

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA- UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS-CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

DIEGO MELO DE LIZ

**FONTES DE CARBONO E ESTRATÉGIAS PARA CONTROLE DE SÓLIDOS NO
SISTEMA DE BIOFLOCOS**

**LAGES
2022**

DIEGO MELO DE LIZ

**FONTES DE CARBONO E ESTRATÉGIAS PARA CONTROLE DE SÓLIDOS NO
SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Thiago El Hadi Perez Fabregat
Co-orientador: Dr. Raphael de Leão Serafini

**LAGES
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

de Liz, Diego Melo
FONTES DE CARBONO E ESTRATÉGIAS PARA
CONTROLE DE SÓLIDOS NO SISTEMA DE BIOFLOCOS /
Diego Melo de Liz. -- 2022.
84 p.

Orientador: Thiago El Hadi Perez Fabregat
Coorientador: Raphael de Leão Serafini
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência Animal, Lages, 2022.

1. BFT. 2. fermentado. 3. floculação. 4. probiótico. 5. tanino. I.
El Hadi Perez Fabregat, Thiago . II. de Leão Serafini, Raphael. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.
IV. Título.

DIEGO MELO DE LIZ

FONTES DE CARBONO E ESTRATÉGIAS PARA CONTROLE DE SÓLIDOS NO SISTEMA DE BIOFLOCOS

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, Área de Concentração: Produção Animal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: _____

Prof. Dr. Thiago El H. P. Fabregat
Departamento de Produção Animal, UDESC/Lages, SC.

Membro: _____

Prof. Dr. Everton Skoronski
Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, UDESC/Lages, SC.

Membro: _____

Prof. Dr. Giovanni Lemos de Mello
Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas, UDESC/Laguna, SC.

Membro: _____

Prof. Dr. Rafael Lazzari
Departamento de Zootecnia e Ciências Biológicas, UFSM/ P. das Missões, RS.

Membro: _____

Dr. Bruno Corrêa da Silva
Centro de Desenvolvimento em Aquicultura e Pesca, EPAGRI/Itajaí, SC.

LAGES, 19 de agosto de 2022

Dedico este trabalho ao meus pais,
Dionézio Vaz de Liz (*in memoriam*) e
Marta Melo de Liz, por todo amor,
educação e esforço.

Minhas irmãs, Aline e Daniele, meus
sobrinhos, Gustavo, Marina, Gabriel e Caio.

A minha esposa, Camila, pelo amor,
carinho, dedicação e que mesmo em
momentos nada fáceis me incentivou a
continuar durante essa etapa de nossas
vidas.

Aos meus amigos/irmãos, Celso Filipi,
Douglas e Vitor, por me incentivarem e
sempre deixar a vida mais alegre.

Aos que se foram... mas que deixaram
lembranças boas que estão muito vivas na
minha memória, meus avós, Dercílio Vieira
de Liz e Elma Vaz de Liz, minha sogra
Vera Alice Zardo e meu amigo Roberto
Westarb.

Essa conquista também é de vocês, não
conseguiria chegar até aqui sozinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais e minha família pelo apoio e incentivo a concluir essa importante etapa da vida.

Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para o andamento deste trabalho.

De maneira especial, ao meu orientador Prof. Dr. Thiago El H. P. Fabregat, obrigado pela confiança, paciência e conhecimento para o desenvolvimento desta tese.

Ao Dr. Raphael de Leão Serafini, meu co-orientador, pelos conselhos, comprometimento e que mesmo distante se dispôs a continuar nesta caminhada.

Aos colegas de pós-graduação (Larissa da Cunha, Luiz A. Cipriani, Mariana Bender, Nataly Santos) por todo o auxílio na execução dos experimentos.

Aos pesquisadores e técnicos da estação experimental da EPAGRI de Caçador, Bianca Schveitzer, Ricardo Sachini, Vera Scapini, Dorvalino e Ronaldo.

Ao pessoal da Alltech do Brasil por acreditar, ajudar e dar condições para o desenvolvimento desse projeto.

Ao fundo de apoio à manutenção e ao desenvolvimento da educação superior (FUMDES), pelo programa de concessão de bolsas de estudo, da secretaria da educação do estado de Santa Catarina.

RESUMO

Métodos modernos na produção de peixes podem auxiliar no aumento da produtividade e uso racional dos recursos naturais. Entre as alternativas disponíveis, destaca-se a tecnologia de cultivo em bioflocos (BFT). Este sistema de produção reutiliza a água, diminuindo a demanda de água para a criação de peixes. Para perfeito funcionamento é necessário a adição externa de carbono. Como em todo sistema intensivo, o monitoramento cuidadoso dos parâmetros de qualidade de água é fundamental para o cultivo em sistema BFT. Os níveis de compostos nitrogenados e sólidos acumulam na água de cultivo podendo prejudicar o desempenho dos animais e levar a morte. Com isso, o objetivo deste projeto foi avaliar na recria de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos o farelo de arroz fermentado como fonte de carbono com intuito de controlar os compostos nitrogenados e fosfatos, além de avaliar o uso do coagulante a base de tanino como ferramenta no tratamento de água para reuso. Para isto, foram realizados dois experimentos de recria de tilápia em bioflocos. No experimento I foi avaliado o efeito da utilização do farelo de arroz enriquecido como fonte de carbono sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico da tilápia-do-Nilo em condições subótimas de temperatura. Foram avaliadas diferentes fontes de carbono (melaço de cana de açúcar e farelo de arroz cru e farelo de arroz fermentado com diferentes níveis de probiótico). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais. Foram utilizados 250 juvenis de tilápia-do-Nilo por unidade experimental com peso inicial ($1,15\pm0,02$ gramas) revertidos sexualmente. O desempenho zootécnico e a saúde intestinal dos juvenis de tilápia cultivado em sistema BFT não foi afetado pelo uso de diferentes fontes de carbono. A utilização do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono melhorou a reciclagem da matéria orgânica nos tanques, reduzindo os sólidos suspensos e melhorando as condições de cultivo. No experimento II o objetivo foi avaliar o efeito da coagulação com produto a base de tanino no controle dos sólidos suspensos, e do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono sobre a qualidade da água e desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, quatro tratamentos e cinco repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais. O esquema de analise utilizado foi o fatorial (2x2), sendo as variáveis fonte de carbono (melaço ou farelo de arroz fermentado) e formas de controle de sólidos (troca parcial de água ou coagulante a base de tanino). Foram utilizados 15 juvenis de tilápia-do-Nilo por unidade experimental com peso inicial ($3,2\pm0,01$ gramas) revertidos

sexualmente. O desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia não foi afetado pelo uso de diferentes fontes de carbono e coagulante a base de tanino. O farelo de arroz fermentado foi efetivo no controle dos sólidos suspensos totais e houve o aumento na contagem de bactérias heterotróficas na água. O coagulante a base de tanino levou a valores de nitrito mais elevados, mostrando uma maior eficiência na conversão dos compostos nitrogenados.

Palavras-chave: BFT, fermentado, floculação, probiótico, tanino.

ABSTRACT

Modern methods in fish production can help increase productivity and rational use of natural resources. Among the available alternatives, biofloc cultivation technology (BFT) stands out. This production system reuses water, decreasing water demand for fish farming. For perfect functioning, the external addition of carbon is necessary. As with any intensive system, careful monitoring of water quality parameters is essential for growing in a BFT system. The levels of nitrogenous compounds and solids accumulate in the culture water, which can impair the performance of the animals and lead to death. Thus, the objective of this project was to evaluate the fermented rice bran as a carbon source in the rearing of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in bioflocs in order to control nitrogen and phosphate compounds, in addition to evaluating the use of the coagulant at tannin base as a tool in the treatment of water for reuse. For this, two experiments of growing tilapia in bioflocs were carried out. In experiment I, the effect of using enriched rice bran as a carbon source on the water quality and zootechnical performance of Nile tilapia under suboptimal temperature conditions was evaluated. Different carbon sources (sugar cane molasses and raw rice bran and fermented rice bran with different probiotic levels) were evaluated. The experimental design used was completely randomized, with six treatments and five replications each, totaling 30 experimental units. A total of 250 Nile tilapia juveniles were used per experimental unit with initial weight (1.15 ± 0.02 grams) that were sexually reversed. The zootechnical performance and intestinal health of juvenile tilapia cultured in a BFT system was not affected by the use of different carbon sources. The use of fermented rice bran as a carbon source improved the recycling of organic matter in the tanks, reducing suspended solids and improving cultivation conditions. In experiment II, the objective was to evaluate the effect of coagulation with a tannin-based product in the control of suspended solids, and of fermented rice bran as a carbon source on the water quality and performance of Nile tilapia juveniles cultivated in BFT system. The experimental design used was completely randomized, with four treatments and five replications each, totaling 20 experimental units. The analysis scheme used was the factorial (2x2), with the variables carbon source (molasses or fermented rice bran) and forms of solids control (partial exchange of water or tannin-based coagulant). Fifteen Nile tilapia juveniles were used per experimental unit with initial weight (3.2 ± 0.01 grams) that were sexually reversed. The zootechnical performance of juvenile tilapia was not affected by the use of different carbon sources and tannin-based coagulant. Fermented rice bran was effective in controlling total suspended solids and there was an increase in the count of heterotrophic

bacteria in the water. The tannin-based coagulant led to higher nitrite values, showing a greater efficiency in the conversion of nitrogen compounds.

Keywords: BFT, fermented, flocculation, probiotic, tannin.

APRESENTAÇÃO

Esta tese contém três capítulos, sendo que nesses se encontram os seguintes manuscritos:

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.

