem renovação de água, sendo a biota natural necessariamente material floculado composto por: bactérias e fitoplâncton (BURFORD et al., 2003; BURFORD et al., 2004). Estes estudos revelam que o déficit de proteína nas dietas pode ser saciado pelas biotas naturais presentes nos viveiros de produção e que os camarões podem ser capazes de ingerir e reter o nitrogênio derivado das mesmas, resultando em melhorias na produção quando comparados aos sistemas de fluxo contínuo de água. Tacon et al. (2002), obtiveram resultados positivos na produção de camarões *Litopenaeus vannamei* em sistemas ao ar livre com troca zero de água quando comparados a um sistema interno de fluxo contínuo de água. Os autores citam como características positivas do sistema sem troca de água: maior biossegurança, redução nos custos de alimentação e uso de água pelo produtor, fornecendo assim um ótimo caminho para que a indústria de cultivo de camarão atinja produções mais sustentáveis e compatíveis com as exigências ambientais. A produção de camarões *Penaeus vannamei* em sistemas intensivos com troca zero de água demonstrou um aumento de 17% na produção máxima por safra. Além disso, camarões alimentados com 20 e 40% de proteína nas rações obtiveram as mesmas taxas de crescimento quando cultivados neste sistema (HOPKINS et al., 1995).

Do mesmo modo, estudos avaliando o aproveitamento dos flocos pelos peixes vêm sendo realizados. De acordo com Azim et al. (2008), a composição e tamanho do bioflocos pode ser considerado adequado para todas as espécies de peixes onívoros. Avnimelech (2007), avaliou a importância do bioflocos na alimentação de tilápia Mozambique, sugerindo que a espécie é capaz de ingerir e assimilar os nutrientes presentes nos flocos. Além disso, o autor relata que o bioflocos contribuiu com cerca de 50% da exigência de proteína do peixe e possibilitou uma redução nas taxas de alimentação, 20% menor que nos sistemas tradicionais. Azim & Little (2008), em estudo com a produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de bioflocos e água clara, obtiveram um aumento de 45% na produção dos peixes no sistema BFT, confirmando a utilização do bioflocos como alimento pelo peixe. Além disso, animais alimentados com dois níveis de proteína diferentes (24 e 35%) no sistema BFT não demonstraram diferenças no crescimento.

Segundo Avnimelech (2007) a composição bromatológica do bioflocos depende da fonte de carbono introduzida no meio de cultivo, da biota microbiana, ração, animais e outros fatores relacionados à sua formação. No entanto, na literatura já foram mencionados flocos com níveis acima de 30% de proteína bruta (AZIM & LITTLE, 2008; BALLESTER et al., 2010; EMERENCIANO et al., 2012), demonstrando o potencial de sua utilização como fonte alternativa de alimento aos organismos cultivados.

Diversos estudos vêm demonstrando a possibilidade de diminuir os níveis de proteína nas rações ofertadas aos animais produzidos no sistema BFT. Correia et al. (2014), sugerem a redução dos níveis de proteína nas rações do camarão *Litopenaeus vannamei* produzidos em sistema BFT de 40 para 30%. Em estudo realizado por Fugimura et al. (2015), com a criação do camarão *Litopenaeus schmitti* em sistema de bioflocos com dois níveis de proteínas nas dietas (30 e 40%), a eficiência proteica indicou que os camarões utilizaram melhor este nutriente quando foram alimentados com a ração contendo teor proteico de 30%.

Em contrapartida ao que foi apresentado, estudos demonstram que o excesso de bioflocos nos sistemas também pode ser prejudicial à saúde dos organismos cultivados, causando desde obstrução das brânquias até diminuição no desempenho produtivo dos animais (VINATEA et al., 2010; SCHVEITZER et al., 2013). Diante disso, a diminuição da quantidade de flocos no sistema pode ser realizada com a utilização de técnicas como filtragem do flocos em areia pressurizada, ou, eventualmente, pela redução do teor de proteína nas dietas dos animais (COHEN et al., 2005). No entanto, nem sempre isto é uma alternativa viável nas produções. Em vista disso, pesquisas recentes demonstram a possibilidade do uso do bioflocos como ingrediente alternativo na rações dos animais cultivados, potencializando o

desempenho e a diminuição dos custos de produção dos animais (ANAND et al., 2014; VALLE et al., 2014). Além disso, autores também avaliam a possibilidade da redução da utilização de farinha de peixe como fonte principal de proteína nas dietas sendo substituída pelo bioflocos. Kuhn et al. (2009), avaliaram a substituição da farinha de peixe e proteína isolada de soja pelo bioflocos em rações do camarão *Litopenaeus vannamei*, concluindo que as dietas contendo bioflocos demonstraram superioridade, em ganho de peso dos animais, às rações sem adição do mesmo. Bauer et al. (2012), testaram diferentes níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100%) da farinha de peixe por farinha de flocos microbiano e concentrado de proteína de soja em dietas para *L. vannamei*, sugerindo que a farinha de peixe pode ser totalmente substituída pelos ingredientes alternativos sem causar diminuição no desempenho dos animais. Além disso, estudos também sugerem que a utilização de rações suplementadas com flocos microbianos podem melhorar a atividade de enzimas digestivas dos animais, otimizando a absorção de nutrientes (ANAND et al., 2014).

Dessa forma, mais uma vez a viabilidade econômica e ambiental do uso do bioflocos é comprovada, onde o excesso de material floculado que poderia ser despejado no ambiente causando danos é utilizado como ingrediente alimentar alternativo nas dietas dos animais, diminuindo os custos com a produção de rações, completando, assim, o ciclo sustentável de produção.

2.5.4 Benefícios à imunidade dos animais

Além do controle da qualidade da água e da produção de alimentação suplementar, a tecnologia do bioflocos pode ajudar no controle do estado de saúde dos animais, combatendo infecções bacterianas dentro dos tanques de aquicultura (CRAB et al., 2010; EKASARI et al., 2015). Cohen et al. (2005), sugerem que o uso de pós larvas de camarões *Litopenaeus vannamei* livres de patógenos virais juntamente com as práticas de gestão e preparação da água pré-produção (processo de cloração da água) foram adequados para evitar surtos de doenças virais/bacterianas na produção.

Alguns autores também citam melhorias nas respostas dos sistemas imunológico e antioxidante dos animais (XU & PAN, 2013; XU & PAN, 2014; LONG et al., 2015; CARDONA et al., 2016), além de uma maior resistência dos mesmos a agentes patogênicos (CRAB et al., 2010; EKASARI et al., 2014; AHMAD.H et al., 2016). Em estudo realizado por Luo et al. (2014), tilápias (*Oreochromis niloticus*) produzidas em sistema BFT exibiram maior atividade de enzimas antioxidantes, indicando que a alimentação com bioflocos

melhorou a imunidade dos peixes, sendo esta constatação consistente com os resultados de desempenho produtivo dos animais. Ekasari et al. (2015), avaliando a resistência de larvas de tilápias à infecção por uma bactéria patogênica, obtiveram maior sobrevivência das larvas criadas em sistema BFT, do que às criadas em sistema sem bioflocos.

2.6 Privação alimentar na produção de organismos aquáticos e os efeitos da utilização no sistema BFT

O manejo alimentar adequado é de grande importância para êxito na criação de organismos aquáticos. Estudos sobre o uso de ciclos de restrição alimentar/realimentação ou com diferentes taxas de oferta de ração no manejo de peixes e camarões cultivados, podem indicar estratégias mais econômicas para diminuir o custo da produção e evitar o desperdício de ração nos sistemas de criação (SOUZA et al., 2002; CARVALHO & URBINATI, 2005; CHAGAS et al., 2005; CACHO et al., 2007). No entanto, a restrição alimentar envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas para promover o ajuste biológico do animal e as respostas dos animais a esses manejos nem sempre são positivas, podendo causar redução da produtividade nos organismos cultivados. Em estudo realizado por Arauco & Costa (2012), tilápias (*Oreochromis niloticus*) foram produzidas com três diferentes regimes alimentares: (A) alimento fornecido diariamente; (B) alimento fornecido dia sim e dia não e (C) alimento fornecido uma vez a cada 2 dias, os autores constataram que os animais alimentados uma vez a cada 2 dias tiveram desempenho inferior aos alimentados diariamente. No entanto, não foram encontradas diferenças nas taxas de conversão alimentar. Chagas et al. (2005), avaliaram o efeito de diferentes taxas de alimentação (1, 3 e 5% do peso vivo ao dia) na produção de tambaqui (*Colossoma macropomum*) criados em tanque-rede, concluindo que a taxa de alimentação adequada para a produtividade da espécie nesse sistema de produção é a de 1% do peso vivo ao dia, por ter proporcionado uma taxa de conversão alimentar significativamente menor que os demais tratamentos.

Diante disso, o uso das técnicas de manejo alimentar unida a utilização do sistema de bioflocos podem ser promissoras na produção de organismos aquáticos, visto que o bioflocos pode servir como uma fonte extra de alimento, proporcionando a diminuição na oferta de ração resultando, conseqüentemente, em um menor custo de produção. Wasielesky et al. (2006a), em estudo com a produção do camarão *Litopenaeus vannamei* em três diferentes sistemas de cultivo (sistema de água clara, sistema de bioflocos e sistema com mistura de bioflocos e água clara) sem alimentação, obtiveram maiores sobrevivências para os animais

produzidos nos sistemas bioflocos, sugerindo a utilização do bioflocos como fonte alimentar pelos animais. Emerenciano et al. (2012), avaliaram o bioflocos como fonte alimentar para o camarão *Farfantepenaeus brasiliensis* durante 30 dias, obtendo resultados superiores na produção dos animais em sistema BFT com ou sem oferta de ração, quando comparados a um sistema de água clara com oferta de ração. Rostika & Sudaryono (2014), em estudo com o camarão *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos submetidos a diferentes níveis de redução de alimentação artificial (10, 15, 20 e 25% de redução), concluíram ser possível uma redução de até 20% na alimentação sem causar redução de desempenho dos animais produzidos nesse sistema.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção de juvenis de guppy (*Poecilia reticulata*) em dois diferentes sistemas de cultivo com bioflocos.

3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Avaliar a possibilidade da utilização do bioflocos como fonte suplementar de alimento na produção de guppys (*Poecilia reticulata*);
- ✓ Avaliar o desempenho produtivo de juvenis de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistema de bioflocos com diferentes taxas de alimentação (0; 1,5 e 3% do peso vivo), comparando-os com um sistema de produção em água clara (com taxa de alimentação de 3% do peso vivo) (Capítulo 1).
- ✓ Avaliar o desempenho produtivo de juvenis guppys (*Poecilia reticulata*) submetidos à restrição alimentar (2 dias) e realimentação (5 dias) em sistema de bioflocos, comparando-os com um sistema de produção em água clara com alimentação contínua (Capítulo 2).
- ✓ Avaliar os parâmetros da qualidade da água em ambos os sistemas de cultivo.

4 CAPÍTULO I

DIFERENTES TAXAS DE ALIMENTAÇÃO NA PRODUÇÃO DE JUVENIS DE GUPPY (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS

RESUMO

Sistemas de produção aquícolas alternativos vêm sendo empregados na tentativa de minimizar os problemas ambientais causados pela geração de efluentes e melhorar o desempenho produtivo dos organismos cultivados. Nesse sentido, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo de juvenis de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistema de bioflocos com diferentes taxas de alimentação. Para realização do experimento foram utilizados 160 espécimes de guppys ($18,06 \pm 0,30$ mm e $0,056 \pm 0,003$ g), distribuídos nos tratamentos ao acaso, sendo estocados dez espécimes por unidade experimental. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo a comparação das médias feita pelo teste de Tukey (5%). Os tratamentos avaliados foram: sistema de água clara (controle) com oferta de ração a 3% do peso vivo (SAC), sistema enriquecido com bioflocos sem a oferta de ração (BFT0), sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração a 1,5% do peso vivo (BFT1.5) e sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração a 3% do peso vivo (BFT3). O experimento teve duração de 60 dias, onde de dez em dez dias foram realizadas biometrias para avaliação dos índices de desempenho zootécnico dos animais: peso (g), comprimento padrão e total (mm), taxa de crescimento específico (%), sobrevivência (%) e conversão alimentar aparente. Os parâmetros de qualidade da água foram avaliados durante todo o período experimental. Os resultados demonstram que os tratamentos enriquecidos com bioflocos apresentaram melhor controle dos níveis de amônia da água em comparação ao tratamento em água clara. Ao final do período experimental os animais dos tratamentos SAC, BFT0 e BFT1.5 não apresentaram diferenças significativas entre si, para as variáveis CT, CP, peso e TCE. No entanto, todos os tratamentos foram inferiores ao tratamento BFT3. Em contrapartida, a CAA não apresentou diferença significativa entre os tratamentos BFT1.5 e BFT3, sendo o tratamento SAC mais elevado que os demais. A sobrevivência foi superior nos tratamentos com oferta de ração. Dessa forma, o sistema BFT pode ser empregado no cultivo de guppys (*P. reticulata*), servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.

Palavras-chave: flocos microbiano, lebiste, nutrição, peixe ornamental

ABSTRACT

Alternative aquaculture production systems have been used in the attempt to minimize the environmental problems caused by the generation of waste and to improve the productive performance of cultivated organisms. In this sense, the present study aimed to evaluate the performance of juvenile guppies (*Poecilia reticulata*) produced in biofloc system with different feed rates. For the experiment it were used 160 guppies specimens (18.06 ± 0.30 mm e 0.056 ± 0.003 g), distributed in the treatments at random, being stocked ten specimens in each experimental unit. The experimental design was completely randomized, with four treatments and four replications, and the comparison of means made by Tukey test (5%). The treatments were: clear water (control) system with feed supply 3% of body weight (CWS), biofloc technology system without the supply of feed (BFT0), biofloc technology system with feed supply 1.5% of body weight (BFT1.5) and biofloc technology system with feed supply 3% of body weight (BFT3). The experiment lasted 60 days, in which every ten days it were performed biometrys to assess the production performance indexes of animals: weight (g), standard and total length (mm), specific growth rate (%), survival (%) and apparent feed conversion. The water quality parameters were evaluated throughout the trial period. The results demonstrate that treatment with biofloc showed better control of ammonia levels in the water compared to treatment of clear water. At the end of experiment the animals CWS, BFT and BFT1.5 showed no significant differences, for TL, SL, weight and SGR. However, all treatments were inferior to the treatment BFT3. In contrast, the FCR had no significant difference between the BFT1.5 and BFT3 treatments, being CWS the highest treatment. Survival was superior in the treatments with supply of feed. Thus, the BFT system can be employed in guppies farming, serving as a food source for organisms grown, improving growth performance and water quality parameters.

Key words: microbial flakes, lebiste, nutrition, ornamental fish

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura vem se destacando em crescimento em relação à pesca, que já atingiu seu limite máximo sustentável, tornando-se uma importante alternativa para a produção de pescado, tanto em área continental como marinha (CAMARGO & POUHEY, 2005). Dentre as atividades aquícolas a piscicultura ornamental apresenta constante crescimento tanto na aquicultura mundial como nacional. Segundo Bernardino & Proença (2001), o cultivo de peixes ornamentais é considerado um dos setores de maior lucratividade da piscicultura brasileira, abastecendo um mercado consumidor que, só na América do Norte, abrange mais de cem milhões de aquários residenciais. Esse potencial tem estimulado e impulsionado o setor devido ao crescente aumento da demanda mundial. Coe et al. (2011) afirmam que o Brasil nos últimos anos exportou uma média de 30 milhões de exemplares de peixes ornamentais, gerando uma receita de mais de US\$ 5 milhões anuais.

Nas últimas décadas é crescente a preocupação com os possíveis danos que as atividades aquícolas podem causar aos ecossistemas, desde a liberação de efluentes ricos em nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), causando eutrofização em corpos d'água naturais até a introdução de espécies exóticas e disseminação de doenças no ambiente (VALENTI, 2002). Diante disso, sistemas alternativos de produção vêm sendo estudados para tentar minimizar os problemas ambientais e também para aumentar a produtividade dos organismos cultivados.

Um dos sistemas que vem recebendo grande destaque nas últimas décadas é o sistema de meio heterotrófico ou bioflocos (BFT - Biofloc Technology), tratando-se de um sistema de criação sem renovação de água. Os bioflocos são partículas orgânicas, que englobam microalgas, organismos microscópicos diversos como protozoários, rotíferos, fungos, oligoquetos, dentre outros, que ficam em suspensão na água ou aderidas às paredes dos tanques de produção (KUBTIZA, 2011). Diversos estudos citam as vantagens da utilização desse sistema frente aos sistemas convencionais (com troca de água), tais como: menor uso de água (diminuindo a emissão de efluentes e conseqüente redução das possibilidades de impactos ambientais); menor área de cultivo e maior produtividade (uso de altas densidades de estocagem); diminuição do risco de introdução e disseminação de doenças; além de complementar a dieta dos organismos cultivados através da produtividade natural presente nos viveiros, proporcionando a redução dos níveis de proteínas nas rações (BURFORD et al., 2004; WASIELESKY et al., 2006a; CRAB et al., 2010; KRUMMENAUER et al., 2012; LOPES et al., 2012; CORREIA et al., 2014; FUGIMURA et al., 2015).

A formação do meio heterotrófico baseia-se no controle da relação carbono:nitrogênio (C:N), onde são adicionadas fontes extras de carbono para manutenção do sistema. Este controle é feito com o objetivo de estimular o crescimento de bactérias heterotróficas as quais são capazes de transformar os compostos nitrogenados presentes no cultivo em proteína microbiana, que poderá servir como uma fonte alternativa de alimento para os organismos cultivados (WASIELESKY et al., 2006b).

Nesse contexto, estudos vêm demonstrando a possibilidade da redução de oferta de ração aos animais produzidos em sistema bioflocos, avaliando a utilização do mesmo como fonte alimentar na produção dos animais. Rostika & Sudaryono (2014) observaram que a redução do nível de alimentação do camarão *L. vannamei* produzidos em sistema BTF, não teve efeito sobre o ganho de peso médio diário, sendo possível uma redução de até 20% de oferta de ração. Na produção de tilapia Mozambique foi constatado que a espécie é capaz de ingerir e assimilar os nutrientes presentes no bioflocos. Além disso, o bioflocos contribuiu com cerca de 50% da exigência de proteína do peixe e possibilitou uma redução de 20% nas taxas de alimentação, quando comparado aos sistemas com troca de água (AVNIMELECH, 2007). Estes resultados confirmam a eficiência da utilização do bioflocos como alternativa alimentar na produção de organismos aquáticos, podendo diminuir os gastos com rações. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho produtivo de juvenis de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistema de bioflocos com diferentes taxas de alimentação, comparando-os com um sistema de produção tradicional, em água clara.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e data de execução do experimento:

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiana, Uruguaiana, Estado do Rio Grande do Sul, no período de março a maio de 2015, com duração de 60 dias, sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob o número de protocolo CEUA: 030/2015.

2.2 Unidades experimentais:

Para realização do experimento foram utilizados 16 aquários com capacidade de 14L (20 x 20 x 35 cm), dos quais foram preenchidos 10L. Em cada aquário foram adicionadas três mangueiras de 4mm de diâmetro, de onde foi injetado o ar necessário para manutenção do sistema por meio de um compressor de ar. As mangueiras foram coladas no fundo do aquário e o ar injetado de baixo para cima, possibilitando uma maior movimentação da água.

Os aquários foram mantidos dentro de uma estufa, construída com lona plástica transparente, para garantir o controle da temperatura entre as unidades experimentais. Cada aquário possuía em seu interior, duas telas de 12 x 30 cm de dimensão, que foram penduradas de forma vertical dentro dos aquários, servindo de substrato para a formação do filme bacteriano.

2.3 Animais:

Para realização do experimento foram utilizados 160 espécimes de guppys (*Poecilia reticulata*) (comprimento total \pm erro padrão = $18,06 \pm 0,30$ mm e peso \pm erro padrão = $0,056 \pm 0,003$ g), com idade de aproximadamente 30 dias, provenientes da reprodução de matrizes de linhagens puras localizadas no Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiana. Os espécimes foram adquiridos de fêmeas da mesma linhagem para obtenção de um lote homogêneo de animais.

Os peixes foram distribuídos nos tratamentos ao acaso, sendo estocados 10 espécimes por unidade experimental. Para realização do experimento os peixes foram aclimatados durante 14 dias em uma caixa de polietileno com volume de 200L, com aeração constante e temperatura controlada. Nesse período, a alimentação foi ofertada diariamente com ração

comercial floculada (Alcon Basic) para peixes ornamentais com 45% de proteína bruta (expresso no rótulo do produto), às 9 e 17 horas, à vontade. Diariamente, o volume útil da caixa no período de aclimatação foi renovado em 30%.

2.4 Tratamentos:

Os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira:

- ✓ Sistema de água clara (controle) com oferta de ração comercial a 3% do peso vivo (**SAC**);
- ✓ Sistema enriquecido com bioflocos sem a oferta de ração (**BFT0**);
- ✓ Sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração comercial a 1,5% do peso vivo (**BFT1.5**);
- ✓ Sistema enriquecido com bioflocos com oferta de ração comercial a 3% do peso vivo (**BFT3**).

No tratamento controle foi realizada a renovação de 30% da água dos aquários duas vezes por semana, manejo esse rotineiro nas criações comerciais. Nos tratamentos enriquecidos com bioflocos não foi feita renovação, sendo realizada apenas a reposição das perdas por evaporação para manutenção do nível da água.

2.5 Manejo alimentar:

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia pela manhã às 9h e pela tarde às 17h, com uma ração comercial floculada (Alcon Basic) com 45% de proteína bruta (expresso no rótulo do produto). A quantidade de ração fornecida foi calculada conforme os respectivos tratamentos e corrigida a cada biometria.

2.6 Implantação do sistema bioflocos:

Para iniciar os meios heterotróficos os tratamentos com bioflocos receberam durante as duas primeiras semanas, todos os dias, uma quantidade de 0,05 g de probiótico (comercial), por aquário, composto basicamente por bactérias *Bacillus Subtilis* e *Bacillus cereus* com uma concentração bacteriana de $4,0 \times 10^{11}$ unidades formadoras de colônias (UFC)/Kg. Juntamente

com o probiótico também foram adicionados 0,05 g de ração comercial (Alcon Basic) e 0,1 g de melaço, utilizados como fonte de nitrogênio e carbono, respectivamente, ambos para estimular a produção da microbiota heterotrófica inicial. Durante essa fase, os parâmetros de qualidade da água foram monitoradas diariamente (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia e nitrito) para verificação da estabilização dos mesmos dentro das margens recomendadas para produção de peixes (Arana, 2004). Após esse período, os peixes foram introduzidos nos aquários para início do experimento.

2.7 Controle da relação carbono:nitrogênio (C:N):

A relação C:N utilizada neste sistema foi a de 20:1 (20 partes de carbono para cada parte de nitrogênio), recomendada para a família *Poecilia* por Sreedevi & Hari (2007). A fonte de carbono utilizada no estudo foi o melaço de cana de açúcar. A manutenção da relação C:N foi realizada três vezes por semana, introduzindo o melaço aos tratamentos com bioflocos.

Para introdução do melaço no sistema foi realizado um cálculo depois de cada biometria, com base na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (ΔN), na relação carbono e nitrogênio C:N adotada e no conteúdo de carbono presente no melaço (%C) conforme as equações a seguir, descritas por Silva et al. (2009):

$$\Delta \text{Melaço} = [\Delta N \times (C:N)] \times \%C^{-1} \quad (1)$$

$$\Delta N = QRação \times \%NRação \times \%NExcreção \quad (2)$$

Onde:

QRação - quantidade de ração ofertada diariamente;

%NRação - quantidade de nitrogênio inserida no sistema (%Proteína Bruta $\times 6,25^{-1}$);

%NExcreção - fluxo de amônia na água, diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico.

A quantidade de melaço adicionada em cada unidade experimental foi calculada usando as Equações (1) e (2), ou seja:

$$\Delta \text{Melaço} = [(QRação \times \%NRação \times \%NExcreção) \times (C:N)] \times \%C^{-1} \quad (3)$$

O melaço utilizado continha 30% de carbono. A ração ofertada aos animais era composta por 45% de proteína bruta (7,2%N) e considerando que 50% da concentração de nitrogênio da ração é excretada pelos animais, Avnimelech (1999) apresenta:

$$\Delta \text{Melaço} = [(QRação \times 0,072 \times 0,5) \times (C:N)] \times 0,30$$

$$\Delta \text{ Melaço} = \text{QRação} \times 0,0108 \times (\text{C:N}) \quad (4)$$

Para os tratamentos com bioflocos que receberam ração o melaço foi recalculado a cada semana de acordo com a fórmula recomendada por Silva et al. (2009). Já o valor repostado no tratamento sem oferta de ração, foi baseado nas médias dos valores obtidos para os aquários dos tratamentos com oferta de ração, para garantir a manutenção da concentração de bioflocos nos aquários.

2.8 Parâmetros Limnológicos:

Durante o período experimental, o monitoramento da qualidade da água foi realizado duas vezes por semana com base nas variáveis físico-químicas: pH (pHmetro microprocessado de bancada modelo PG1800, Gehaka), turbidez (turbidímetro portátil modelo HI98703, Hanna), alcalinidade, amônia e nitrito (fotocolorímetro microprocessado portátil modelo AT 10P, Alfakit). E diariamente foram aferidos o oxigênio e a temperatura (medidor de oxigênio dissolvido modelo POL-60, Politerm). Todas as análises foram realizadas às 8:30h da manhã.

2.9 Biometrias:

As biometrias foram realizadas de dez em dez dias para avaliação de peso (g), comprimento padrão e total (mm), taxa de crescimento específico (%), sobrevivência (%) e conversão alimentar aparente. Para realização das biometrias, os animais foram retirados dos aquários e anestesiados com óleo de cravo na concentração de 125 mg L⁻¹ (CUNHA et al., 2015).

O peso dos animais foi determinado com uma balança analítica digital de três casas decimais e os comprimentos (total e padrão) com um paquímetro digital. A taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar aparente (CAA) foram calculadas através das fórmulas:

- ✓ TCE (% dia⁻¹) = [(ln (peso final) – ln (peso inicial)) /dias] x 100, em que: ln= logaritmo neperiano;
- ✓ CAA = Qr/(peso final – peso inicial), em que: Qr= quantidade de ração fornecida.

2.10 Análise estatística e delineamento experimental:

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por 16 aquários, com quatro tratamentos e quatro repetições.

Os dados foram verificados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene e posteriormente foi feita a comparação das médias pelo teste de Tukey (5%), por meio do programa estatístico SAS 9.0. Os resultados foram apresentados como médias \pm erro padrão da média.

3 RESULTADOS

3.1 Parâmetros físicos e químicos da qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água, temperatura e pH, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$). No entanto, as variáveis oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, alcalinidade e turbidez foram significativamente diferentes entre os tratamentos ($P<0,05$) (Tabela 1).

TABELA 1 - Parâmetros de qualidade da água, dos sistemas de produção de guppys (*Poecilia reticulata*) em água clara e em bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

Parâmetros de qualidade da água	Tratamentos			
	SAC	BFT0	BFT1.5	BFT3
Temperatura (°C)	27,77 ± 0,12	27,98 ± 0,12	28,05 ± 0,11	28,09 ± 0,10
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	7,49 ± 0,09 ^A	7,18 ± 0,08 ^{AB}	7,08 ± 0,09 ^B	7,01 ± 0,09 ^B
pH	8,83 ± 0,02	8,90 ± 0,02	8,89 ± 0,02	8,87 ± 0,02
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,33 ± 0,04 ^A	0,18 ± 0,04 ^B	0,15 ± 0,04 ^B	0,13 ± 0,04 ^B
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,07 ± 0,01 ^B	0,12 ± 0,02 ^{AB}	0,18 ± 0,03 ^A	0,12 ± 0,03 ^{AB}
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	232,74 ± 3,98 ^B	267,95 ± 6,27 ^A	271,65 ± 5,47 ^A	280,70 ± 6,91 ^A
Turbidez (NTU)	0,95 ± 0,13 ^B	1,75 ± 0,26 ^{AB}	2,43 ± 0,31 ^A	2,44 ± 0,27 ^A

Valores médios ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

3.2 Desempenho produtivo dos animais

Ao final do período experimental os animais dos tratamentos SAC, BFT0 e BFT1.5 não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre si, para as variáveis CT, CP e peso. No entanto, todos os tratamentos foram inferiores ($P<0,05$) ao tratamento BFT3 (Figuras 1, 2 e 3).