CAPÍTULO 2 – Manuscrito elaborado na forma de artigo científico com o título “Farelo de arroz fermentado como fonte de carbono reduz os sólidos suspensos na recria de tilápia-do-Nilo cultivadas em sistema BFT em condições subótimas de temperatura”

CAPÍTULO 3 – Manuscrito elaborado na forma de artigo científico com o título: “Efeito da fonte de carbono e da coagulação com produto a base de tanino no controle dos sólidos suspensos no cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo em sistema BFT”

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Valores médios (\pm desvio padrão) da amônia da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo	44
Figura 2. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrito da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo	44
Figura 3. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrato da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo	45
Figura 4. Valores médios (\pm desvio padrão) de ortofosfato da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo	46
Figura 5. Valores médios (\pm desvio padrão) de sólidos suspensos totais da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo	46

Capítulo 3

Figura 6 Valores médios (\pm desvio padrão) de amônia total na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais	66
Figura 7. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrito na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais	67
Figura 8. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrato na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais	67
Figura 9. Valores médios (\pm desvio padrão) dos sólidos suspensos totais da água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais..	68

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Tratamentos avaliados no sistema BFT de tilápias-do-Nilo cultivadas com diferentes fontes de carbono	39
Tabela 2. Especificação técnica do Aquate Fertilizer TM	41
Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) da temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e pH da água de tanques de tilápia-do- Nilo em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono.	43
Tabela 4. Valores médios (\pm desvio padrão) de peso médio, comprimento médio, biomassa e sobrevivência de alevinos de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono	47

Capítulo 3

Tabela 5. Contagem de bactérias (média \pm desvio padrão) do farelo de arroz fermentado utilizado como fonte de carbono em sistema BFT.	62
Tabela 6. Qualidade da água (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controle de sólidos.	65
Tabela 7. Desdobramento de amônia total (mg.L-1) (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono na segunda semana de experimento.....	66
Tabela 8. Desdobramento de sólidos suspensos totais (mg.L-1) (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono na oitava semana de experimento.	68
Tabela 9. Analise de variância da qualidade da água (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono.....	69
Tabela 10. Contagem de bactérias na água (média \pm desvio padrão) de cultivo de juvenis de tilápia em sistema BFT com o uso de diferentes fontes de carbono	70
Tabela 11. Desdobramento da contagem de bactérias ácido lácticas (Log 10 UFC/mL) (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono.....	70
Tabela 12. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono	70

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS	18
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 TECNOLOGIA EM BIOFLOCOS	20
2.2 FONTES DE CARBONO	23
2.3 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO NO CONTROLE DE SÓLIDOS EM SISTEMAS BFT	26
REFERÊNCIAS	28
Capítulo 2- Farelo de arroz fermentado como fonte de carbono reduz os sólidos suspensos na recria de tilápia-do-Nilo cultivadas em sistema BFT em condições subótimas de temperatura	35
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAIS E MÉTODOS	39
2.1 DESIGN EXPERIMENTAL	39
2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE BFT	40
2.4 FARELO DE ARROZ FERMENTADO E ENRIQUECIDO	41
2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	41
2.6 PARÂMETROS DE DESEMPENHO	42
2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	42
3 RESULTADOS	43
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA.....	43
3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	47
4 DISCUSSÃO	47
CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS	51
Capítulo 3- Efeito da fonte de carbono e da coagulação com produto a base de tanino no controle dos sólidos suspensos no cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo em sistema BFT	57
1 INTRODUÇÃO	58
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 DESIGN EXPERIMENTAL	60

2.2 ANIMAIS E INSTALAÇÕES.....	60
2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE BFT	60
2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	63
2.6 PARÂMETROS DE DESEMPENHO	64
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	64
3 RESULTADOS	65
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA.....	65
3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO	70
4 DISCUSSÃO	71
CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da atividade piscícola depende de grande quantidade de água, podendo gerar impactos negativos no ambiente devido a presença de produtos residuais nos corpos de água (DE SCHRYVER et al., 2008). A adoção de sistemas intensivos de produção de peixes permite aumentar o rendimento de pescado sem a necessidade de aumentar o consumo de água e sem utilizar novas áreas para construção de viveiros, sendo esses dois fatores limitantes para a atividade aquícola (FAO, 2012). Neste sentido, sistemas intensivos como o cultivo em bioflocos (BFT), estão ganhando cada vez mais importância no setor aquícola (AVNIMELECH, 2009). No sistema de BFT, uma co-cultura de bactérias heterotróficas são cultivadas, que convertem parte dos metabólitos nitrogenados tóxicos (amônia, nitrito e nitrato) em biomassa microbiana, conhecida como bioflocos (AVNIMELECH, 2012).

Por ser um sistema fechado com medidas de biossegurança, no sistema BFT reduz-se a entrada de patógenos e há menor perda de nutrientes por descarga de efluentes. O bioflocos não é apenas uma fonte de nutrição adicional, como proteínas, lipídios, minerais e vitaminas (JU et al., 2008; XU et al., 2012), mas também fornece microrganismos naturais e compostos bioativos, como carotenoides e vitaminas lipossolúveis (JU et al., 2008) e outros compostos imunoestimuladores (CRAB et al., 2012) para os peixes cultivados. Dauda et al. (2018) observaram que o sistema bioflocos com bagre africano (*C. gariepinus*) proporcionou melhor qualidade da água, menor peroxidação lipídica, atividades aprimoradas de quimotripsina e melhor proteção contra infecções bacterianas.

No sistema BFT a relação de carbono e nitrogênio (C/N) é mantido elevado para estimular o crescimento bacteriano heterotrófico natural no sistema (DE SCHRYVER et al., 2008). Isto é alcançado através da adição de uma fonte exógena de carbono que as bactérias irão utilizar para converter metabólitos nitrogenados tóxicos (amônia, nitrito e nitrato) em biomassa microbiana (AVNIMELECH, 2012). É importante a escolha de fontes de carbono, pois isso pode afetar substancialmente a produtividade/valor nutritivo do bioflocos, a qualidade da água e o desempenho do animal (ROMANO et al., 2018). A principal fonte de carboidratos utilizada no sistema BFT é o melaço (EKASARI et al., 2015; PÉREZ-FUENTES et al., 2016; XU et al., 2016), que é composto principalmente por carboidrato mais simples como sacarose. O custo do melaço limita seu uso como fonte de carbono (GOMES VILANI et al., 2016).

O farelo de arroz, que é um subproduto das indústrias de processamento de arroz, é uma fonte barata de carbono e pode ser uma fonte potencial de carboidratos para uso em sistemas de bioflocos (GOMES VILANI et al., 2016; DAUDA et al. 2017; ROMANO et al. 2018). O uso de carboidratos complexos como o farelo de arroz, farelo de trigo e farinha de tapioca pode aumentar o valor nutritivo dos bioflocos, reduzir significativamente as concentrações de nitrogênio e proporcionaram melhor crescimento dos animais cultivados (ASADUZZAMAN et al., 2008; AVNIMELECH, 2007; HARI et al., 2004, 2006; RAKJUMAR et al., 2015; KUMAR et al., 2015; GOMES VILANI et al., 2016). Contudo, comparado ao melaço, o farelo de arroz tem lenta degradação no controle da amônia em sistemas BFT, alcançando a mesma eficácia a partir da quinta semana de adição desta fonte de carbono (SERRA et al., 2015). Sendo assim, a fermentação é uma estratégia que pode ser adotada para aumentar a proporção de açucares simples no farelo de arroz (FEDDERN et al., 2007) e melhorar o seu uso no sistema BFT.

Como em todo sistema intensivo, o monitoramento cuidadoso dos parâmetros de qualidade de água é fundamental para o cultivo em sistema BFT. Os principais fatores limitantes desse sistema são o alto custo de produção e os problemas relacionados com a manutenção da qualidade da água (AVNIMELECH, 2006) como o controle de sólidos suspensos totais (SST) na coluna da água. O excesso de sólidos pode causar entupimento das brânquias dos peixes bem como eleva a demanda de oxigênio do sistema BFT (HARGREAVES, 2013). O controle dos sólidos pode aumentar a demanda por trocas parciais de água. Ainda é necessário o desenvolvimento de alternativas para retirar os sólidos e possibilitar o reuso da água.

Uma alternativa para o controle de sólidos em sistema BFT é a utilização de técnicas como a coagulação seguida da floculação. Trata-se de uma tecnologia estabelecida e aplicada em todo o mundo no tratamento de água residuárias (VILLASEÑOR-BASULTO et al., 2018) mas seu uso na aquicultura é inédito e ainda precisa ser avaliado. É uma metodologia de baixo custo, simples, confiável e de baixa energia e comumente praticado (OLADOJA, 2015). A coagulação é um processo de tratamento físico-químico, a partir da adição de agentes principalmente químicos, que serão responsáveis pela agregação de partículas suspensas, a fim de formar flocos reguláveis (TRAN et al., 2012). Até o momento não existe trabalhos que utilizam coagulante a base de tanino no controle de sólidos em sistema aquícola. Inclusive, o uso do coagulante a base de tanino pode ser uma alternativa para produção de um subproduto mais rico em compostos orgânicos.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa tese é avaliar o efeito da utilização do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono na recria da tilápia-do-Nilo e uso de estratégias de controle de sólidos suspensos na recria de tilápia em sistema de bioflocos.

Os objetivos específicos:

Avaliar o efeito de diferentes fontes de carbono sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT em condições subótimas de temperatura.

Avaliar o efeito da coagulação com produto a base de tanino no controle dos sólidos suspensos, e do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono sobre a qualidade da água, desempenho e saúde intestinal de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TECNOLOGIA EM BIOFLOCOS

Os primeiros trabalhos com sistema BFT foram realizados na década de 1990 no Centro de Maricultura de Waddell, nos Estados Unidos, com objetivo de intensificar a produtividade das criações de camarões marinhos, utilizando baixas taxas de renovação de água (AVNIMELECH, 2009). O sistema baseia-se no conhecimento dos sistemas convencionais de tratamento de lodo ativado e é aplicado em ambientes de aquicultura (DE SCHRYVER et al., 2008). Neste mesmo período, pesquisadores de Israel iniciaram os trabalhos avaliando o desempenho da tilápia em sistemas heterotróficos (AVNIMELECH, 2009). No cultivo em BFT, uma co-cultura de bactérias heterotróficas é cultivada sob condições controladas dentro do tanque de cultivo. Os microrganismos então convertem metabólitos nitrogenados tóxicos (amônia, nitrito e nitrato) em biomassa microbiana conhecida como bioflocos (AVNIMELECH, 2012).

Na aquicultura, os sistemas onde não há troca de água podem ter como resultado um aumento da concentração de alguns compostos, como nitrogenados e fosfatados (COLT, 2006). Isso também ocorre no sistema BFT, podendo causar grande impacto nos organismos cultivados, levando ao crescimento de microrganismos nocivos indesejáveis ou pela proporção desequilibrada de N: P (SILVA et al., 2013). Os níveis de fósforo na maioria das dietas comerciais estão acima das exigências nutricionais dos organismos criados ou se apresentam em forma indisponíveis (KIBRIA et al., 1996; MONTOYA et

al., 2000). Da mesma forma, a ração comercial contém altos níveis de proteína para atender às necessidades essenciais de aminoácidos (BALLESTER et al., 2010). Silva et al. (2013) observou que o camarão aproveitou apenas 39,1 e 35,0% das entradas totais de nitrogênio (N) e fósforo (P), respectivamente, enquanto 39,0% do N e 34,1% do P permaneceram no sistema BFT em formas dissolvidas.

Ray e Lotz (2014) compararam sistemas baseados em bactérias nitrificantes e heterotróficas e observaram que a manipulação da relação C/N por meio da adição de fontes de carbono além de auxiliar no controle dos compostos nitrogenados também foi capaz de manter a concentração de ortofosfato baixa no sistema de bioflocos. O crescimento e multiplicação dos microrganismos presentes no bioflocos favorecem a assimilação do fósforo que não é utilizado pelos peixes, possibilitando assim uma taxa de retenção mais eficiente deste nutriente pelo sistema (LUO et al., 2014). O acúmulo de fósforo não gera efeitos no sistema de cultivo, pois a sua toxicidade é nula para os animais cultivados, porém altas concentrações devem ser evitadas devido a outros fatores como a proliferação de cianobactérias (ANDERSON et al., 2002).

Um dos principais problemas nos sistemas de BFT é o aumento do nitrogênio inorgânico na forma de nitrogênio amoniacal total (TAN), que consiste na soma da amônia ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3) (SERRA et al., 2015). A amônia não ionizada é tóxica, devido à sua capacidade de passar através das membranas celulares, uma capacidade que o nitrito também possui (AVNIMELECH, 1999), e pode reduzir o crescimento e a sobrevivência de organismos cultivados, dependendo de sua concentração (LIN e CHEN, 2001). Uma forma de desdobramento da amônia é pela nitrificação, que em condições aeróbicas, oxida a amônia em duas fases: na primeira, é levado até nitrito pelas bactérias oxidadoras de amônio (AOB), e numa etapa subsequente o nitrito é consumido pelas bactérias oxidadoras de nitrito (NOB), produzindo nitrato (ZOPPAS et al., 2016), forma menos tóxica aos peixes. Sob condições anóxicas, o nitrogênio da amônia oxidada em nitrato é então convertida por bactérias heterotróficas em nitrogênio gasoso (CHANG et al., 2011).

O cultivo em sistema de bioflocos evita ou anula a troca de água nos sistemas superintensivos por ação dos microrganismos que atuam na melhora da qualidade de água (AVNIMELECH, 2009). A temperatura da água de cultivo pode afetar o metabolismo microbiano, Zhao et al. 2014 observou uma correlação positiva entre o volume de bioflocos e a temperatura da água (entre 12 a 24,7°C), sugerindo que os microrganismos heterotróficos e plânctons aumentaram durante as temperaturas mais elevadas. A

agregação de microrganismos (algas, fungos, pequenos invertebrados) com matéria orgânica e partículas inorgânicas formam os bioflocos. Esse agregado tem um teor de proteína bruta variando entre 24 e 40% (AVNIMELECH, 2009). Os bioflocos podem ser ingeridos pelos animais cultivados servindo como uma fonte extra de alimento e possibilitando taxas de conversão alimentar mais eficientes (MCINTOSH, 2000; BURFORD et al., 2004). Os microrganismos presentes no sistema BFT auxiliam no controle de patógenos e perde-se menos nutrientes por descarga de efluentes. Xu e Pan (2013) relataram que o bioflocos melhorou a contagem de hemócitos e o status antioxidante do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. Da mesma forma, o bioflocos melhorou a resistência à doença em *Artemia franciscana* contra *Vibrio harveyi* (CRAB et al., 2010). Kumar et al. (2015) observaram melhor crescimento e respostas imunes em Camarão tigre, *Penaeus monodon*, nos grupos adicionados de farelo de arroz em comparação ao melaço.

O BFT é adequado para espécies detritívoras e onívoro generalista, como o camarão e a tilápia-do-Nilo, respectivamente, sendo esses hábitos alimentares ideais para esse tipo de sistema (AZIM; LITTLE, 2008). A capacidade das tilápias de se alimentar por filtração da água, permite a absorção dos bioflocos em suspensão (AVNIMELECH, 2011). Outras vantagens desta espécie é ser um peixe robusto e de rápido crescimento, adaptado a sistemas bem adensados. A tecnologia de bioflocos pode ser empregada no cultivo intensivo da tilápia-do-Nilo na fase de engorda, utilizando-se densidades de estocagem de 45 peixes/m³ de água, com sobrevivência superior a 90% e produtividade de 16,6 kg/m³ de água (LIMA et al. 2015). Os flocos microbianos contribuem de forma significativa para o aumento do ganho de peso individual em comparação à produção convencional em tilápias-do-Nilo (AZIM; LITTLE, 2008). Além de bioflocos proporcionar melhorias no crescimento, nas atividades das enzimas digestivas e a resposta imune (LONG et al., 2015). O BFT pode trazer benefícios em todas as fases iniciais de vida dos animais, como sobrevivência de larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) entre 90-98% e maior resistência após infecção da bactéria patogênica *Streptococcus agalactiae* em comparação ao sistema águas claras (67-75%) (EKASARI et al. 2015). As partículas de bioflocos contêm bactérias benéficas como *Bacillus*, *Lactobacillus* (ANAND et al., 2014) e compostos bioativos como carotenóides (JU et al., 2008). Estes são conhecidos pelas propriedades imuno estimulantes. Abduljabbar et al. (2015) observou na recria de tilápia-do-Nilo (2,6 gramas) em sistema de bioflocos maior desempenho de crescimento, utilização de alimentos, homeostase interna e menor nível

de estresse (níveis de cortisol, as enzimas da função hepática e a ureia reduziram) em comparação aos animais mantidos em águas claras.

2.2 FONTES DE CARBONO

Várias são as fontes ricas em carbono orgânico que podem ser adicionadas ao bioflocos com o objetivo de controlar compostos nitrogenados, como o açúcar, melaço, farelos vegetais, rações, entre outros (WASIELESKY et al., 2006). O uso de um açúcar simples, como glicose ou melaço, resulta na redução rápida de amônia livre, enquanto carboidratos mais complexos exigem mais tempo para degradação, resultando em redução mais lenta da amônia (AVNIMELECH, 2012). Quando há ação simultânea entre C/N em alta relação, bactérias heterotróficas imobilizam os íons amônio para produção de bioflocos. Isso ajuda a reduzir a amônia tóxica no sistema aquático (AVNIMELECH, 1999; EBELING et al., 2006).

A relação entre carbono e nitrogênio (C/N) ideal situa-se entre 14 e 30:1 para formação dos flocos microbianos, com predomínio de bactérias heterotróficas (WASIELESKY et al., 2006). Segundo Wu et al. (2012), um dos benefícios no uso de bioflocos é a capacidade de exclusão competitiva que determinadas populações bacterianas heterotróficas têm sobre bactérias patogênicas. Monroy-Dosta et al. (2013) mantendo uma relação C / N = 15: 1 identificaram no bioflocos o aumento comunidades microbianas heterotróficas como *Sphingomonas paucimobilis*, *Pseudomonas luteola*, *Pseudomonas mendocina*, *Bacillus* sp. *Micrococcus* sp. e a levedura *Rhodotorula* sp., e estas possivelmente impediram a proliferação de bactérias patogênicas dos gêneros *Aeromonas* e *Vibrio* de tal forma que não foram encontrados após a oitava semana.

O farelo de arroz cru pode ser utilizado como fonte de carbono em sistema de bioflocos, mas por ser uma fonte menos disponível de açúcar e a resposta na correção dos níveis de amônia é mais lenta (DAUDA et al., 2017). Portanto, é possível que o pré-tratamento de carboidratos complexos com microrganismos possa melhorar a solubilidade em água, diminuindo o conteúdo de fibra bruta, aumentando os teores de açúcares solúveis totais e solubilidade em água. Isso proporcionou valores proteicos maiores nos bioflocos, assim, aumentando seu uso potencial como fonte de carbono (ROMANO et al., 2018). A busca por novas fontes de carbono permite uma maior flexibilidade, que no caso do farelo de arroz, é um produto agrícola de baixo custo que está prontamente disponível em vários países (OLADOSU et al., 2016).