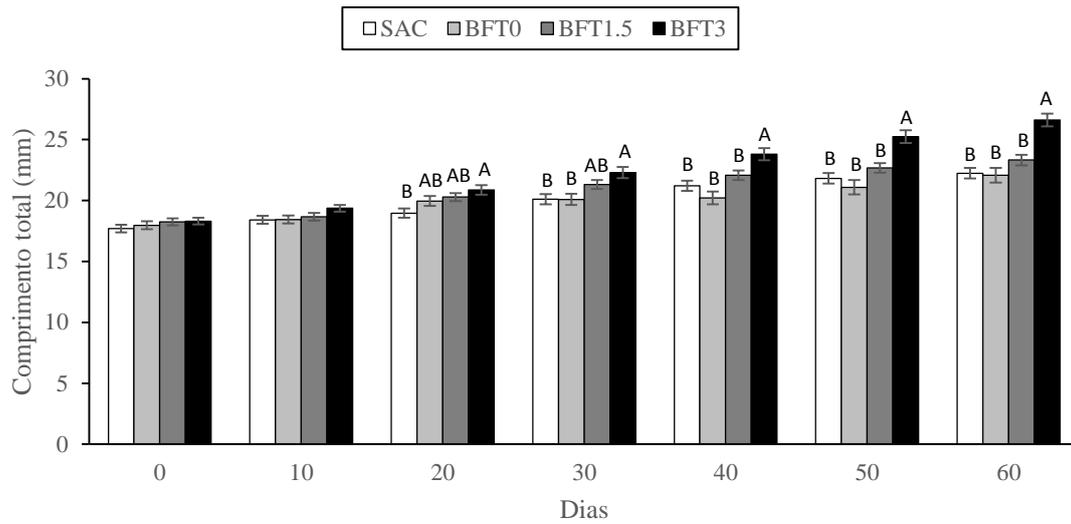


FIGURA 1 – Comprimento total (mm) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

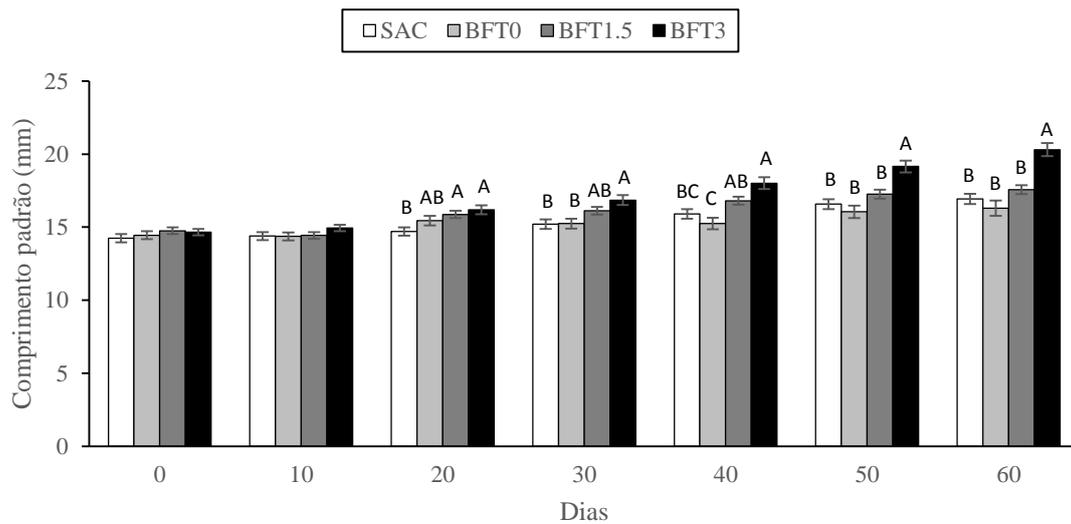


FIGURA 2 – Comprimento padrão (mm) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

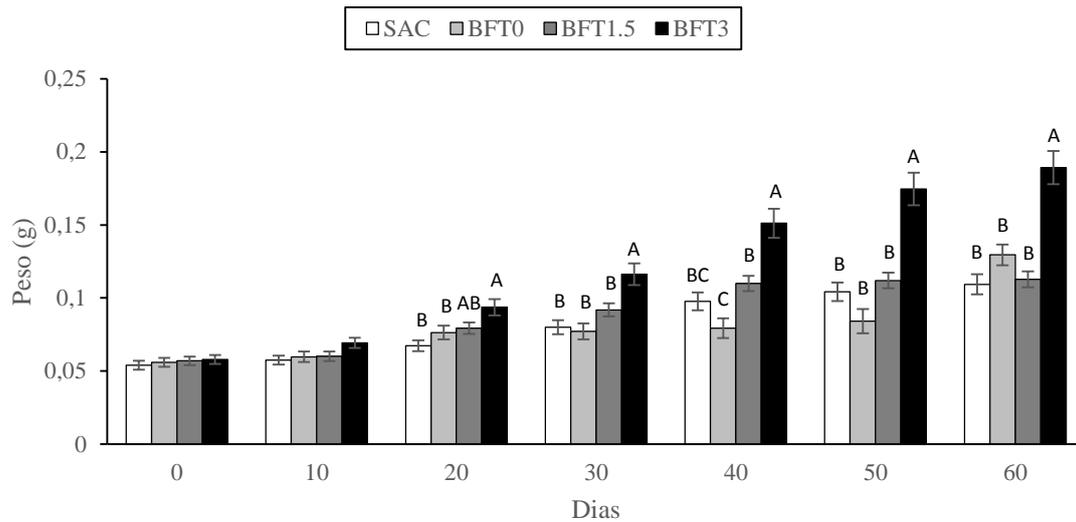


FIGURA 3 – Peso (g) de guppies (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

A taxa de crescimento específico (TCE) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos SAC, BFT0 e BFT1.5. No entanto, os mesmos foram inferiores ($P < 0,05$) ao tratamento BFT3 (Tabela 2).

TABELA 2 – Taxa de crescimento específico (%) de guppies (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

Tratamentos	Taxa de Crescimento Específico (%)
SAC	$1,17 \pm 0,15^B$
BFT0	$0,68 \pm 0,17^B$
BFT1.5	$1,14 \pm 0,09^B$
BFT3	$1,93 \pm 0,10^A$

Valores médios \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Em contrapartida, a conversão alimentar aparente (CAA) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos BFT1.5 e BFT3. No entanto, o tratamento SAC foi mais elevado que os tratamentos BFT1.5 e BFT3 ($P < 0,05$). Para o tratamento BFT0 não foi realizado o cálculo de CAA devido à ausência de oferta de ração (Tabela 3).

TABELA 3 – Conversão alimentar aparente de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

Tratamentos	Conversão Alimentar Aparente	
	30 dias	60 dias
SAC	1,95 ± 0,17 ^A	2,54 ± 0,32 ^A
BFT0*	-	-
BFT1.5	0,78 ± 0,07 ^B	1,35 ± 0,12 ^B
BFT3	1,06 ± 0,03 ^B	1,55 ± 0,12 ^B

Valores médios ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. BFT0* - Tratamento ao qual não foi ofertado ração.

A sobrevivência foi superior ($P < 0,05$) nos tratamentos com oferta de ração (SAC, BFT1.5 e BFT3) em comparação com o tratamento sem oferta de ração (BFT0) (Figura 4).

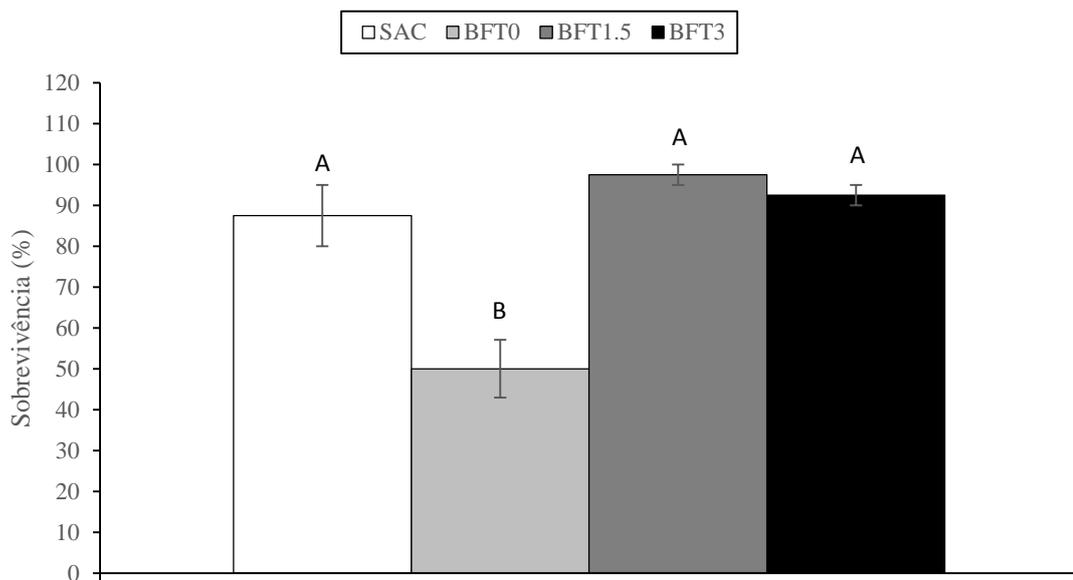


FIGURA 4 – Sobrevivência (%) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com diferentes taxas de oferta de ração.

4 DISCUSSÃO

Todos os parâmetros de qualidade da água no presente estudo se mantiveram dentro dos padrões adequados para o cultivo de peixes (BOYD & TUCKER, 1998).

O oxigênio dissolvido apresentou maiores valores ($P < 0,05$) no tratamento SAC, quando comparado aos tratamentos BFT1.5 e BFT3, provavelmente devido a respiração das bactérias heterotróficas presentes no sistema bioflocos unidas a respiração dos organismos cultivados. O tratamento BFT0 não diferiu dos demais ($P > 0,05$), possivelmente devido à ausência de oferta no ração, que pode ter ocasionado um desenvolvimento menor de bactérias heterotróficas quando comparados aos sistemas com oferta de ração, visto que, para um bom desenvolvimento do meio heterotrófico é necessária uma relação carbono:nitrogênio proporcionalmente adequada, sendo a ração uma das principais fontes de nitrogênio disponível nos sistemas (AVNIMELECH, 1999). Resultados semelhantes foram encontrados por Schweitzer et al. (2013), na produção do camarão *Litopenaeus vannamei*, onde a redução da concentração de oxigênio foi associada à entrada de melaço no sistema, que aumentou a taxa de respiração dos microrganismos heterotróficos presentes na água. No entanto, em todos os tratamentos do presente estudo a concentração desse parâmetro esteve dentro do adequado para produção de peixes ($\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$) (BOYD & TUCKER, 1998).

O valor de amônia foi superior ($P < 0,05$) no tratamento SAC, quando comparado aos tratamentos BFT0, BFT1.5 e BFT3. Nas produções aquícolas existem basicamente três métodos pelos quais o nitrogênio amoniacal presente nos sistemas é reciclado, sendo eles: a captação da amônia através de microalgas; a conversão da amônia à nitrito e à nitrato através da ação de bactérias quimioautotróficas (nitrificação); e a conversão direta da amônia em biomassa bacteriana pelas bactérias heterotróficas (EBELING et al., 2006; HARGREAVES, 2006). Dessa forma, no presente estudo, a presença de bactérias heterotróficas nos tratamentos BFT provavelmente proporcionou o controle dos níveis de amônia nos sistemas, o que não ocorreu no tratamento SAC. Resultados semelhantes foram encontrados por Bakar et al. (2015), na utilização de diferentes relações C:N na produção do bagre-africano (*Clarias gariepinus*), os autores obtiveram nível de amônia maior para o tratamento que não recebeu fonte adicional de carbono, demonstrando, assim, a importância do uso de uma fonte extra de carbono para a que as bactérias presentes no bioflocos executem adequadamente a absorção do nitrogênio. Além disso, segundo Avnimelech (1999), a utilização de uma fonte de carbono barata para atingir a proporção C:N correta nos sistemas de cultivo é uma alternativa prática e econômica para remoção de amônia das produções, em comparação com os sistemas

convencionais. Ressalta-se que o valor de amônia encontrado no presente estudo ainda está dentro do suportado pela espécie. Rubin & Elmaraghy (1977), avaliando a toxicidade de amônia em guppy, encontraram como concentração letal em 72 horas o valor de 1,26 mg L⁻¹.

Em contrapartida, os níveis de nitrito apresentaram tendência a superioridade nos tratamentos BFT0, BFT1.5 e BFT3, em comparação ao SAC. Estudos relatam que o aumento da razão C:N nos sistemas torna o processo de retirada do nitrogênio através de bactérias heterotróficas mais eficiente que a nitrificação, ocorrendo um decréscimo da concentração de amônia dissolvida e consequente melhoria na qualidade da água (AVNIMELECH, 1999; HARGREAVES, 2006). Em vista disso, pode-se sugerir no presente estudo que o processo de nitrificação ocorreu de forma lenta, visto que as bactérias nitrificantes necessitam de maior tempo para estabilização nos sistemas, quando comparadas as bactérias heterotróficas. Além disso, a presença de nitrito indica oxidação incompleta de amônia à nitrato, sugerindo que a quantidade de bactérias quimioautotróficas não foi capaz de controlar a concentração deste composto (SCHVEITZER et al., 2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Cohen et al. (2005), na produção do camarão *L. vannamei* em sistema com troca de água limitada, onde os níveis de nitrito e nitrato aumentaram exponencialmente ao longo do estudo e as mudanças na concentração de amônia ocorreram provavelmente devido a assimilação pelo fitoplâncton presente no cultivo. Azim & Little (2008), na produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraram valores superiores de amônia, nitrito e nitrato nos sistemas BFT, quando comparado a um sistema de água clara, sugerindo que mesmo com o incentivo da produção bactérias heterotróficas o sistema foi dominado por bactérias nitrificantes, sendo necessário mais estudos sobre como minimizar o processo de nitrificação em sistemas BFT. No entanto, os níveis de nitrito apresentados no presente estudo não causaram danos ao desenvolvimento dos animais, estando dentro do recomendado para produção de peixes (< 0,3 mg L⁻¹) (BOYD & TUCKER, 1998).