Fermentação é uma técnica de conversão biológica de substratos complexos em compostos simples pela ação de microrganismos, como bactérias e fungos, liberando vários metabolitos secundários (BALAKRISHNAN e PANDEY, 1996). Eles também são chamados de "compostos bioativos", uma vez que possuem atividade biológica, podendo ser interessantes para as indústrias e economicamente importantes (SUBRAMANIYAM e VIMALA, 2012). Entre os principais extratos dos compostos bioativos obtidos pelas fermentações estão os antibióticos (MARAGKOURAKIS et al., 2009) enzimas (NAKAHARA et al., 2010), biosurfactantes e peptídeos bioativos (PRITCHARD et al., 2010). Alguns trabalhos demonstram que a escolha do microrganismo para fermentação de carboidratos altera os valores bromatológicos do produto final (ODUGUWA et al., 2008; CHARLOTTE, 2002; CHINMA et al., 2014). Houve melhora na extração de concentrado proteico com uso de levedura de panificação para fermentar farelo de arroz, os teores de proteína com levedura (23,02%) foram superiores em comparação com farelo de arroz natural fermentado (15,43%) e não tratado (10,16%) (CHINMA et al., 2014).

Mundialmente, as linhas de pesquisa em fermentação utilizam resíduos agroindustriais, onde microrganismos selecionados aumentam o teor proteico desses materiais, de modo a serem utilizados na alimentação humana ou animal (PANDEY, 2003). Os fungos estão entre os microrganismos mais adequados para utilização em fermentação, visto que podem produzir uma variedade de produtos bioquímicos, muitos dos quais requeridos para seu próprio crescimento e metabolismo (ESPOSITO e AZEVEDO, 2004). O processo fermentativo do farelo de arroz com *Rhizopus oryzae* provocou a redução de 24,5 %, 40 % e 60 % nos teores de umidade, lipídios e açúcares redutores, respectivamente (OLIVEIRA, 2011).

Silveira e Badiale-Furlong (2009) constataram que a fermentação do farelo de arroz desengordurado com *Rhizopus oryzae* aumentou o teor de proteínas de 19,2 para 32,4% após 72 h de fermentação. Da mesma forma, Supriyati et al. (2015) relataram que o valor nutricional do farelo de arroz fermentado com *Bacillus amyloliquefaciens* reduziu o teor de fibra bruta de 10,62 para 7,79% e aumentou o teor de proteína bruta de 12,1 para 13,4%.

São poucos trabalhos utilizando o farelo de arroz fermentado como fonte de carbono com peixes em bioflocos. O farelo de arroz fermentado já foi testado em sistema de bioflocos com bagre africano (*Clarias gariepinus*), sendo que processo de fermentação proporcionou menor fibra bruta e maiores valores de açúcares solúveis totais e solubilidade em água comparação ao farelo de arroz cru, já os bioflocos apresentaram

maiores teores de proteína bruta, melhorando o crescimento, a eficiência alimentar e teor de proteína bruta de corpo inteiro em bagres africanos em comparação com ao sistema águas claras (ROMANO et al., 2018). Liñan-Vidriales et al. (2021) avaliaram o farelo de arroz fermentado com *Bacillus* e *Lysinibacillus* como fonte de carbono para criação de camarão branco do Pacífico (*L. vannamei*) em sistemas BFT, observaram que o processo fermentação propiciou ação probiótica ao modificar a comunidade bacteriana no trato digestivo dos camarões bem como melhorar a performance de desempenho. Santos et al. (2022) avaliaram o farelo de arroz fermentado com pós-larva de *Macrobrachium rosenbergii* em sistema simbótico com diferentes estratégias de fermentação (anaeróbica) e respiração microbiana (aeróbica), não observaram influência dos tratamentos sobre a estabilização dos compostos nitrogenados, qualidade da água e a sobrevivência, porém o ganho de peso foi mais elevado para o maior tempo de preparação (fases 24 horas aeróbico e 24 horas anaeróbico). Andrade et al. (2021) observaram que utilização de farelo de arroz fermentado como fonte de carbono orgânico traz claros benefícios para o sistema através do aumento de *Bacillus*, diminuição de bactérias nocivas não fermentadoras de sacarose e fungos filamentosos na água.

Esses benefícios na qualidade da água e melhora no desempenho animal ao utilizar de fermentados como fonte de carbono pode ser observado em outras trabalhos. Santos et al. (2021) avaliaram duas fontes de carbono fermentadas ou cruas (farelo de arroz e melaço) com pós-larva de *Macrobrachium rosenbergii*, as variáveis de qualidade da água permaneceram dentro da faixa considerada adequada para a espécie, e o simbótico reduziu os valores médios de sólidos sedimentáveis. O farelo de arroz fermentado propiciou os melhores desempenhos de ganho de peso semanal e final. ABIRI et al. (2022) avaliaram o efeito do farelo de trigo e arroz crus ou fermentados com probióticos (*Bacillus coagulans*, *Bacillus subtilis*) de carpa comum (*Cyprinus carpio L.*) em bioflocos, os resultados revelaram diminuição no nitrogênio amoniacal total, pH, volume de flocos de bioflocos nas fontes fermentadas em comparação com os tratamentos não fermentados. Além disso, os resultados indicaram que a fermentação melhorou os desempenhos de crescimento, e o maior ganho de peso significativo e razão de eficiência proteica, juntamente com a menor taxa de conversão alimentar e consumo de ração.

São poucos os trabalhos relacionando fontes de carbono fermentado com o desempenho de peixes tropicais em sistema de bioflocos (ROMANO et al., 2018). Há lacunas em relação ao uso de alimentos fermentados como fonte de carbono, seus

benefícios ao ambiente aquático, disponibilidade de açucares redutores, solubilidade em água, qualidade da água, imunidade e desempenho dos animais.

2.3 COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO NO CONTROLE DE SÓLIDOS EM SISTEMAS BFT

Como em todo sistema intensivo, o manejo correto dos sólidos totais em suspensão (SST) é um ponto crucial, essencial para o funcionamento adequado do sistema e manter um ambiente de cultivo equilibrado e saudável (ZEMOR et al., 2019). O excesso de sólidos pode causar entupimento das brânquias dos peixes bem como eleva a demanda de oxigênio do sistema (HARGREAVES, 2013). O controle dos sólidos pode aumentar a demanda por trocas parciais de água. Ainda é necessário o desenvolvimento de alternativas para retirar os sólidos e possibilitar o reuso da água. Para Piedrahita (2003) as operações de remoção de sólidos, como a retrolavagem dos filtros e as descargas dos decantadores produzem um efluente com alta concentração de sólidos, rico em nutrientes e matéria orgânica, enquanto reduz as concentrações desses parâmetros na água de cultivo. Esse efluente gerado deve ser tratado antes do descarte final, pois tem alto potencial para impactos ambientais negativos.

Uma alternativa para o controle de sólidos em sistema BFT é a utilização de técnicas como a coagulação seguida da floculação. Trata-se de uma tecnologia estabelecida e aplicada em todo o mundo no tratamento de água residuárias (VILLASEÑOR-BASULTO et al., 2018). É uma metodologia de baixo custo, simples, confiável e de baixa energia e comumente praticado (OLADOJA, 2015). A coagulação é um processo de tratamento físico-químico, a partir da adição de agentes principalmente químicos, que serão responsáveis pela agregação de partículas suspensas, a fim de formar flocos reguláveis (TRAN et al., 2012). O processo que combina coagulação e floculação é necessário para reduzir a quantidade de adição de sais metálicos (ZHANG & LEI, 1998).

Os coagulantes químicos como alumínio, ferro (III) e polímeros sintéticos são mais comuns (KANSAL; KUMARI, 2014). Entretanto, estes compostos podem provocar problemas de saúde (MARTINS et al., 2014). Uma alternativa viável são os coagulantes orgânicos, com destaque para o tanino extraído da *Acacia mearnsii* (Acácia negra) (HAMEED et al., 2018). Este coagulante foi eficiente na remediação de águas residuais municipais, clarificação de águas superficiais, fármacos, corantes e surfactantes (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN, 2010; MANGRICH et al, 2014). Até o

momento não há estudos relatados na literatura onde o processo de coagulação/flocação com tanino é empregado para controle dos sólidos suspensos totais e manutenção da qualidade da água e evitar a substituição excessiva de água de cultivo em BFT.

É importante buscar novas técnicas para controlar os sólidos suspensos totais em BFT para permitir uma maior flexibilidade ao produtor, possibilitando produtos de baixo custo ou prontamente disponíveis. Os estudos até o momento indicam que as fontes de carbono fermentadas possuem potencial de servir como alimento suplementar aos organismos aquáticos, melhorando o desempenho zootécnico e a resistência a doenças através da microbiota intestinal.

Porém, são poucos os trabalhos relacionando uso do tanino como alternativa de coagulante orgânico, com capacidade de controle de sólidos e baixo potencial contaminante e poluidor para os organismos aquáticos, bem como a qualidade da água, contagem de bactérias e desempenho animal de peixes. São necessários mais estudos para maior compreensão sobre da atuação e efeitos benéficos desses fermentados e do uso do coagulante a base de tanino na qualidade de água em bioflocos.