A alcalinidade demonstrou superioridade (P<0,05) nos tratamentos BFT0, BFT1.5 e BFT3 em comparação ao SAC, resultado que difere dos encontrados na literatura, visto que, os diferentes processos que atuam nos sistemas de bioflocos, como assimilação bacteriana, nitrificação e respiração realizados por microrganismos e até mesmo pelos organismos criados, podem refletir na redução e/ou instabilidade da alcalinidade da água (AZIM & LITTLE, 2008). Estes resultados podem ser explicados pela origem da água utilizada no presente estudo ser de poço, contendo, dessa forma, grandes quantidades de carbonatos e bicarbonatos. Furtado et al. (2011), ao longo do cultivo de *L. vannamei* em sistema BFT, verificaram a ocorrência de declínio dos níveis de alcalinidade e pH, essa redução ocorre

devido ao consumo da alcalinidade pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes que formam os bioflocos. Resultados que diferem dos encontrados no presente estudo para os tratamentos BFT, porém, de acordo com Ebeling et al. (2006), a alcalinidade manteve-se em níveis considerados adequados para este tipo de sistema ($> 100 \text{ mg L}^{-1}$), assim como o pH, que se manteve entre 8,0 e 9,0, dentro dos limites considerados ideais para que ocorra os processos de nitrificação no sistema (CHEN et al., 2006).

A turbidez é um dos parâmetros utilizados para monitorar a quantidade de bioflocos em sistemas de cultivo de peixes e camarões (AVNIMELECH, 2007; SAMOCHA et al., 2007). No presente estudo, os valores encontrados para a turbidez foram superiores ($P < 0,05$) nos tratamentos BFT1.5 e BFT3 em comparação ao SAC. Provavelmente, essa diferença ocorreu devido a presença das bactérias heterotróficas nos sistemas BFT, estimuladas através da introdução de melaço a transformar os compostos nitrogenados presentes no sistema em biomassa microbiana, aumentando, assim, a turbidez dos cultivos, o que também pode ser avaliado através de parâmetros como os sólidos suspensos totais (EBELING et al., 2006; SCHVEITZER et al., 2013). Por outro lado, o tratamento BFT0 não diferiu dos demais possivelmente devido à ausência de oferta de ração (uma das principais fontes de nitrogênio do sistema), o que pode ter ocasionado a redução de bactérias heterotróficas e de material floculado no sistema.

No que diz respeito às variáveis de crescimento, diversos estudos vêm demonstrando resultados positivos no desempenho produtivo de camarões e peixes produzidos em sistemas com bioflocos (WASIELESKY et al., 2006; AVNIMELECH, 2007; AZIM et al., 2008; BALLESTER et al., 2010; FRÓES et al., 2012; WIDANARNI et al., 2012; ZHAO et al., 2014; LONG et al., 2015).

No presente estudo, os animais produzidos nos sistemas BFT sem oferta de ração (BFT0) ou com oferta de 1,5% do peso vivo (BFT1.5) obtiveram o mesmo desempenho (CT, CP e peso) dos animais produzidos em água clara com oferta de ração a 3% do peso vivo (SAC). Dessa forma, sugere-se que o bioflocos pode ter contribuído com 50% da taxa de alimentação dos animais no tratamento BFT1.5, suprimindo a diminuição da oferta de ração, quando comparado ao tratamento SAC. Já para o tratamento BFT0 o resultado foi menos promissor, visto que, nesse tratamento foi apresentada a menor taxa de sobrevivência dos animais. O tratamento em sistema BFT com oferta de ração a 3% do peso vivo apresentou superioridade aos demais, demonstrando, mais uma vez, o aproveitamento do bioflocos como fonte alimentar pelos animais. Esse resultado corrobora com Azim et al. (2008), que afirmam

que a composição e tamanho do bioflocos pode ser considerado adequado para todas as espécies de peixes onívoros, estando o guppy enquadrado nessa classe alimentar.

Em estudo realizado por Rostika & Sudaryono (2014), testando diferentes taxas de redução alimentar (10, 15, 20 e 25% de redução) na produção do camarão *L. vannamee*, os autores sugerem que uma redução de até 20% das taxas de alimentação dos animais nesse sistema produz os mesmos resultados das taxas de alimentação normais. Do mesmo modo, Avnimelech (2007), avaliou a importância do bioflocos na alimentação da tilápia Mozambique, sugerindo que a espécie é capaz de ingerir e assimilar os nutrientes presentes nos flocos. Além disso, o autor relata que o bioflocos contribuiu com cerca de 50% da exigência de proteína do peixe e possibilitou uma redução nas taxas de alimentação 20% menor que nos sistemas tradicionais. Assim como, Azim & Little (2008), em estudo com a produção de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) em sistema de bioflocos e água clara, obtiveram um aumento de 45% na produção dos peixes no sistema BFT, confirmando a utilização do bioflocos como alimento pelo peixe.

Ahmad.H et al. (2016), utilizando diferentes fontes de carbono na produção do peixe *Labeo rohita* durante 60 dias, obtiveram melhores índices de crescimento, conversão alimentar aparente (CAA) e taxa de crescimento específico (TCE) para os animais produzidos nos sistemas BFT em comparação com os organismos cultivados em água clara. Luo et al. (2014), compararam a produção de tilápias (*O. niloticus*) em sistema de bioflocos com um sistema de recirculação de água clara durante 87 dias, os resultados demonstraram que os animais produzidos no sistema BFT obtiveram melhor desempenho produtivo que os produzidos em sistema de recirculação de água clara, com melhorias de 22% no peso final individual, 28% no ganho de peso, 12% na TCE e na CAA uma redução de 18%. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, onde o sistema BFT com oferta de 3% do peso vivo de ração (BFT3) proporcionou melhorias significativas na maioria dos parâmetros avaliados em comparação ao tratamento em água clara (SAC), com ganhos de 20% para o CT e CP, de 73% para o peso, de 64% para TCE e uma redução de 39% na CAA. Do mesmo modo, por mais que o tratamento com oferta de 1,5% do peso vivo de ração (BFT1.5) não tenha apresentado diferenças significativas nas variáveis de desempenho produtivo, em comparação ao SAC, o mesmo apresenta vantagens devido a diminuição da oferta de ração, menor uso de água e melhor controle dos níveis de amônia na água.

No que diz respeito a sobrevivência, diversos estudos demonstram que o sistema BFT não afeta negativamente a sobrevivência dos animais, proporcionando sobrevivências acima de 85% para espécies de camarões e peixes (XU et al., 2012; XU & PAN, 2012; PÉREZ-

FUENTES et al., 2013; EKASARI et al., 2015; PÉREZ-FUENTES et al., 2016). No presente estudo, para os tratamentos com oferta de ração (SAC, BFT1.5 e BFT3) foi possível observar sobrevivências acima de 85%. No entanto, o tratamento sem oferta de ração proporcionou sobrevivência de apenas 50% dos animais cultivados. Wasielesky et al. (2006a), em estudo com a produção do camarão *L. vannamei* em sistema de água clara, sistema de bioflocos e sistema com mistura de bioflocos e água clara, sem alimentação, durante 20 dias, obtiveram maiores sobrevivências para os animais produzidos nos sistemas bioflocos (76,81 e 65,91% para o sistemas de bioflocos e sistema com mistura de bioflocos e água clara, respectivamente) em comparação com o sistema em água clara (38,18%), sugerindo a utilização do bioflocos como fonte alimentar pelos animais. Estes autores obtiveram sobrevivências maiores que no presente estudo, porém, em período experimental menor que o estudado em nosso experimento. Dessa forma, sugere-se que o bioflocos como fonte alimentar única não supre as necessidades nutritivas de guppys durante o período testado no experimento.

Estudos avaliando o efeito de diferentes taxas de alimentação nos sistemas de bioflocos são incipientes na literatura. No entanto, vários autores vêm demonstrando a possibilidade de diminuir os níveis de proteína nas rações ofertadas aos animais produzidos no sistema BFT, acarretando, do mesmo modo, a diminuição nos custos de produção. Em estudo realizado por Xu et al. (2012), os autores avaliaram a contribuição do bioflocos sobre a nutrição proteica do camarão *L. vannamei* alimentados com dietas com diferentes níveis de proteína (20, 25, 30 e 35% de PB) em sistema de bioflocos e em um sistema em água clara (dieta com 35% de PB), concluindo que o nível de proteína da dieta pode ser reduzido para 25% de proteína sem afetar o crescimento dos camarões quando produzidos em sistema BFT. No entanto, os camarões produzidos nos tratamentos com 30 e 35% de PB em sistema de bioflocos obtiveram melhor performance de crescimento (peso final, ganho de peso e TCE) quando comparados ao sistema em água clara, resultados semelhantes ao encontrados no presente experimento.

5 CONCLUSÕES

- ✓ Os tratamentos com bioflocos apresentaram melhor controle dos níveis de amônia da água em comparação ao tratamento em água clara;
- ✓ O tratamento com oferta de 3% do peso vivo de ração em sistema BFT proporcionou melhorias significativas nas variáveis produtivas em comparação ao tratamento em água clara com oferta de 3% do peso vivo de ração;
- ✓ O tratamento com oferta de 1,5% do peso vivo de ração em sistema BFT apresentou o mesmo desempenho produtivo do tratamento em água clara com oferta de 3% do peso vivo de ração, sendo possível uma redução de 50% da taxa de alimentação dos organismos cultivados em sistema BFT;
- ✓ O tratamento sem oferta de ração proporcionou sobrevivência de apenas 50% dos animais cultivados, demonstrando que o bioflocos como fonte alimentar única não supre as necessidades nutritivas de guppys durante o período testado no experimento;
- ✓ Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o sistema BFT pode ser empregado no cultivo de guppys (*Poecilia reticulata*), servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.

6 REFERÊNCIAS

- AHMAD, H. I.; VERMA, A. K.; RANI, A. B.; RATHORE, G.; SAHARAN, N.; GORA, A. H. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. **Aquaculture**, v. 457, p. 61-67, 2016.
- ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2ª edição. Editora da UFSC, 2004. 231p. Florianópolis, SC. Brasil.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1, p. 140-147, 2007.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.
- 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**, v. 283, p. 29–35, 2008.
- BAKAR, N. S. A.; NASIR, N. M.; LANANAN, F.; HAMID, S. H. A.; LAM, S. S.; JUSOH, A. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 102, p. 100-106, 2015.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI R. O.; EMERENCIANO M.; ABREU, L. DE; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 163-172, 2010.
- BERNARDINO, G.; PROENÇA, C. E. M. Agronegócios de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. **Revista Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 65, p. 14-24, maio/junho 2001.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer, Academic Publishers, 700 p., 1998.
- BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, n. 1, p. 525-537, 2004.
- CAMARGO, S. G. O. de; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura – Um mercado em Expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005.
- CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural engineering**, v. 34, n. 3, p. 179-197, 2006.

COE, C. de M.; FREITAS, M. C. de; ARAÚJO, R. C. P. de. Diagnóstico da cadeia produtiva de peixes ornamentais no município de Fortaleza, Ceará. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 23, n. 3, p. 107-114, 2011.

COHEN, J. M.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M.; GANDY, R. L.; LAWRENCE, A. L. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3, p. 425-442, 2005.

CORREIA, E. S.; WILKENFELD, J. S.; MORRIS, T. C.; WEI, L.; PRANGNELL, D. I.; SAMOCHA, T. M. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, v. 59, p. 48-54, 2014.

CRAB, R.; LAMBERT, A.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. **Journal of applied microbiology**, v. 109, n. 5, p. 1643-1649, 2010.

CUNHA, L.; GERALDO, A. M. R.; SILVA, V. C.; CARDOSO, M. D. S.; TAMAJUSUKU, A. S. K.; HOSHIBA, M. A. Clove Oil As Anesthetic For Guppy. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 729-735, 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**, v. 257, n. 1, p. 346-358, 2006.

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

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; BALLESTER, E.; POERSCH, L. H.; JUNIOR, W. W. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 31-39, 2012.

FUGIMURA, M. M. S.; FLOR, H. R.; WASIELESKY JR, W.; OSHIRO, L. M. Y. Criação do camarão *Litopenaeus schmitti* com diferentes salinidades e níveis de proteína na dieta em sistema de bioflocos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 4, p. 865-876, 2015.

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

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural engineering**, v. 34, n. 3, p. 344-363, 2006.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JUNIOR, C. A.; POERSCH, L. H. D. S.; FOES, G. K.; LARA, G. R. D.; WASIELESKY JUNIOR, W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de

bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v.21, n.125, p. 14-23, mai. / jun., 2011.

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

LOPES, D. L. D. A.; SUITA, S. M.; BUENO, C.; WASIELESKY JUNIOR, W. F. B.; POERSCH, L. H. D. S. Determinação da densidade de estocagem ótima do camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* produzindo em tecnologia de bioflocos durante a fase de berçário. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 113-120, 2012.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; FOGEL, I. C: N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, v. 452, p. 247-251, 2016.

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

ROSTIKA, R.; SUDARYONO., A. VANAME SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) JUVENILE GROWTH AT REDUCING FEEDING LEVEL IN THE BIOFLOCK CULTURE SYSTEM IN KARAWANG REGENCY, WEST JAVA, INDONESIA. **Lucrări Științifice - Seria Zootehnie**, v.62, p. 135-138, 2014.

RUBIN, A. J.; ELMARAGHY, G. A. Studies on the toxicity of ammonia, nitrate and their mixtures to guppy fry. **Water Research**, v. 11, n. 10, p. 927-935, 1977.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; DO ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATA, E. R. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59-70, 2013.

SILVA, U. L.; DE MELO, F. P.; SOARES, R. B.; SPANGHERO, D. B. N.; DE SOUZA CORREIA, E. Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SREEDEVI, P.R.; HARI, B. **The effect of varying carbon/ nitrogen (C/N) ratios on rearing of ornamental fish, guppy (*Lebistes reticulates*)**, In: Proceedings of the 19th Kerala Science Congress, January 29th -31st, Kannur, p. 420-422, 2007.

VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal. p. 111- 118, 2002.

WASIELESKY, W.J.; ATWOOD, H.I.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258: 396-403, 2006a.

WASIELESKY, W.; EMERECIANO, M.; BALLESTER, E.; SOARES, R.; CAVALLI, R.; ABREU, P. C. Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Revista Panorama da Aqüicultura**, v. 16, n. 96, p. 14-23, 2006b.

WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. **HAYATI Journal of Biosciences**, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.

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

XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350, p. 147-153, 2012.

ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L.; WANG, C. A.; LI, J.; WANG, L. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. **Aquaculture**, v. 434, p. 442-448, 2014.

5 CAPÍTULO II

PRODUÇÃO DE JUVENIS DE GUPPY (*Poecilia reticulata*) EM SISTEMA DE BIOFLOCOS SUBMETIDOS À RESTRIÇÃO ALIMENTAR

RESUMO

A aquicultura é uma atividade que encontra-se em constante desenvolvimento. Em contrapartida, esse desenvolvimento pode ser acompanhado pelo aumento dos impactos ambientais relacionados à atividade. Em vista disso, a utilização de sistemas de cultivo alternativos vêm sendo empregada para minimizar os impactos ambientais, diminuir o uso de alimento artificial e aumentar a produtividade dos animais. Um sistema que vem ganhando destaque na última década por atender todas estas demandas é o sistema de bioflocos. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho produtivo de guppys (*Poecilia reticulata*) submetidos à ciclos de restrição alimentar e realimentação em sistema de bioflocos. Para realização do experimento foram utilizados 270 espécimes de guppys ($12,10 \pm 0,13$ mm e $0,015 \pm 0,000$ g), distribuídos nos tratamentos ao acaso, sendo estocados quinze espécimes por unidade experimental. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, composto por três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos avaliados foram: sistema de água clara (controle) com alimentação diária (SAC), sistema enriquecido com bioflocos com alimentação durante cinco dias seguidos de dois dias de restrição de alimento (BFTR) e sistema enriquecido com bioflocos com alimentação diária (BFT). A cada quatorze dias foram realizadas biometrias para avaliação de peso (g), comprimento padrão e total (mm), taxa de crescimento específico (%), sobrevivência (%) e conversão alimentar aparente. Os animais foram produzidos até entrarem no período reprodutivo e os parâmetros de qualidade da água foram mensurados semanalmente. Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e à comparação das médias pelo teste de Tukey (5%). Os resultados demonstram que os sistemas de cultivo BFT com e sem restrição alimentar apresentaram melhor controle dos níveis de nitrito em comparação ao sistema em água clara. Os animais produzidos nos sistemas BFT atingiram o período reprodutivo na metade do tempo necessário para os animais produzidos em sistema de água clara, assim como apresentaram melhor desempenho produtivo (CT, CP, Peso, CAA e TCE). Dessa forma, o sistema BFT pode ser empregado no cultivo de guppys (*P. reticulata*), servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.

Palavras-chave: lebiste, nutrição, peixe ornamental, privação alimentar, proteína microbiana

ABSTRACT

Aquaculture is an activity that is in constant development. Conversely, this development may be accompanied by increased environmental impacts related to the activity. In view of this, the use of alternative farming systems have been employed to minimize environmental impacts, reduce the use of artificial food and increase the productivity of animals. A system that has been highlighted in the last decade to attend all these demands is biofloc system. Thus, the present study aimed to evaluate the performance of guppys (*Poecilia reticulata*) submitted to food restriction and refeeding cycles in biofloc system. For the experiment it were used 270 guppys specimens (12.10 ± 0.13 mm and 0.015 ± 0.000 g), distributed in the treatments at random, being stocked fifteen specimens in each experimental unit. The experimental design was completely randomized, with three treatments and six replications. The treatments were: clear water (control) system with daily food (CWS), biofloc technology system with food for five days followed by two days of food restriction (BFTR) and biofloc technology system with daily food (BFT). Every fourteen days, biometry were performed to assess weight (g), standard and total length (mm), specific growth rate (%), survival (%) and apparent feed conversion. The animals were maintained until they enter the reproductive period and water quality parameters were measured weekly. The data were submitted to ANOVA and the comparison of means by Tukey test (5%). The results demonstrate that BFT cultivation systems with and without feed restriction showed better control of nitrite levels compared to the system in clear water. Animals produced in BFT systems with and without food restriction reached the reproductive period at half time required for animals produced in clear water system, and showed better growth performance (TL, SL, Weight, FCR and SGW). Thus, BFT system can be employed in guppys (*P. reticulata*) farming, serving as a food source for organisms grown, improving growth performance and water quality parameters.

Key words: lebiste, nutrition, ornamental fish, food deprivation, microbial protein

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura pode ser definida como o cultivo controlado dos seres que têm na água o seu principal ou mais frequente ambiente de vida (CAMARGO & POUEY, 2005), trata-se de uma atividade bastante antiga e que vem destacando-se cada vez mais dentre as atividades agropecuárias, principalmente na produção de organismos direcionados para a alimentação humana e/ou animal e o cultivo para fins ornamentais (CARDOSO, 2011). Em contrapartida, o desenvolvimento das atividades aquícolas pode ser acompanhado pelo aumento dos impactos ambientais relacionados à atividade, causando o aumento da geração de efluentes que podem vir a eutrofizar o meio natural.

Diante disso, é extremamente importante que se desenvolvam técnicas que permitam reduzir os impactos ambientais, oriundos de efluentes ricos em nutrientes lançados pelos sistemas de produção tradicionais e descartados na natureza. Caso contrário, poderão existir consequências como a redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural e alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos (VALENTI, 2002).

Além desse, alguns outros aspectos também possuem importância na produção de organismos aquáticos, tais como o manejo alimentar. Este, se realizado de forma adequada se torna fundamental para o êxito na criação de organismos aquáticos. Estudos sobre o uso de ciclos de restrição alimentar/realimentação no manejo de peixes cultivados podem indicar estratégias mais econômicas para diminuir o custo da produção e evitar o desperdício de ração nos sistemas de criação (SOUZA et al., 2002; CARVALHO & URBINATI, 2005; ORTIZ et al., 2008). No entanto, a restrição alimentar se realizada sem os devidos cuidados pode causar redução da produtividade nos organismos cultivados, visto que é um processo que envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas para promover o ajuste biológico dos animais.

Em vista disso, a utilização de sistemas de cultivo vêm sendo empregados para minimizar os impactos ambientais, produzir fonte de alimento alternativa e aumentar a produtividade dos animais. Um sistema que vem ganhando destaque na última década por atender todas estas demandas é o sistema de bioflocos (Biofloc Technology – BFT System) (CRAB et al., 2012). O sistema de bioflocos é implantado através do controle da relação carbono:nitrogênio nos sistemas, onde é adicionada uma fonte extra de carbono para estimular o crescimento de bactérias heterotróficas que tem a capacidade de transformar os compostos nitrogenados presentes no cultivo em proteína microbiana, que poderá servir como uma fonte

extra de alimento aos organismos produzidos (WASIELESKY et al., 2006; EMERENCIANO et al., 2012). Dessa forma, é possível melhorar a qualidade da água e aumentar a produtividade dos animais, além de melhorar a sustentabilidade através da diminuição do uso dos recursos naturais (terra e água) (AVNIMELECH, 2005; KRUMMENAUER et al., 2014). Assim, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho produtivo de guppys (*Poecilia reticulata*) submetidos à ciclos de restrição alimentar e realimentação em sistema de bioflocos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local e data de execução do experimento:

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiana, Uruguaiana, Estado do Rio Grande do Sul, no período de junho a setembro de 2015, com duração de 70 dias, sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob o número de protocolo CEUA: 030/2015.

2.2 Unidades experimentais:

Para realização do experimento foram utilizados 18 aquários com capacidade de 14L (20 x 20 x 35 cm), dos quais foram preenchidos 10L. Em cada aquário foram adicionadas três mangueiras de 4mm de diâmetro, de onde foi injetado o ar necessário para manutenção do sistema por meio de um compressor de ar. As mangueiras foram coladas no fundo do aquário e o ar injetado de baixo para cima, possibilitando uma maior movimentação da água.

Os aquários foram mantidos dentro de uma estufa, construída com lona plástica transparente, para garantir o controle da temperatura entre as unidades experimentais. Cada aquário possuiu em seu interior, duas telas de 12 x 30 cm de dimensão, que foram penduradas de forma vertical dentro dos aquários, servindo de substrato para a formação do filme bacteriano.

2.3 Animais:

Para realização do experimento foram utilizados 270 espécimes de guppys (*Poecilia reticulata*) (comprimento total médio \pm erro padrão = 12,10 \pm 0,13 mm e peso médio \pm erro padrão = 0,015 \pm 0,000 g), com idade de aproximadamente 15 dias, provenientes da reprodução de matrizes puras localizadas no Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, Campus Uruguaiana. Os espécimes foram adquiridos de fêmeas da mesma linhagem para obtenção de um lote homogêneo de animais.

Os peixes foram distribuídos nos tratamentos ao acaso, sendo estocados 15 espécimes por unidade experimental. Para realização do experimento os peixes foram aclimatados desde o nascimento em uma caixa de polietileno com volume de 200L, com aeração constante e temperatura controlada, quando completaram duas semanas de vida foram distribuídos nas

unidades experimentais para início do experimento. Nesse período, a alimentação foi ofertada diariamente com ração comercial floculada (Alcon Basic) para peixes ornamentais com 45% de proteína bruta (expresso no rótulo do produto), às 9 e 17 horas, à vontade. Diariamente, o volume útil da caixa foi renovado em 30%.

2.4 Tratamentos:

Os tratamentos foram dispostos da seguinte maneira:

- ✓ Sistema de água clara (controle) com alimentação diária (**SAC**);
- ✓ Sistema enriquecido com bioflocos com alimentação durante cinco dias seguidos de dois dias de restrição de alimento (**BFTR**);
- ✓ Sistema enriquecido com bioflocos com alimentação diária (**BFT**).

No tratamento controle foi realizada a renovação de 40% da água dos aquários duas vezes por semana. Nos tratamentos enriquecidos com bioflocos não foi feita renovação, sendo realizada apenas a reposição das perdas por evaporação para manutenção do nível da água.

2.5 Manejo alimentar:

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã às 9h e pela tarde às 17h, com uma ração comercial floculada (Alcon Basic) para peixes ornamentais com 45% de proteína bruta (expresso no rótulo do produto), na proporção de 3% do peso vivo. A quantidade de ração fornecida foi corrigida a cada biometria.

2.6 Sistema bioflocos:

O bioflocos utilizado na produção experimental foi obtido de uma criação já estabelecida da espécie Acará do Congo (*Archocentrus nigrofasciatus*), produzido de acordo com o citado no capítulo I desta dissertação. Este procedimento foi realizado baseado em estudos que afirmam ser possível a reutilização da água dos sistemas BFT (KRUMMENAUER et al., 2012; 2014), obtendo como vantagem a otimização do tempo, não sendo preciso esperar a estabilização dos parâmetros de qualidade da água como ocorre na implantação de sistemas novos.

2.7 Controle da relação carbono:nitrogênio (C:N):

A relação C:N utilizada neste sistema foi a de 20:1 (20 partes de carbono para cada parte de nitrogênio), considerada eficiente para a família *Poecilia* por Sreedevi & Hari (2007). A fonte de carbono utilizada no estudo foi o melaço de cana de açúcar. A manutenção da relação C:N foi realizada três vezes por semana, introduzindo o melaço aos tratamentos com bioflocos.

Para introdução do melaço no sistema foi realizado um cálculo depois de cada biometria, com base na quantidade de nitrogênio da ração convertida em amônia (ΔN), na relação carbono e nitrogênio C:N adotada e no conteúdo de carbono presente no melaço (%C) conforme as equações a seguir, descritas por Silva et al. (2009):

$$\Delta \text{ Melaço} = [\Delta N \times (\text{C:N})] \times \%C^{-1} \quad (1)$$

$$\Delta N = \text{QRação} \times \%N\text{Ração} \times \%N\text{Excreção} \quad (2)$$

Onde:

QRação - quantidade de ração ofertada diariamente;

%NRação - quantidade de nitrogênio inserida no sistema (%Proteína Bruta x 6,25⁻¹);

%NExcreção - fluxo de amônia na água, diretamente da excreção ou indiretamente pela degradação microbiana de resíduos de nitrogênio orgânico.

A quantidade de melaço adicionada em cada unidade experimental foi calculada usando as Equações (1) e (2), ou seja:

$$\Delta \text{ Melaço} = [(\text{QRação} \times \%N\text{Ração} \times \%N\text{Excreção}) \times (\text{C:N})] \times \%C^{-1} \quad (3)$$

O melaço utilizado continha 30% de carbono. A ração ofertada aos animais era composta por 45% de proteína bruta (7,2%N) e considerando que 50% da concentração de nitrogênio da ração é excretada pelos animais, Avnimelech (1999) apresenta:

$$\Delta \text{ Melaço} = [(\text{QRação} \times 0,072 \times 0,5) \times (\text{C:N})] \times 0,30$$

$$\Delta \text{ Melaço} = \text{QRação} \times 0,0108 \times (\text{C:N}) \quad (4)$$

2.8 Parâmetros Limnológicos:

Durante o período experimental, o monitoramento da qualidade da água foi realizado duas vezes por semana com base nas variáveis físico-químicas: pH (pHmetro microprocessado de bancada modelo PG1800, Gehaka), turbidez (turbidímetro portátil

modelo HI98703, Hanna), amônia e nitrito (fotocolorímetro microprocessado portátil modelo AT 10P, Alfakit). E diariamente foram aferidos o oxigênio e a temperatura (medidor de oxigênio dissolvido modelo POL-60, Politerm). Todas as análises de água foram realizadas às 8:30h da manhã.