REFERÊNCIAS

- ABDULJABBAR, A.A.; NOUR, A.M.; SROUR, T.; EL-BERMAWY, N.; FAYED, W.A.; MANSOUR, A.T. Intensive Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Production Under Biofloc Technology Systems. **Global Journal of Fisheries and Aquac. Res.**, v. 2, p. 64- 80, 2015.
- ABIRI, S.A.; CHITSAZ, H.; NAJDEGERAMI, E.H.; AKRAMI, H.; JALALI, A.S. Influence of wheat and rice bran fermentation on water quality, growth performance, and health status of Common carp (*Cyprinus carpio L.*) juveniles in a biofloc-based system. **Aquaculture**, v. 555, 2022.
- ANAND, P.S.S.; KOHLI, M.P.S.; KUMAR, S.; SUNDARAY, J.K.; DAM ROY, S.; 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.
- ANDERSON, D.; GLIBERT, P.; BURKHOLDER, J. Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences. **Estuaries and coasts**, v. 25, p. 704-726, 2002.
- ANDRADE, R. J. V.; DOS SANTOS, E. P.; ALMEIDA COSTA, G. K.; CAMPOS, C. V. F. S.; SILVA, S. M. B. C.; GÁLVEZ, A. O.; BRITO, L. O. Effect of different frequencies of the addition of *Brachionus plicatilis* on the performance of *Litopenaeus vannamei* in a nursery biofloc system with rice bran (anaerobic and aerobic) as an organic carbon source. **Aquaculture**, v. 540, 2021.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; HUQUE, S.; SALAM, M.A.; AZIM, M.E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p. 117– 123, 2008.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140–147, 2007.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology- A Practical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Lousiana, United States, 2009.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272p., 2012.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227–235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. **Aquac. Eng.** v. 34, n.3, p. 172–178, 2006.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*O. niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.

BALAKRISHNAN, K.; PANDEY, A. Production of biologically active secondary metabolites in solid state fermentation. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 55, p. 365-372, 1996.

BALLESTER, E.; ABREU, P.C.; CAVALLI, R.; EMERENCIANO, M.; ABREU, L. WASIELESKY, 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, n. 2, p. 163–172, 2010.

BELTRAN-HEREDIA, J., SANCHEZ-MARTÍN, J. Municipal wastewater treatment by modified tannin flocculant agent. **Desalination**, v. 249, p 353-358, 2010.

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.

CHARLOTTE, O.M. Protein enriched animal feeds from sweet potato waste. **Bureau Agr. Res.**, v. 3, p.16–31, 2002.

CHINMA, C. E.; ILOWEFAH, M.; MUHAMMAD, K. Optimization of Rice Bran Fermentation Conditions Enhanced by Baker's Yeast for Extraction of Protein Concentrate. **Nigerian Food Journal**, v. 32, n.1, p. 126–132, 2014.

COLT, J. Water quality requirements for reuse systems. **Aquacult Eng**, v. 34, p. 143-156, 2006.

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, p. 1643–1649, 2010.

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

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. S.; EKASARI, J. Different carbon sources affected biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African Catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in intensive biofloc technology system. **Fisheries Science**, v. 83, p.1037–1048, 2017.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; TEH, J. C.; AJADI, A.; CHONG, C. M.; ... KAMARUDIN, M.S. Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc systems. **Aquaculture**, v. 483, p. 120–130, 2018.

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

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, p. 346-358, 2006.

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

ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. Fungos – uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia. **Caxias do Sul: Educs**, 510p, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization. The state of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy: **Food and Agriculture Organization of the United Nation**, 209 p., 2012.

FEDDERN, V.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 800-804, 2007.

GOMES VILANI, F.; SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.F.; VIEIRA, F.N.; ESPÍRITO SANTO, C.M.; SEIFFERT, W.Q. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquacultural Engineering**, v. 74, p. 70–75, 2016.

HAMEED, Y. T.; IDRIS, A.; HUSSAIN, S. A.; ABDULLAH, N.; MAN, H. C.; SUJA, F. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater as a pretreatment for biofilm process. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 198–205, 2018.

HARGREAVES, J.A. Biofloc Production Systems for Aquaculture, **Southern Regional Aquaculture Center**, n. 4503, 2013.

HARI, B.; KURUP, 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, p. 179-194, 2004.

HARI, B.; KURUP, B.M.; VARGHESE, J.T.; SCHRAMA, J.W.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 252, p. 248–263, 2006.

JU, Z.Y.; FORSTER, I.P.; CONQUEST, L.; DOMINY, W.; KUO, W.C.; DAVID HORGAN, F. Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles. **Aquaculture Research**, v. 39, p.118–133, 2008.

KANSAL, S. K.; KUMARI, A. Potential of *M. oleifera* for the treatment of water and wastewater. **Chemical Reviews**, v. 114, n. 9, p. 4993–5010, 2014.

KIBRIA, G.; NUGEGODA, D.; LAM, P.; FAIRCLOUGH, R. Aspects of phosphorus pollution from aquaculture. **NAGA, The ICLARM Quarterly**, v. 19, p. 20–24, 1996.

KUMAR, S.; ANAND, P.S.S.; DE, D.; DEO, A.D.; GHOSHAL, T.K.; SUNDARAY, J.K.; LALITHA, N. Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). **Aquaculture Research**, v. 48, n.3, p. 1168–1182, 2015.

LIMA, E.C.R.; SOUZA, R.L.; WAMBACH, X.F.; SILVA, U.L.; CORREIA, E.S. Cultivo da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.16, n.4, p.948-957, 2015.

LIN, Y.C.; CHEN, J.C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 259, p. 109–119, 2001.

LIÑAN-VIDRIALES, M.; PEÑA, A.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; ELIZONDO-GONZALEZ, R.; BARAJAS-SANDOVAL, D.; PONCE-GRACÍA, E.; RODRÍGUEZ-JARAMILLO, M.; BALCAZAR, J.L.; QUIROZ, E.G. Effect of rice bran fermented with *Bacillus* and *Lysinibacillus* species on dynamic microbial activity of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 531, 2021.

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.

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.422-423, p.1-7, 2014.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, p. 2-15, 2014.

MARAGKOUDAKIS, P.A; MOUNTZOURIS, K.C.; PSYRRAS, D.; CREMONESI, S.; FISCHER, J.; CANTOR, M.D.; TSAKALIDOU, E. Functional properties of novel protective lactic acid bacteria and application in raw chicken meat against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis*. **International Journal of Food Microbiology**, v.130, p. 219-226, 2009.

MARTINS, A. A.; OLIVEIRA, R. M. S.; GUARDA, E. A. Potencial de uso de compostos orgânicos como, coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, 2014.

MCINTOSH, R. P. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3, p. 44-50, 2000.

MONROY-DOSTA, M. C.; LARA-ANDRADE, R.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; EMERENCIANO, M.G. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociados al biofloc en un cultivo de tilapia. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 48, n. 3, p. 511-520, 2013.

MONTOYA, R. A.; LAWRENCE, A.L.; GRAND, E.; VELASCO, M. Simulation of phosphorus dynamics in an intensive shrimp culture system: effects of feed formulations and feeding strategies. **Ecological Modelling**, v. 129, p. 131–142, 2000.

NAKAHARA, T.; SANO, A.; YAMAGUCHI, H.; SUGIMOTO, K.; CHILKATA, H.; KINOSHITA, E.; UCHIDA, R. Antihypertensive Effect of Peptide-Enriched Soy Sauce-Like Seasoning and Identification of its Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p. 821-827, 2010.

ODUGUWA, O. O.; EDEMA, M. O.; AYENI, A. O. Physico-chemical and microbiological analyses of fermented corn cob, rice bran and cowpea husk for use in composite rabbit. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1816–1820, 2008.

OLADOJA, N.A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal of Water Process Engineering**, v. 6, p. 174–192, 2015.

OLADOSU, Y.; RAFII, M. Y.; ABDULLAH, N.; MAGAJI, U.; HUSSIN, G.; RAMLI, A.; MIAH, G. Fermentation Quality and Additives: A Case of Rice Straw Silage. **BioMed Research International**, p. 1–14, 2016.

OLIVEIRA, D.S.M.; FEDDERN, V.; KUPSKI, L.; CIPOLATTI, E.P.; BADIALE FURLONG, E.; DE SOUZA-SOARES, L.A. Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state fungal fermentation. **Bioresour Technol.**, v. 102, n. 17, p. 8335–8338, 2011.

PANDEY, A. Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v.13, p. 81–84, 2003.

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.

PIEDRAHITA, R.H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, v. 226, n. 1–4, p. 35–44, 2003.

PRITCHARD, S.R.; PHILLIPS, M.; KAILASAPATHY, K. Identification of bioactive peptides in commercial Cheddar cheese. **Food Research Journal**, v.43, p. 1545-1548, 2010.

RAY, A.J.; LOTZ, J.M. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and three heterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. **Aquacultural Engineering**, v. 63, p. 54-61, 2014.

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, p. 1-11, 2018.

ROMANO, N.; KUMAR, V. Vegetarian Shrimp: Pellet-free Shrimp Farming. **World Aquaculture**, v. 48, p. 36-39, 2018.

SANTOS, R.B.; COELHO-FILHO, P.A.; ASSUNÇÃO, C.S.; SANTOS, T.N.; SILVA, J.H.; SILVA, G.C.; BRITO. L.O. The effect of different symbiotic preparation strategies on water fertilization and zootechnical performance of *Macrobrachium rosenbergii* reared in the nursery stage. **Aquaculture International**, 2022.

SANTOS, R.B.; COELHO-FILHO, P.A.; GONÇALVES, A.P.; SANTOS, R.A.; RODRIGUES, M.L.; CORREIA, E.S.; OLIVEIRA, V.Q.; BRITO. L.O. Effects of organic carbon sources on water quality, microbial flocs protein and performance of *Macrobrachium rosenbergii* post-larvae reared in biofloc and symbiotic systems. **Aquaculture Research**, 2021.

SERRA, F.P.; GAONA, C.A.P.; FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, n.6, p. 1325–1339, 2015.

SILVA, K. R.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 1, p. 30–41, 2013.

SILVEIRA, C.M.D.; BADIALE FURLONG, E. Sperathe effects of solid-state fermentation in the functional properties of defatted rice bran and wheat bran. **Braz Arch Biol Technol.**, v. 52, n. 6, p. 1555–1562, 2009.

SUBRAMANIYAM, R.; VIMALA, R. Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: a comparative study. **Internacional Journal of Science and Nature**, v. 3, n.3, p. 480-486, 2012.

SUPRIYATI, H. T.; SUSANTI, T.; SUSANA, I. W. R. Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, 28, 231–238, 2015.

TRAN, N.; DROGUI, P.; BLAIS, J.-F.; MERCIER, G. Phosphorus removal from spiked municipal wastewater using either electrochemical coagulation or chemical coagulation as tertiary treatment. **Separation and Purification Technology**, n. 95, p. 16–25, 2012.

VILLASEÑOR-BASULTO, D.L.; ASTUDILLO-SÁNCHEZ, P.D.; DEL REAL-OLVERA, J.; BANDALA, E.R. Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 23, p. 151–164, 2018.

- XU, W. J.; MORRIS, T. C.; SAMOCHA, T. M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169–175, 2016.
- 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.; SUN, X.; HUANG, J. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. **Aquac. Res.**, v. 44, p. 1093–1102, 2012.
- ZHANG, R. H.; LEI, F. Chemical Treatment of Animal Manure for Solid-Liquid Separation. **Society of Agricultural Engineers**, v. 41, n. 916, p. 1103–1108, 1998.
- ZHAO, Z.; XU, Q.; LUO, L. WANG, C.; 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.
- ZEMOR, J.C.; WASIELESKY, W.; FÓES, G.K.; POERSCH, L.H. The use of clarifiers to remove and control the total suspended solids in large-scale ponds for production of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system. **Aquacultural Engineering**, v. 85, p. 74–79, 2019.
- ZOPPAS, F. M., BERNARDES, A. M., & MENEGUZZI, Á. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.1, 29–42, 2016.
- WASIELESKY, W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C. L. Effect of natural production in a zero-exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, 2006.
- WU, L.; PENG, C.; PENG, Y.; LI, L.; WANG, S.; MA, Y. Effect of wastewater COD/N ratio on aerobic nitrifying sludge granulation and microbial population shift. **Journal Environment Science**, v. 24, n. 2, p. 234-241, 2012.

Capítulo 2- Farelo de arroz fermentado como fonte de carbono reduz os sólidos suspensos na recria de tilápia-do-Nilo cultivadas em sistema BFT em condições subótimas de temperatura

Diego Melo de Liz*, Larissa da Cunha*, Bianca Schweitzer⁺, Raphael de Leão Serafini⁺, Thiago El Hadi Perez Fabregat*

*Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Avenida Luiz de Camões 2090, CEP 88520-000 Lages, Santa Catarina, Brazil

⁺Estação Experimental de Caçador – EECD, Rua Abílio Franco 1500, CEP 89501-032 Caçador, Santa Catarina, Brazil

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de carbono sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos em condições subótimas de temperatura. Foram avaliadas diferentes fontes de carbono (melaço de cana de açúcar e farelo de arroz) e seus controles (sem fermentar e fermentado) com diferentes níveis de probiótico. Os tratamentos foram: 1. Controle com melaço de cana de açúcar; 2. Farelo de arroz; 3. Controle com farelo de arroz fermentado (FAF); 4. FAF + probiótico (15 g/Kg); 5. FAF + probiótico (20 g/Kg); 6. FAF + probiótico (25 g/Kg). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais. Foram utilizados 7.500 juvenis de tilápia-do-Nilo com peso inicial ($1,15 \pm 0,02$ gramas) revertidos sexualmente. O experimento teve duração total de 28 dias. Após o período de 14 dias de aclimatação, os peixes foram distribuídos em 30 tanques (800 litros de volume útil), na densidade de 312 animais/m³ de água. Cada tanque foi definido como uma unidade experimental. Todos os tratamentos receberam ração comercial (35% de proteína bruta e 3050 Kcal/kg de energia metabolizável). A qualidade da água dos tanques experimentais foi monitorada semanalmente e no final do experimento o desempenho dos peixes foi avaliado. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve diferença significativa as médias foram comparadas pelo teste de Duncan. O melaço proporciona uma resposta mais rápida no controle da amônia, mas ao longo do experimento o uso do farelo de arroz fermentado proporcionou uma ciclagem de nitrogênio mais eficiente. O farelo de arroz fermentado com 25 g por quilo de Aquate Fertilizer produziu melhores resultados no controle dos sólidos suspensos. A fonte de carbono não afetou o desempenho de juvenis de tilápia cultivados em condições subótimas.

Palavras-chave: Aquicultura, BFT, fermentado, microbiologia intestinal, probiótico.

ABSTRACT

The present study aims to evaluate the effect of different carbon sources on water quality and zootechnical performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles cultured in a biofloc system under suboptimal temperature conditions. Different carbon sources (sugarcane molasses and rice bran) and their controls (unfermented and fermented) with different levels of probiotic were evaluated. The treatments were: 1. Control with sugar cane molasses; 2. Rice bran; 3. Control with fermented rice bran (FAF); 4. FAF + probiotic (15 g/Kg); 5. FAF + probiotic (20 g/Kg); 6. FAF + probiotic (25 g/Kg). The experimental design used was completely randomized, with six treatments and five replications each, totaling 30 experimental units. A total of 7,500 juveniles of Nile tilapia with initial weight (1.15 ± 0.02 grams) sexually reverted were used. The experiment had a total duration of 28 days. After a period of 14 days of acclimatization, the fish were distributed in 30 tanks (800 liters of useful volume), at a density of 312 animals/m³ of water. Each tank was defined as an experimental unit. All treatments received commercial feed (35% crude protein and 3050 Kcal/kg of metabolizable energy). The water quality of the experimental tanks was monitored weekly and at the end of the experiment the performance of the fish was evaluated. Data were submitted to analysis of variance and when there were significant differences, means were compared using Duncan's test. Molasses provides a faster response in the control of ammonia, but throughout the experiment the use of fermented rice bran provided a more efficient nitrogen cycling. Rice bran fermented with 25 g per kilogram of Aquate Fertilizer produced better results in the control of suspended solids. The carbon source did not affect the performance of juvenile tilapia reared under suboptimal conditions.

Keywords: Aquaculture, BFT, fermented, intestinal microbiology, probiotic.

1 INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas intensivos de produção de peixes permite aumentar a produção sem utilizar novas áreas para construção de viveiros. Entretanto, a intensificação da atividade piscícola que depende de grande quantidade de água, o que pode gerar impactos negativos no ambiente devido a presença de produtos residuais nos corpos de água (DE SCHRYVER et al., 2008). Neste sentido, o desenvolvimento de sistemas intensivos com baixa utilização de água são importantes para o desenvolvimento sustentável do setor aquícola. Uma alternativa que já está sendo adotada pelo setor produtivo é o cultivo em sistema de bioflocos (BFT). No sistema BFT, uma co-cultura de bactérias heterotróficas, microalgas, flagelados, ciliados e rotíferos (BALLESTER et al., 2010) são cultivadas sob condições controladas nos tanques de cultivo para manter a qualidade da água e servir de suplemento alimentar (WASIELESKY et al., 2006). Além disso, por ser um sistema fechado com medidas de biossegurança reduz-se a entrada de patógenos e há menor perda de nutrientes por descarga de efluentes.

No sistema BFT os microrganismos convertem parte dos metabólitos nitrogenados tóxicos (amônia, nitrito e nitrato) em biomassa microbiana, formando os bioflocos (AVNIMELECH, 2012). Para o perfeito funcionamento do sistema é necessário corrigir as relações de carbono: nitrogênio de forma a estimular o crescimento bacteriano heterotrófico natural no sistema (DE SCHRYVER et al., 2008). O nitrogênio é oriundo de alimentos não consumidos e das excretas dos organismos cultivados (CRAB et al., 2012) e se faz necessária a adição de uma fonte exógena de carbono (AVNIMELECH, 2012). Com isto se evita um acúmulo de nutrientes ao sistema e é possível minimizar as trocas de água, gerando grande impacto nos organismos cultivados devido à presença de elementos tóxicos de nitrogênio (amônia e nitrito), o crescimento de microrganismos nocivos indesejáveis ou pela proporção desequilibrada de nutrientes (SILVA et al., 2013).

A escolha de fontes de carbono é importante no sistema BFT, pois isso pode afetar substancialmente a produtividade, o valor nutritivo dos bioflocos, a qualidade da água e o desempenho do animal (ROMANO et al., 2018). A principal fonte de carbono utilizada no sistema BFT é o melaço (EKASARI et al., 2015; PÉREZ-FUENTES et al., 2016; XU et al., 2016), que é composto principalmente por carboidrato mais simples como sacarose. Na prática real, o custo do melaço limita seu uso em cultivos em bioflocos (GOMES VILANI et al., 2016). O farelo de arroz é um subproduto das indústrias de processamento de arroz. É considerado uma fonte barata de carbono e tem grande potencial para uso em

sistemas BFT (GOMES VILANI et al., 2016; DAUDA et al. 2017; ROMANO et al. 2018). O uso de carboidratos complexos como o farelo de arroz, farelo de trigo e farinha de tapioca pode aumentar o valor nutritivo dos bioflocos, reduzir significativamente as concentrações de nitrogênio e proporcionam melhor crescimento dos animais cultivados (ASADUZZAMAN et al., 2008; AVNIMELECH, 2007; HARI et al., 2004, 2006; RAKJUMAR et al., 2015; KUMAR et al., 2015; GOMES VILANI et al., 2016).