2.9 Biometrias:

As biometrias foram realizadas a cada 14 dias para avaliação de peso (g), comprimento padrão e total (mm), taxa de crescimento específico (%), sobrevivência (%) e conversão alimentar aparente. Para realização das biometrias, os peixes foram retirados dos aquários e anestesiados com óleo de cravo na concentração de 125 mg L⁻¹ (CUNHA et al., 2015).

O peso dos animais foi determinado com uma balança analítica digital de três casas decimais e os comprimentos com um paquímetro digital. A taxa de crescimento específico (TCE) e conversão alimentar aparente (CAA) foram calculadas através das fórmulas:

- ✓ TCE (% dia⁻¹) = [(ln (peso final) – ln (peso inicial)) /dias] x 100, em que: ln= logaritmo neperiano;
- ✓ CAA = Qr/(peso final – peso inicial), em que: Qr= quantidade de ração fornecida.

Os animais foram produzidos até entrarem no período reprodutivo, apresentando características como: dimorfismo sexual aparente (fêmeas com o ventre abaulado e machos com o gonopódio, aparelho reprodutor masculino, desenvolvido e aparente) e perseguição dos machos sob as fêmeas para acasalamento. Adotamos essa metodologia para que as variáveis reprodutivas não interferissem nos resultados de desempenho produtivo, assim como, para avaliar se o bioflocos é capaz de adiantar o período reprodutivo dos animais, visto que, nesta fase, os mesmos já estão aptos à comercialização.

2.10 Análise estatística e delineamento experimental:

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por 18 aquários, com três tratamentos e seis repetições.

Os dados foram verificados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene e posteriormente foi feita a comparação das médias pelo teste de Tukey (5%), por meio do programa estatístico SAS 9.0. Os resultados foram apresentados como médias \pm erro padrão da média.

3 RESULTADOS

3.1 Parâmetros físicos e químicos da qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água, temperatura, oxigênio dissolvido e amônia não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$). No entanto, as variáveis pH, nitrito e turbidez foram significativamente diferentes ($P<0,05$) (Tabela 1).

TABELA 1 - Parâmetros de qualidade da água, dos sistemas de produção de guppys (*Poecilia reticulata*) em água clara e em bioflocos com e sem restrição alimentar.

Parâmetros de qualidade da água	Tratamentos		
	SAC	BFTR	BFT
Temperatura (°C)	26,64 ± 0,17	26,83 ± 0,17	26,97 ± 0,17
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	7,39 ± 0,05	7,26 ± 0,05	7,23 ± 0,05
pH	8,75 ± 0,00 ^B	8,97 ± 0,01 ^A	8,95 ± 0,01 ^A
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,06	0,24 ± 0,06
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,07 ± 0,02 ^A	0,00 ± 0,00 ^B	0,01 ± 0,00 ^B
Turbidez (NTU)	0,56 ± 0,04 ^B	3,11 ± 0,54 ^A	3,55 ± 0,52 ^A

Valores médios ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

3.2 Desempenho produtivo dos animais

Os animais dos tratamentos com bioflocos (BFTR e BFT) atingiram o período reprodutivo em 70 dias, momento em que encerramos o período experimental para comparação das variáveis analisadas entre todos os tratamentos. No entanto, os peixes do tratamento SAC atingiram o período reprodutivo em 140 dias.

A partir do 14º dia experimental, os tratamentos com bioflocos (BFTR e BFT) começaram a apresentar superioridade ($P<0,05$) em relação ao tratamento SAC, para as variáveis comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) e peso. O CP só foi mensurado a partir da segunda biometria, pois na primeira os animais ainda eram muito pequenos, inviabilizando a mensuração do mesmo. Ao final do período experimental os animais dos tratamentos BFTR e BFT não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre si para as variáveis CT e CP, sendo superiores ($P<0,05$) ao tratamento SAC. Já para variável peso todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$), no entanto, os tratamentos com bioflocos foram superiores ($P<0,05$) ao tratamento controle (Figuras 1, 2 e 3).

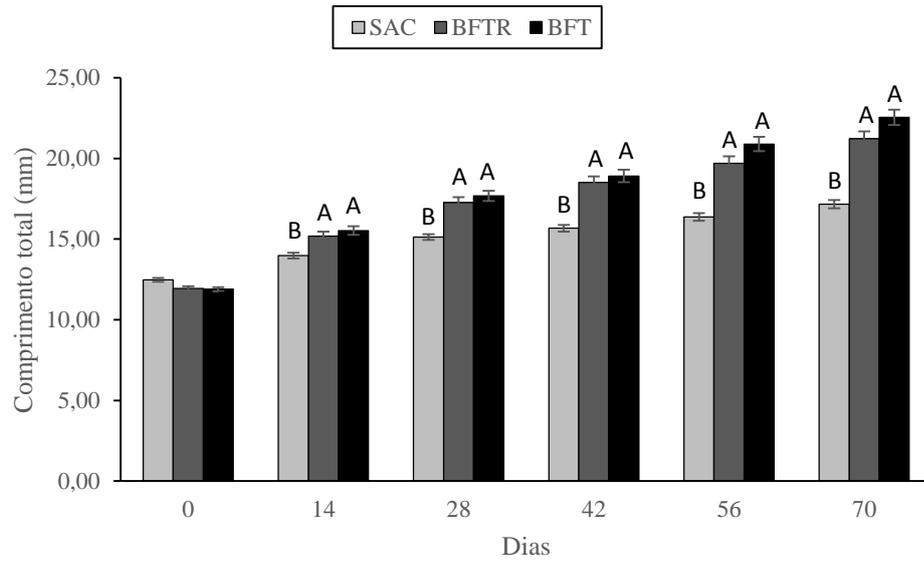


FIGURA 1 – Comprimento total (mm) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

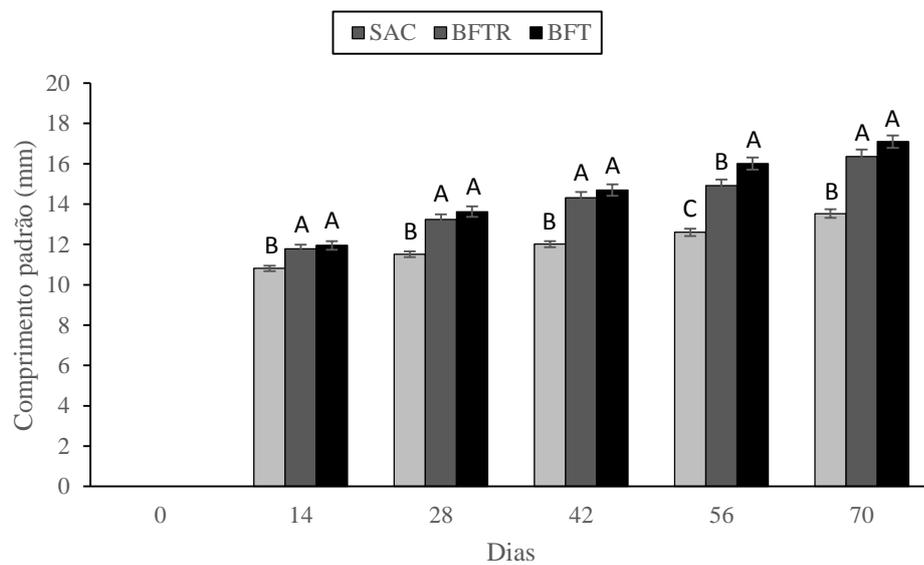


FIGURA 2 – Comprimento padrão (mm) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

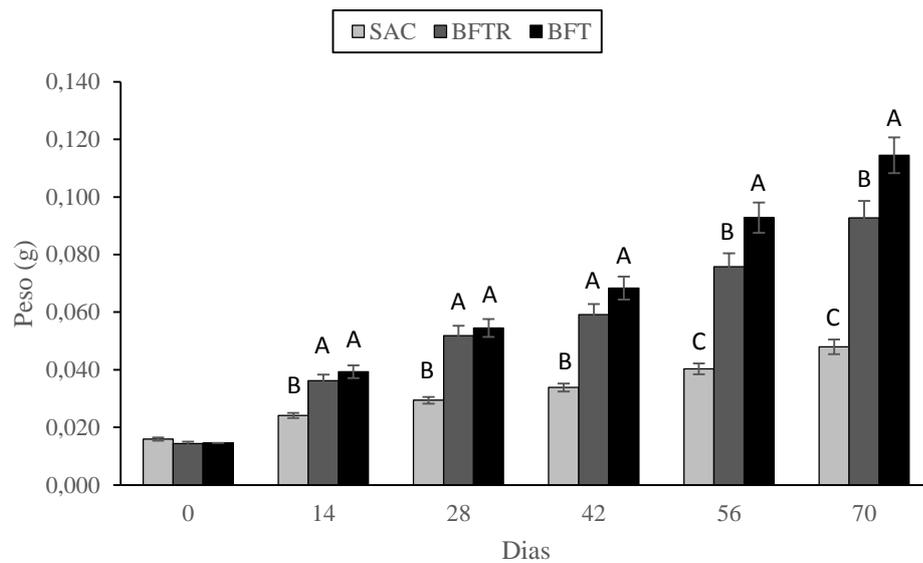


FIGURA 3 – Peso (g) de guppies (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

A taxa de crescimento específico (TCE) apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo os tratamentos com bioflocos (BFTR e BFT) superiores ($P < 0,05$) ao tratamento controle (SAC) (Tabela 2).

TABELA 2 – Taxa de crescimento específico (%) de guppies (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

Tratamentos	Taxa de crescimento específico (%)
SAC	$1,58 \pm 0,07^C$
BFTR	$2,46 \pm 0,17^B$
BFT	$2,90 \pm 0,10^A$

Valores médios \pm erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A conversão alimentar aparente (CAA) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos BFTR e BFT, sendo o tratamento SAC mais elevado que os demais ($P < 0,05$).

TABELA 3 – Conversão alimentar aparente de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

Tratamentos	Conversão alimentar aparente (%)	
	42 dias	70 dias
SAC	1,66 ± 0,09 ^A	1,91 ± 0,11 ^A
BFTR	0,72 ± 0,07 ^B	0,96 ± 0,07 ^B
BFT	0,87 ± 0,06 ^B	1,16 ± 0,03 ^B

Valores médios ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A sobrevivência não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$), apresentando valor médio de $81,48 \pm 3,60$ % (Figura 4).

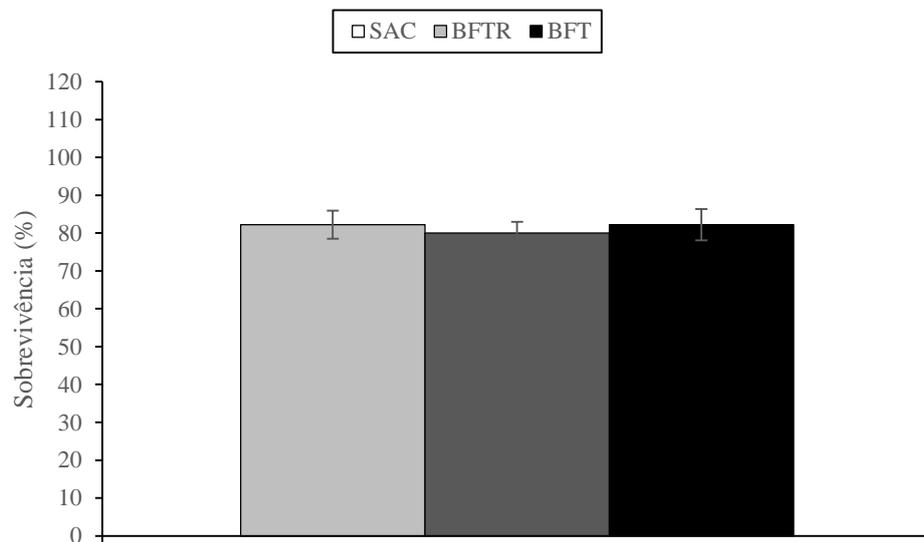


FIGURA 4 – Sobrevivência (%) de guppys (*Poecilia reticulata*) produzidos em sistemas de cultivo em água clara e bioflocos com e sem restrição alimentar.

4 DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade da água, temperatura, oxigênio dissolvido e amônia não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e estiveram próximo dos limites recomendados para a produção de peixes (BOYD & TUCKER, 1998). Apenas alguns parâmetros apresentaram diferenças expressivas entre os tratamentos com bioflocos e água clara.

O nitrito apresentou maior média no tratamento em água clara (SAC), do que nos bioflocos (BFTR e BFT). Em estudo realizado por Krummenauer et al. (2012), avaliando o uso de diferentes porcentagens de reutilização da água de cultivo (água clara (0), 2,5, 10 e 100% de reutilização de água) do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em sistema de bioflocos, o tratamento com 100% de reutilização de água apresentou concentrações menores de amônia em quase todo o período experimental. Além disso, os níveis de nitrito foram superiores para o tratamento sem a reutilização da água, quando comparado aos com reutilização. Resultados semelhantes também foram encontrados por Krummenauer et al. (2014), na produção da mesma espécie em sistema BFT com reutilização de 0, 25, 50, 75, e 100% da água, nos tratamentos com reutilização do bioflocos os níveis de amônia e nitrito mantiveram-se mais estáveis que no sem reutilização, sugerindo que o uso da mesma água ao longo de vários ciclos de produção em sistema de bioflocos pode ser altamente benéfico. No presente estudo foi aplicada a metodologia de utilização de um bioflocos já estabelecido em produção anterior, obtendo como vantagens o menor uso e maior controle dos parâmetros de qualidade da água, visto que a amônia não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e manteve-se em níveis adequados para a espécie, assim como o nitrito manteve-se dentro dos limites toleráveis para produção de peixes (RUBIN & ELMARAGHY, 1977; BOYD & TUCKER, 1998).