Os carboidratos complexos do farelo de arroz têm lenta degradação no controle da amônia em sistemas BFT (AVNIMELECH, 2012). A disponibilização gradual do carbono pode evitar picos na produção de sólidos suspensos totais que ocorrem com o uso de fontes mais disponíveis, como o melaço (KUMAR et al., 2015). Por outro lado, o uso destes carboidratos complexos traz dificuldades ao sistema e os resultados com peixes são limitados (ROMANO et al., 2018). Estudos com camarões (*Litopenaeus vannamei*) demonstraram a estabilização do sistema ocorre com algumas semanas de atraso em relação ao uso do melaço (SERRA et al., 2015) e a remoção da amônia ocorre de forma mais lenta (EKASARI et al., 2014). A fermentação é uma estratégia que pode ser adotada para aumentar a proporção de açúcares simples no farelo de arroz e aumentar sua eficiência como fonte de carbono no sistema BFT (EKASARI et al., 2014; ROMANO et al., 2018). A utilização do farelo de arroz fermentado pode aumentar a taxa de utilização por bactérias e com isto é esperada melhora no controle dos compostos nitrogenados (DAUDA et al., 2017; EKASARI et al., 2014). Entretanto, a fermentação da fonte de carbono no cultivo de peixes em sistema BFT é um tópico ainda pouco estudado. O farelo de arroz fermentado já foi utilizado com sucesso no cultivo do bagre africano em sistema BFT (ROMANO et al., 2018; DAUDA et al., 2017). Ainda é necessário validar o uso do farelo de arroz fermentado no cultivo de outras espécies de peixes em sistema BFT, assim como avaliar seus efeitos sobre a qualidade da água.

A produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) está em expansão em todo o mundo (FAO, 2020). É um peixe que se adapta muito bem ao cultivo em sistema BFT (LONG et al., 2015; WANKANAPOL et al., 2017). Por ser um peixe tropical a tilápia não se adapta bem a temperaturas baixas (NOBREGA et al., 2017; EL ASELY et al., 2020; SILVA et al., 2020). No Sul do Brasil seu cultivo é realizado em regiões de clima temperado durante as estações mais quentes do ano. Mesmo nesta época podem ocorrer períodos de baixa temperatura. Em condições subótimas de temperatura o consumo de ração e sobrevivência são afetados (AZAZA et al., 2008). O comportamento do sistema BFT em temperaturas baixa ainda precisa ser estudado. A diminuição das excretas e

aumento das sobras de ração podem afetar a ciclagem de nutrientes. O uso do farelo de arroz fermentado é uma estratégia que pode ajudar na manutenção da qualidade da água e dos sólidos em níveis adequados em condições adversas. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de diferentes fontes de carbono sobre a qualidade da água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT em condições subótimas de temperatura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESIGN EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental de Caçador (EECd) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Caçador, Santa Catarina. Este experimento foi aprovado pela Comissão de ética no uso de animais (CEUA) da UDESC, sob o número de registro 8582130319. O período experimental foi entre março a abril de 2019, com duração de 28 dias de experimentação. Foram avaliadas diferentes fontes de carbono no cultivo de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) em sistema BFT (Tabela 1). Utilizou-se um delineamento em blocos casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições cada, totalizando 30 unidades experimentais. Os tanques foram distribuídos em cinco blocos, em que cada bloco continha os cinco tratamentos. A distribuição foi necessária devido a variação da luminosidade e temperatura que ocorreu dentro das instalações (galpão). O delineamento escolhido foi em blocos para isolar possíveis efeitos de fatores ambientais sobre os tratamentos e qualidade de água.

Tabela 1. Tratamentos avaliados no sistema BFT de tilápias-do-Nilo cultivadas com diferentes fontes de carbono

Tratamentos	Dose de Aquate Fertilizer TM (g/ kg de farelo de arroz)
1. Controle com melaço de cana	-
2. Controle com farelo de arroz	-
3. Farelo de arroz fermentado puro	-
4. Farelo de arroz fermentado enriquecido	15
5. Farelo de arroz fermentado enriquecido	20
6. Farelo de arroz fermentado enriquecido	25

2.2 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Foram utilizados 7.500 alevinos de tilápia-do-Nilo do tipo I (média de peso de 1 grama) masculinizados obtidos de um criatório comercial (Acqua Sul, Santa Catarina,

Brasil). Durante a fase de adaptação (quatorze dias) permaneceram em um tanque “berçário” para adaptação ao sistema de BFT e as rações, que foram as mesmas utilizadas no experimento. Após o período de adaptação, os animais foram submetidos a um jejum de 24 horas, pesados em conjunto e medido seus comprimentos. Os animais foram distribuídos em lotes uniformes na densidade 250 animais por tanque em 30 tanques cilíndricos de 1000 litros (800 litros de volume útil de água). Os tanques eram equipados com sistema de aeração que consistia de mangueiras microperfuradas (Aquadrop) conectadas a um compressor radial. Em cada tanque foi adicionado 1,6 Kg de Cloreto de Sódio (Zizo, Brasil) e mantida essa salinidade (2 g/litro de água) ao longo do experimento, com o objetivo de diminuir a susceptibilidade a doenças e reduzir a chance de intoxicação por nitrito em caso de valores elevados.

Os peixes foram alimentados com ração comercial (Puro Trato, 35% de proteína bruta e 3050 Kcal/Kg de energia metabolizável). Durante a fase de adaptação e nas primeiras semanas de experimento a ração foi farelada com objetivo de facilitar o consumo pelos peixes. A alimentação era realizada duas vezes ao dia (8h30 e 16h30) na proporção de 10% da biomassa (SANTOS et al., 2015) durante todo experimento. Semanalmente foram realizadas pesagens de 10% dos juvenis de cada tanque, visando reajustar a quantidade de ração fornecida.

2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE BFT

Previamente ao experimento os tanques de cultivo foram inoculados um volume correspondente a 20% de água de macrocosmos contendo bioflocos já maturado e o restante completado com água proveniente de poço artesiano. O macrocosmo era composto por um tanque cilíndrico de 10000 litros com 35 animais, tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*), (média de peso de 350 gramas), recebendo a mesma ração do experimento, utilizando o melaço líquido (Melaços Brasileiros, São Paulo, Brasil) como fonte de carbono (relação C/N 15:1) e aeração constante via mangueiras microperfuradas conectadas a um compressor radial.

Para manutenção do sistema heterotrófico do sistema BFT, foi calculada a quantidade de carbono orgânico (melaço ou farelo de arroz fermentado) adicionado a água a fim de manter as relações C/N (15:1) de acordo com Widanarni et al. (2012). O cálculo foi realizado considerando a quantidade de proteína bruta na dieta e nitrogênio excretado pelos peixes, como preconizado por (DE SCHRYVER et al., 2008). Ao longo de todo experimento a água foi renovada somente para repor as perdas por evaporação.

Durante o experimento foi monitorado a alcalinidade e quando se apresentava inferior a 80 mg/ L de CaCO₃ foi corrigida utilizando hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂).

2.4 FARELO DE ARROZ FERMENTADO E ENRIQUECIDO

O farelo de arroz (Suprema, Brasil) foi peneirado (200 micras) e adicionado água (proporção 10 litros/ kg de farelo), carbonato de cálcio (50 g/Kg de farelo de arroz) e o Aquate FertilizerTM de acordo com os tratamentos. Os ingredientes eram incorporados ao farelo de arroz antes do processo de fermentação. Essa mistura ocorria em incubadoras de ovos de peixe com capacidade de 60 litros, lavadas e esterilizadas previamente. O carbonato de cálcio (50 g/ kg de farelo de arroz) tem como função o efeito tampão. O Aquate FertilizerTM (Tabela 2) é um complexo de probiótico e pré-mistura (premix) de minerais.

Tabela 2. Especificação técnica do Aquate FertilizerTM

Níveis de garantia do produto	Quantidade
Mananas (mín.)	26,3 g/kg
Cobre (mín.)	2133 mg/kg
Zinco (mín.)	1249 mg/kg
Selênio (mín.)	75 mg/kg
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (mín.)	8x10 ⁷ UFC/g
Produto seco de fermentação de <i>Aspergillus niger</i>	Não informado
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Não informado

A fermentação tinha duração de 24 horas e durante este período a mistura era mantida em suspensão com o auxílio de um aerador conectado a pedras porosas. Aquecedores com termostato (Roxin, modelo HT-1300 100w) foram utilizados para manter a temperatura média de 26-28°C. Antes de cada coleta dos fermentados para adição de carbono ao sistema de bioflocos, o material era revolvido para uniformização, com o objetivo de incorporar partes aderidas nas bordas e fundo. O fermentado de farelo de arroz era filtrado usando uma tela de 100 micras para retirar os materiais não fermentados (palha, casca, farelo, etc.) antes de ser adicionado as caixas de bioflocos.

2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Durante a fase de preparação dos tanques e ao longo de todo o experimento, os parâmetros de qualidade da água foram para verificação das margens recomendadas para produção de peixes (EL-SAYED & KAWANNA, 2008). A temperatura foi mantida próxima de 19° celsius para avaliação do cultivo em condições subótimas. Após esse

período, os peixes foram introduzidos nos tanques para início do experimento. O oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram medidos duas vezes ao dia (manhã e tarde) por meio de um oxímetro portátil (YSI pro 20). O pH era medido duas vezes por semana, com um pHmetro digital (YSI® F1100).

A concentração de sólidos sedimentáveis foi mensurada uma vez por semana com a utilização do cone de Imhoff (AVNIMELECH, 2007) para servir como parâmetro de controle. Os sólidos suspensos totais (SST) também foram mensurados uma vez por semana, medidos gravimetricamente por meio da filtragem de 25 mL de amostras em filtros de fibra de vidro da marca Macherey-nagel GF-6 (STRICKLAND E PARSONS, 1972). Os sólidos suspensos totais é uma análise que demanda mais tempo para sua realização e serviram para confirmação dos valores de sólidos em conjunto com os sólidos sedimentáveis.

As concentrações de amônia total, nitrito e nitrato foram medidas três vezes por semana por meio de colorimetria de acordo com as metodologias de Koroleff (1976) e Golterman et al. (1978). A concentração de ortofosfato e foram medidos de acordo com métodos propostos por Golterman et al. (1978).