Os valores de pH apresentaram superioridade ($P < 0,05$) nos tratamentos com bioflocos em relação ao em água clara. Resultado que difere dos encontrados na literatura, onde os autores geralmente verificam a ocorrência de declínio dos níveis de pH em sistema BFT, devido ao consumo da alcalinidade pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes que formam os bioflocos (FURTADO et al., 2011). No entanto, em todos os tratamentos o pH manteve-se em níveis adequado para produção de peixes.

A turbidez foi superior ($P < 0,05$) nos tratamentos com bioflocos em comparação ao água clara, devido provavelmente a uma maior concentração da comunidade microbiana em

suspensão na água dos cultivos em sistema BFT (EBELING et al., 2006; SCHVEITZER et al., 2013).

Com relação aos parâmetros de desempenho produtivo, no presente estudo, avaliamos se a presença do bioflocos nos sistemas de cultivo poderia adiantar o período reprodutivo dos animais em comparação aos sistemas de produção convencionais, visto que, nesta fase, os animais já apresentam características favoráveis à comercialização, obtendo como resultado a entrada no período reprodutivo dos animais produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar na metade do tempo necessário para os animais produzidos em sistema de água clara (em 70 dias para o sistema BFT e 140 dias para o sistema em água clara). Diante disso, alguns estudos vêm relatando benefícios no desempenho reprodutivo dos animais produzidos em sistema BFT. Cardona et al. (2016) na produção de reprodutores do camarão *Litopenaeus stylirostris* em sistema bioflocos e em água clara, obtiveram maiores taxas de sobrevivência e melhor estado de saúde dos reprodutores cultivados em sistema BFT, do que para os produzidos em água clara. Além disso, foram obtidas maiores taxa e frequência de desova, bem como maior índice gonadossomático e número de ovos gerados. Por fim, as larvas produzidas pelos camarões do sistema BFT também apresentaram maiores índices de sobrevivência do que as dos camarões produzidos em água clara. Os autores atrelam estes resultados a riqueza de lipídeos presentes no bioflocos como fonte alimentar para os animais, particularmente fosfolipídios essenciais para os processos de vitelogênese, embriogênese e na alimentação larval. Do mesmo modo, Ekasari et al. (2015) na produção de reprodutores de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de bioflocos e água clara, conseguiram maior sobrevivência das larvas obtidas dos animais mantidos nos sistemas BFT, do que os produzidos em água clara. Dessa forma, fica evidenciado mais um possível benefício da utilização do sistema BFT para produção de organismos aquáticos, sobretudo, os peixes ornamentais, que não têm sua venda relacionada ao ganho de peso, como espécies comerciais, mas sim a seu rápido desenvolvimento, como foi demonstrado no presente estudo. Do mesmo modo, pode-se observar que no sistema BFT a restrição alimentar não teve efeito retardatório no desempenho reprodutivo dos animais.

Estudos sobre o uso de ciclos de restrição alimentar/realimentação no manejo de peixes e camarões cultivados, podem indicar estratégias mais econômicas para diminuir o custo da produção e evitar o desperdício de ração nos sistemas de criação (SOUZA et al., 2002; CARVALHO & URBINATI, 2005; CHAGAS et al., 2005; CACHO et al., 2007). No entanto, a restrição de alimento envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas que podem causar redução da produtividade dos organismos cultivados. Em estudo realizado por

Arauco & Costa (2012), tilápias (*O. niloticus*) foram produzidas com três diferentes regimes alimentares: (A) alimento fornecido diariamente; (B) alimento fornecido dia sim e dia não e (C) alimento fornecido uma vez a cada 2 dias, os autores constataram que os animais alimentados uma vez a cada 2 dias tiveram desempenho inferior aos alimentados diariamente.

Diante disso, o sistema BFT surge como uma alternativa alimentar para produção de organismos aquáticos, podendo proporcionar desde a diminuição da oferta de ração (ROSTIKA & SUDARYONO, 2014) até a diminuição dos níveis de proteína nas rações (WASIELESKY et al., 2006; Xu & Pan, 2014), assim como suprir as necessidades alimentares de organismos submetidos à períodos de restrição alimentar. Desse forma, no presente experimento foram avaliadas as variáveis de desempenho produtivo comprimento total, padrão e peso, onde mais uma vez os animais produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar apresentaram melhor desempenho frente aos cultivados no sistema de água clara, demonstrando que os organismos cultivados utilizaram o bioflocos como fonte de alimento extra, otimizando ainda mais o seu potencial produtivo.

Com relação a conversão alimentar aparente, diversos estudos vêm encontrando valores de CAA abaixo de 1 para organismos produzidos em sistemas BFT. Cohen et al. (2005), afirmam que as bactérias heterotróficas presentes no bioflocos assimilam os produtos nitrogenados do sistema e convertem em proteína microbiana, que por sua vez são consumidas pelos organismos cultivados reduzindo a conversão alimentar, resultados que corroboram com o presente estudo, em que os animais cultivados nos tratamentos com BFT com ou sem restrição alimentar obtiveram valores de CAA próximos a 1 e melhores que os produzidos em água clara. Resultados semelhantes aos encontrados por Azim & Little (2008) na produção de tilápias (*O. niloticus*) em sistema BFT com oferta de dietas com 24 e 35% proteína e em um sistema de água clara com oferta de dieta com 35% proteína, a CAA foi menor para os organismos cultivados nos sistemas BFT independentemente do nível de proteína das dietas. Assim como em estudo realizado por Zhao et al. (2014), com a produção de carpas (*Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix* e *Aristichthys nobilis*) submetidas à diferentes relações C:N no sistema bioflocos, os autores constataram que as taxas de conversão alimentar foram diminuindo com o aumento das relações C:N, possivelmente devido ao maior acúmulo de bactérias heterotróficas estimuladas pelo carbono presente no sistema, acarretando maior disponibilidade de proteína microbiana nos sistemas.

Do mesmo modo, estudos relatam vantagens a respeito de melhorias nas taxas de crescimento específico dos animais produzidos em sistema BFT. Xu et al. (2012), avaliaram a contribuição do bioflocos sobre a nutrição proteica do camarão *L. vannamei* alimentados com

dietas com diferentes níveis de proteína (20, 25, 30 e 35% de PB) em sistema de bioflocos e em um sistema em água clara (dieta com 35% de PB), onde os camarões produzidos nos tratamentos com 30 e 35% de PB em sistema BFT obtiveram melhor TCE quando comparados ao sistema em água clara, resultado que corrobora com o encontrado no presente experimento, onde os animais que foram produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar apresentaram TCE superior aos produzidos em água clara com oferta de ração contínua.

No que diz respeito a sobrevivência, diversos estudos demonstram que o sistema BFT não afeta negativamente a sobrevivência dos animais, proporcionando muitas vezes melhores sobrevivências para os organismos produzidos nos sistemas BFT em comparação aos cultivados em água clara (EKASARI et al., 2015; PÉREZ-FUENTES et al., 2016). No presente estudo, o bioflocos não interferiu sobre a sobrevivência dos animais, visto que não apresentou diferença em relação aos animais produzidos em água clara.

5 CONCLUSÕES

- ✓ Os sistemas de cultivo BFT com e sem restrição alimentar apresentaram melhor controle dos níveis de nitrito em comparação ao sistema em água clara;
- ✓ Os animais produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar atingiram a fase de comercialização (caracterizada pela entrada no período reprodutivo) na metade do tempo necessário para os animais produzidos em sistema de água clara;
- ✓ Os animais produzidos nos sistemas BFT com e sem restrição alimentar apresentaram melhor desempenho produtivo (CT, CP, Peso, CAA e TCE) frente aos cultivados no sistema de água clara;
- ✓ Os animais produzidos no sistema BFT com restrição alimentar obtiveram desempenho produtivo superior aos produzidos em sistema de água clara com alimentação contínua, demonstrando ser possível a utilização de períodos de privação alimentar aos organismos produzidos em sistema BFT;
- ✓ Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o sistema BFT pode ser empregado no cultivo de guppys (*Poecilia reticulata*), servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.

6 REFERÊNCIAS

- ARAUCO, L. R. R.; COSTA, V. B. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 134-138, 2012.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. **Global Aquaculture Advocate**, p.57-58, 2005.
- 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**, v. 283, p. 29–35, 2008.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer, Academic Publishers, 700 p., 1998.
- CACHO, J.; SANTOS, D.; FREIRE, F.; LUCHIARI, A.; PONTES, C. **Avaliação do Crescimento Compensatório do Camarão Branco Juvenil *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931), em Condições De Laboratório**. In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro, Caxambu – MG, 2007.
- CAMARGO, S. G. O. de; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura – Um mercado em Expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005.
- CARDONA, E.; LORGEUX, B.; CHIM, L.; GOGUENHEIM, J.; LE DELLIOU, H.; CAHU, C. Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: Consequences for the quality of eggs and larvae. **Aquaculture**, v. 452, p. 252-262, 2016.
- CARDOSO, R. S. **Caracterização da aquicultura ornamental na Zona da Mata Mineira**. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- CARVALHO, E. G.; URBINATI, E. C. Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxas (*Brycon cephalus*) submetidos a restrição alimentar e realimentação durante um ano. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 897-902, 2005.
- CHAGAS, E. C.; DE CARVALHO GOMES, L.; JÚNIOR, H. M.; ROUBACH, R.; DE PAULA LOURENÇO, J. N. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 833-835, 2005.
- COHEN, J. M.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M.; GANDY, R. L.; LAWRENCE, A. L. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3, p. 425-442, 2005.

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

CUNHA, L.; GERALDO, A. M. R.; SILVA, V. C.; CARDOSO, M. D. S.; TAMAJUSUKU, A. S. K.; HOSHIBA, M. A. Clove Oil As Anesthetic For Guppy. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 729-735, 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**, v. 257, n. 1, p. 346-358, 2006.

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

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

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

KRUMMENAUER, D.; SAMOCHA, T.; POERSCH, L.; LARA, G.; WASIELESKY, W. The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JUNIOR, C. A.; POERSCH, L. H. D. S.; FOES, G. K.; LARA, G. R. D.; WASIELESKY JUNIOR, W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

ORTIZ, J. C.; SÁNCHEZ, S.; ROUX, J. P.; GONZÁLEZ, A. O. Crecimiento Compensatorio de Juveniles de Pacú (*Piaractus Mesopotamicus* Holmberg, 1887) en Diferentes Sistemas de Alimentación. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 2, p. 251 - 258, 2008.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; FOGEL, I. C. N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, v. 452, p. 247-251, 2016.

ROSTIKA, R.; SUDARYONO, A. VANAME SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) JUVENILE GROWTH AT REDUCING FEEDING LEVEL IN THE BIOFLOCK CULTURE SYSTEM IN KARAWANG REGENCY, WEST JAVA, INDONESIA. **Lucrări Științifice - Seria Zootehnie**, v.62, p. 135-138, 2014.

RUBIN, A. J.; ELMARAGHY, G. A. Studies on the toxicity of ammonia, nitrate and their mixtures to guppy fry. **Water Research**, v. 11, n. 10, p. 927-935, 1977.

- SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; DO ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59-70, 2013.
- SILVA, U. L.; DE MELO, F. P.; SOARES, R. B.; SPANGHERO, D. B. N.; DE SOUZA CORREIA, E. Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.
- SOUZA, V. L.; URBINATI, E. C.; GONÇALVES, D. C.; SILVA, P. C. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta Scientiarum: Biological and Health Sciences**, v. 24, n. 2, p. 533-540, 2002.
- SREEDEVI, P.R.; HARI, B. **The effect of varying carbon/ nitrogen (C/N) ratios on rearing of ornamental fish, guppy (*Lebistes reticulates*)**, In: Proceedings of the 19th Kerala Science Congress, January 29th -31st, Kannur, p. 420-422, 2007.
- VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal. p. 111- 118, 2002.
- WASIELESKY, W.J.; ATWOOD, H.I.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258: 396-403, 2006.
- XU, W. J.; PAN, L. Q. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. **Aquaculture**, v. 426, p. 181-188, 2014.
- XU, W. J.; PAN, L. Q.; ZHAO, D. H.; HUANG, J. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v. 350, p. 147-153, 2012.
- ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L.; WANG, C. A.; LI, J.; WANG, L. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. **Aquaculture**, v. 434, p. 442-448, 2014.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nos dois capítulos dessa dissertação pode-se concluir que:

- ✓ Juvenis de guppys (*P. reticulata*) podem ser mantidos em sistema de bioflocos sem renovação de água;
- ✓ Juvenis de guppys (*P. reticulata*) apresentam desempenho favorecido em sistema de bioflocos em comparação aos sistemas de água clara;
- ✓ Juvenis de guppys (*P. reticulata*) demonstraram utilizar o bioflocos como fonte de alimento suplementar, sendo possível uma redução de 50% da taxa de alimentação dos organismos cultivados nesse sistema, assim como a utilização de períodos de privação alimentar (5 dias de alimentação seguidos de 2 dias de restrição de alimento);
- ✓ O bioflocos como fonte alimentar única não supre as necessidades nutritivas de guppys durante longo período de produção, ocasionando baixa sobrevivência;
- ✓ Juvenis de guppys (*P. reticulata*) produzidos em sistema de bioflocos atingem o período reprodutivo na metade do tempo necessário para os animais produzidos em sistema de água clara;
- ✓ O sistema de bioflocos proporciona melhor controle dos compostos nitrogenados (amônia e nitrito) presentes na água do cultivo de guppys (*P. reticulata*);
- ✓ Dessa forma, conclui-se que o sistema de bioflocos pode ser empregado no cultivo de guppys (*P. reticulata*), servindo como fonte alimentar aos organismos cultivados, melhorando o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade da água.
- ✓ Novos estudos devem ser realizados, mas os dados deste trabalho indicam que o sistema de bioflocos pode potencializar a produção de peixes ornamentais, reduzindo o tempo de crescimento dos juvenis até a fase adulta e diminuindo os gastos com alimentação e com o manejo alimentar, tudo isso aliado a melhor utilização da água.

7 REFERÊNCIAS

- AHMAD, H. I.; VERMA, A. K.; RANI, A. B.; RATHORE, G.; SAHARAN, N.; GORA, A. H. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. **Aquaculture**, v. 457, p. 61-67, 2016.
- ALVES, D. R. et al. Ocorrência de *Camallanus cotti* (Nematoda: Camallanidae) parasitando o guppy *Poecilia reticulata* (Osteichthyes: Poeciliidae) no Brasil. **Revista da Universidade Federal Rural -Série Ciências da Vida**, v.22, p.77-79, 2000.
- ANAND, P. S.; KOHLI, M. P. S.; KUMAR, S.; SUNDARAY, J. K.; ROY, S. D.; VENKATESHWARLU, G.; SINHA, A.; PAILAN, G. H. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. **Aquaculture**, v. 418, p. 108-115, 2014.
- ARAUCO, L. R. R.; COSTA, V. B. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Comunicata Scientiae**, v. 3, n. 2, p. 134-138, 2012.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. **Global Aquaculture Advocate**, p.57-58, 2005.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. **Aquacultural engineering**, v. 34, n. 3, p. 172-178, 2006.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n. 1, p. 140-147, 2007.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C.; BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 9, p. 3590-3599, 2008.
- 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**, v. 283, p. 29-35, 2008.
- BAKAR, N. S. A.; NASIR, N. M.; LANANAN, F.; HAMID, S. H. A.; LAM, S. S.; JUSOH, A. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing Bioflocs Technology. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 102, p. 100-106, 2015.
- BALLESTER, E. L. C.; ABREU, P. C.; CAVALLI R. O.; EMERENCIANO M.; ABREU, L. DE; WASIELESKY JR, W. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 163-172, 2010.

BAUER, W.; PRENTICE-HERNANDEZ, C.; TESSER, M. B.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 342, p. 112-116, 2012.

BERNARDINO, G.; PROENÇA, C. E. M. Agronegócios de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. **Revista Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 65, p. 14-24, maio/junho 2001.

BOSMA, R. H.; VERDEGEM, M. C. Sustainable aquaculture in ponds: principles, practices and limits. **Livestock science**, v. 139, n. 1, p. 58-68, 2011.

BURFORD, M. A.; THOMPSON, P. J.; MCINTOSH, R. P.; BAUMAN, R. H.; PEARSON, D. C. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, n. 1, p. 525-537, 2004.

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

CACHO, J.; SANTOS, D.; FREIRE, F.; LUCHIARI, A.; PONTES, C. **Avaliação do Crescimento Compensatório do Camarão Branco Juvenil *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931), em Condições De Laboratório**. In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro, Caxambu – MG, 2007.

CAMARGO, S. G. O. de; POUHEY, J. L. O. F. Aquicultura – Um mercado em Expansão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 393-396, 2005.

CARDONA, E.; LORGEUX, B.; CHIM, L.; GOGUENHEIM, J.; LE DELLIOU, H.; CAHU, C. Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: Consequences for the quality of eggs and larvae. **Aquaculture**, v. 452, p. 252-262, 2016.

CARDOSO, R. S. **Caracterização da aquicultura ornamental na Zona da Mata Mineira**. 56f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CARVALHO, E. G.; URBINATI, E. C. Crescimento, desenvolvimento gonadal e composição muscular de matrinxas (*Brycon cephalus*) submetidos a restrição alimentar e realimentação durante um ano. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 897-902, 2005.

CASTILHO, G. G.; PEREIRA, L. A.; PIE, M. R. **AQÜICULTURA, SEGURANÇA ALIMENTAR, SANIDADE E MEIO AMBIENTE**. Pág 183-208. Em: Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer. Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca: FAO, 2008.

CHAGAS, E. C.; DE CARVALHO GOMES, L.; JÚNIOR, H. M.; ROUBACH, R.; DE PAULA LOURENÇO, J. N. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 8, p. 833-835, 2005.

COHEN, J. M.; SAMOCHA, T. M.; FOX, J. M.; GANDY, R. L.; LAWRENCE, A. L. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. **Aquacultural Engineering**, v. 32, n. 3, p. 425-442, 2005.

CORREIA, E. S.; WILKENFELD, J. S.; MORRIS, T. C.; WEI, L.; PRANGNELL, D. I.; SAMOCHA, T. M. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, v. 59, p. 48-54, 2014.

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

CRAB, R.; LAMBERT, A.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. **Journal of applied microbiology**, v. 109, n. 5, p. 1643-1649, 2010.

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**, v. 257, n. 1, p. 346-358, 2006.

EKASARI, J.; AZHAR, M. H.; SURAWIDJAJA, E. H.; NURYATI, S.; DE SCHRYVER, P.; BOSSIER, P. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish & shellfish immunology**, v. 41, n. 2, p. 332-339, 2014.

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

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

FAO. The state of world fisheries and aquaculture, overview. **INFOFISH Internacional**, Kuala Lumpur, 5/97, p. 17-20, 1997.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and challenges**. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014.

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; BALLESTER, E.; POERSCH, L. H.; JUNIOR, W. W. Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 31-39, 2012.

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L. H.; JUNIOR, W. W. Densidade de estocagem na engorda de camarão-branco cultivado em sistema de bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 8, p. 878-884, 2013.

FUGIMURA, M. M. S.; FLOR, H. R.; WASIELESKY JR, W.; OSHIRO, L. M. Y. Criação do camarão *Litopenaeus schmitti* com diferentes salinidades e níveis de proteína na dieta em sistema de bioflocos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 4, p. 865-876, 2015.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural engineering**, v. 34, n. 3, p. 344-363, 2006.

HARI, B.; KURUP, B. M.; VARGHESE, J. T.; SCHRAMA, J. W.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 241, n. 1, p. 179-194, 2004.

HOPKINS, J. S.; HAMILTON, R. D.; SANDIER, P. A.; BROWDY, C. L.; STOKES, A. D. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 24, n. 3, p. 304-320, 1993.

HOPKINS, J. S.; SANDIFER, P. A.; BROWDY, C. L. Effect of two feed protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 26, n. 1, p. 93-97, 1995.

KRUMMENAUER, D.; LARA, G.; FÓES, G.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Sistema De Bioflocos: É Possível Reutilizar A Água Por Diversos Ciclos? **Revista Panorama da Aqüicultura**, 2013.

KRUMMENAUER, D.; SAMOCHA, T.; POERSCH, L.; LARA, G.; WASIELESKY, W. The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JUNIOR, C. A.; POERSCH, L. H. D. S.; FOES, G. K.; LARA, G. R. D.; WASIELESKY JUNIOR, W. Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: Principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Revista Panorama da Aqüicultura**, v. 25, n. 150, p. 10-23, Julho/Agosto 2015.

KUBITZA, F. Criação de tilápias em sistema com bioflocos sem renovação de água. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, RJ: SRG Gráfica e Editora Ltda, v.21, n.125, p. 14-23, mai. / jun., 2011.

KUHN, D. D.; BOARDMAN, G. D.; LAWRENCE, A. L.; MARSH, L.; FLICK, G. J. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. **Aquaculture**, v. 296, n. 1, p. 51-57, 2009.

LIMA, A. O.; BERNARDINO, G.; PROENÇA, C. E. M. de. Agronegócio de peixes ornamentais. **Revista Panorama da Aqüicultura**, v. 11, n. 65, p. 14-24, 2001.

- LIMA, E. C. R. D.; SOUZA, R. L. D.; WAMBACH, X. F.; SILVA, U. L.; CORREIA, E. D. S. Cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 4, 2015.
- LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 135-141, 2015.
- LOPES, D. L. D. A.; SUITA, S. M.; BUENO, C.; WASIELESKY JUNIOR, W. F. B.; POERSCH, L. H. D. S. Determinação da densidade de estocagem ótima do camarão rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* produzindo em tecnologia de bioflocos durante a fase de berçário. **Atlântica**, Rio Grande, v. 34, n. 2, p. 113-120, 2012.
- LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D., LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v. 422, n. 1-7, 2014.
- MCINTOSH, R.P.; AVNIMELECH, Y. New production technologies. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4, n. 4, p. 54-56, 2001.
- METAXA, E.; DEVILLER, G.; PAGAND, P.; ALLIAUME, C.; CASELLAS, C.; BLANCHETON, J. P. High rate algal pond treatment for water reuse in a marine fish recirculation system: Water purification and fish health. **Aquaculture**, v. 252, n. 1, p. 92-101, 2006.
- MISHRA, J. K.; SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; GANDY, R. L.; ALI, A. M. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v. 38, n. 1, p. 2-15, 2008.
- MONROY-DOSTA, M. D. C.; LARA-ANDRADE, D.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; COELHO-EMERENCIANO, M. G. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v.48, p.511-520, 2013.
- MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010.
- OECD-FAO. OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations, **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024**, Paris, 2015.
- PÉREZ-FUENTES, J. A.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; FOGEL, I. C. N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. **Aquaculture**, v. 452, p. 247-251, 2016.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Vida, 2001. 328 p.

REZENDE, F. P. **Intensificação da coloração em peixes ornamentais com uso e rações enriquecidas com pigmentos naturais**. 128f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2010.

RIBEIRO, F. de A. S.; LIMA, M. T.; FERNANDES, C. J. B. K. Panorama do mercado de organismos aquáticos ornamentais. **Boletim Sociedade Brasileira de Limnologia**, Mossoró, v. 38, n.2, p. 1-9, 2010.

ROCHA, A. F. D.; ABREU, P. C. O. V. D.; 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**, Rio Grande, v. 34, n. 1, p. 63-74, 2012.

ROSTIKA, R.; SUDARYONO., A. VANAME SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) JUVENILE GROWTH AT REDUCING FEEDING LEVEL IN THE BIOFLOCK CULTURE SYSTEM IN KARAWANG REGENCY, WEST JAVA, INDONESIA. **Lucrări Științifice - Seria Zootehnie**, v.62, p. 135-138, 2014.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; BROCK, D. L. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Engineering**, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SCHRADER, K. K.; GREEN, B. W.; PERSCHBACHER, P. W. Development of phytoplankton communities and common off-flavors in a biofloc technology system used for the culture of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquacultural engineering**, v. 45, n. 3, p. 118-126, 2011.

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

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; DO ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, W. Q.; ANDREATTA, E. R. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 56, p. 59-70, 2013.

SCOPEL, B. R.; SCHVEITZER, R.; SEIFFERT, W. Q.; PIERRI, V.; ARANTES, R. D. F.; VIEIRA, F. D. N.; VINATEA, L. A. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 928-934, 2011.

SILVA, C. F.; BALLESTER, E.; MONSERRAT, J.; GERACITANO, L.; WASIELESKY JR W.; ABREU, P. C. Contribution of microorganisms to the biofilm nutritional quality: protein and lipid contents. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 6, p. 507-514, 2008.

SILVA, J. F. **Desempenho zootécnico e fisiologia digestiva do *Litopenaeus vannamei* submetidos a cultivos de bioflocos e águas claras**. 164f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

- SILVA, U. L.; DE MELO, F. P.; SOARES, R. B.; SPANGHERO, D. B. N.; DE SOUZA CORREIA, E. Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.
- SOUZA, D. M.; BORGES, V. D.; FURTADO, P.; ROMANO, L. A.; WASIELESKY, W.; MONSERRAT, J. M.; DE OLIVEIRA GARCIA, L. Antioxidant enzyme activities and immunological system analysis of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology (BFT) at different water temperatures. **Aquaculture**, v. 451, p. 436-443, 2016.
- SOUZA, V. L.; URBINATI, E. C.; GONÇALVES, D. C.; SILVA, P. C. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. **Acta Scientiarum: Biological and Health Sciences**, v. 24, n. 2, p. 533-540, 2002.
- SREEDEVI, P.R.; HARI, B. **The effect of varying carbon/ nitrogen (C/N) ratios on rearing of ornamental fish, guppy (*Lebistes reticulates*)**, In: Proceedings of the 19th Kerala Science Congress, January 29th -31st, Kannur, p. 420-422, 2007.
- TACON, A. G. J.; CODY, J. J.; CONQUEST, L. D.; DIVAKARAN, S.; FORSTER, I. P.; DECAMP, O. E. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture nutrition**, v. 8, n. 2, p. 121-137, 2002.
- THOMPSON, F.L.; P.C. ABREU; W WASIELESKY. Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. **Aquaculture**, v. 203, p. 263-278, 2002.
- VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal. p. 111- 118, 2002.
- VALLE, B. C. S.; DANTAS, E. M.; SILVA, J. F. X.; BEZERRA, R. S.; CORREIA, E. S.; PEIXOTO, S. R. M.; SOARES, R. B. Replacement of fishmeal by fish protein hydrolysate and biofloc in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 105-112, 2014.
- VINATEA, L.; GÁLVEZ, A. O.; BROWDY, C. L.; STOKES, A.; VENERO, J.; HAVEMAN, J.; LEWIS, B. L.; LAWSON, A.; SHULER, A.; LEFFLER, J. W. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, v. 42, n. 1, p. 17-24, 2010.
- WANG, G.; YU, E.; XIE, J.; YU, D.; LI, Z.; LUO, W.; QIU, L.; ZHENG, Z. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. **Aquaculture**, v. 443, p. 98-104, 2015.
- WASIELESKY, W.J.; ATWOOD, H.I.; STOKES, A.; BROWDY, C.L. Effect of natural production in brown water super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, 258: 396-403, 2006a.

WASIELESKY, W.; EMERECIANO, M.; BALLESTER, E.; SOARES, R.; CAVALLI, R.; ABREU, P. C. Cultivos em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. **Revista Panorama da Aqüicultura**, v. 16, n. 96, p. 14-23, 2006b.

XU, W. J.; PAN, L. Q. Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. **Aquaculture**, v. 412, p. 117-124, 2013.

XU, W. J.; PAN, L. Q. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. **Aquaculture**, v. 426, p. 181-188, 2014.

YANG, L.; CHOU, L. S.; SHIEH, W. K. Biofilter treatment of aquaculture water for reuse applications. **Water research**, v. 35, n. 13, p. 3097-3108, 2001.

ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L.; WANG, C. A.; LI, J.; WANG, L. Effect of feed C/N ratio promoted bioflocs on water quality and production performance of bottom and filter feeder carp in minimum-water exchanged pond polyculture system. **Aquaculture**, v. 434, p. 442-448, 2014.