2.6 PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Para determinar os parâmetros de crescimento, os peixes foram pesados no início e semanalmente, durante todo o período experimental. Antes da pesagem, os peixes foram submetidos a um período de jejum de 24 h. Durante a biometria os peixes eram anestesiados com solução de Eugenol (120 mg/L de água), conforme (VIDAL et al., 2008) As seguintes medidas foram registradas e calculadas: peso médio (PM, g= peso amostrado / número peixes amostrados); ganho de peso (GP, g= peso final - peso inicial); consumo individual (CI, g= dieta total consumida por tanque/ número de peixes); conversão alimentar (CA, dieta total consumida por tanque/ ganho de peso dos peixes) sobrevivência (Sob, %= 100 x [número final de peixes] x [número inicial de peixes]);

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade de Bartlett foram empregados com uma significância de 5%. Onde a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias foram encontradas, a análise de variância unidirecional (ANOVA) foi aplicada às variáveis físicas, químicas da qualidade da água e desempenho dos peixes. Quando foi encontrada diferença estatística ($P<0,05$), a ANOVA foi

complementada pelo teste de comparação de médias de Duncan a 5%. A análise dos dados foi realizada utilizando-se o programa estatístico R (versão 3.6.1).

3 RESULTADOS

3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A temperatura média da água de cultivo foi de $19,06 \pm 0,81^\circ\text{C}$ e não variou ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 3). Na segunda semana de experimento os menores ($P < 0,05$) níveis de oxigênio dissolvido foram obtidos com o farelo de arroz cru em comparação com o farelo de arroz fermentado com Aquate Fertilizer. Na quarta semana o oxigênio dissolvido foi menor ($P < 0,05$) com o uso do farelo de arroz cru em comparação com todos os outros tratamentos. O pH não variou ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) da temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e pH da água de tanques de tilápia-do- Nilo em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono.

	Melaço	F. Arroz	F. arroz fermentado	FAF + Aquate Fertilizer (15g/ kg)	FAF + Aquate Fertilizer (20g/ kg)	FAF + Aquate Fertilizer (25g/ kg)
Temperatura (°C)						
Semana 1	20,05 \pm 0,76	20,01 \pm 0,78	19,93 \pm 0,58	20,09 \pm 0,76	19,88 \pm 0,61	19,92 \pm 0,66
Semana 2	18,76 \pm 1,06	18,69 \pm 1,18	18,56 \pm 0,95	18,75 \pm 1,05	18,51 \pm 0,93	18,58 \pm 1,01
Semana 3	19,15 \pm 1,11	19,13 \pm 1,16	19,03 \pm 0,93	19,2 \pm 1,03	19,01 \pm 0,93	19,05 \pm 0,98
Semana 4	20,07 \pm 0,67	20,06 \pm 0,67	19,92 \pm 0,54	20,09 \pm 0,66	19,92 \pm 0,5	19,97 \pm 0,58
OD (mg/L)						
Semana 1	7,8 \pm 0,12	7,55 \pm 0,34	7,69 \pm 0,25	7,63 \pm 0,39	7,82 \pm 0,15	7,84 \pm 0,22
Semana 2	7,65 \pm 0,24AB	7,55 \pm 0,46B	7,73 \pm 0,26AB	7,93 \pm 0,13A	7,93 \pm 0,21A	7,84 \pm 0,36A
Semana 3	7,48 \pm 0,35	7,35 \pm 0,41	7,38 \pm 0,27	7,61 \pm 0,17	7,61 \pm 0,23	7,48 \pm 0,41
Semana 4	6,29 \pm 0,25A	5,7 \pm 0,27B	6,31 \pm 0,33A	6,44 \pm 0,35A	6,44 \pm 0,69A	6,56 \pm 0,3A
pH						
Semana 1	8,23 \pm 0,1	8,22 \pm 0,09	8,24 \pm 0,09	8,22 \pm 0,10	8,31 \pm 0,13	8,25 \pm 0,07
Semana 2	8,16 \pm 0,08	8,04 \pm 0,13	8,07 \pm 0,14	8,18 \pm 0,07	8,13 \pm 0,15	8,13 \pm 0,18
Semana 3	7,25 \pm 0,15	7,24 \pm 0,11	7,19 \pm 0,13	7,28 \pm 0,15	7,19 \pm 0,13	7,22 \pm 0,13
Semana 4	7,2 \pm 0,24	7,17 \pm 0,16	7,1 \pm 0,18	7,08 \pm 0,29	7,02 \pm 0,3	7,11 \pm 0,12

Letras diferentes nas linhas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Duncan. FAF: farelo de arroz fermentado; OD: oxigênio dissolvido;

Na primeira semana de experimento o tratamento com melaço de cana proporcionou a menor ($P < 0,05$) concentração de amônia (Figura 1). Os maiores valores ($P < 0,05$) foram observados com o farelo de arroz fermentado, independentemente da adição de Aquate Fertilizer. A partir da segunda semana de experimento houve uma inversão dos resultados, com o aumento ($P < 0,05$) da concentração de amônia com o uso do melaço em relação aos tratamentos com uso do farelo de arroz cru e fermentado.

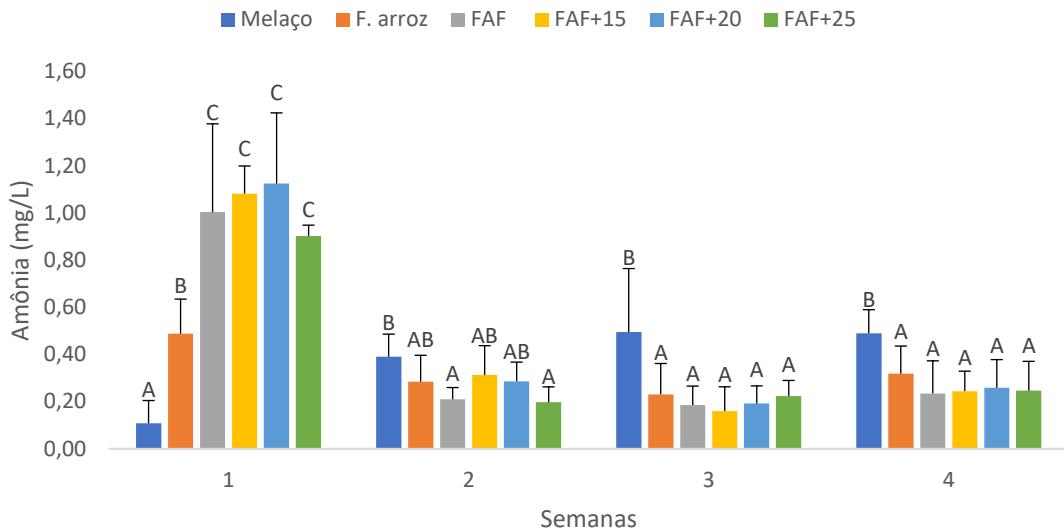


Figura 1. Valores médios (\pm desvio padrão) da amônia da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan.

No início do experimento o nitrito foi mais elevado ($P<0,05$) nos tanques que receberam o farelo de arroz fermentado (Figura 2). Ao final do experimento os menores ($P<0,05$) valores de nitrito foram dos tratamentos com farelo de arroz. Nos dois casos não houve efeito ($P>0,05$) da adição de Aquate Fertilizer.

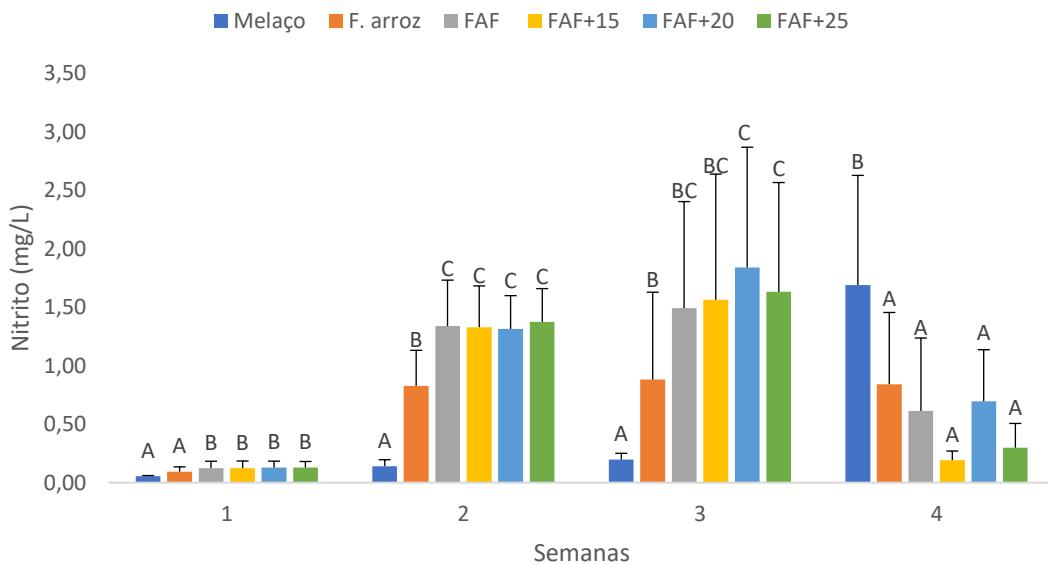


Figura 2. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrito da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer;

FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan.

Nas primeiras semanas de experimento o nitrato foi mais baixo ($P<0,05$) nos tanques que receberam o melaço (Figura 3). Não houveram diferenças claras entre os outros tratamentos. Na terceira e quarta semana de experimento os valores mais elevados ($P<0,05$) foram observados nos tanques que receberam o farelo de arroz fermentado.

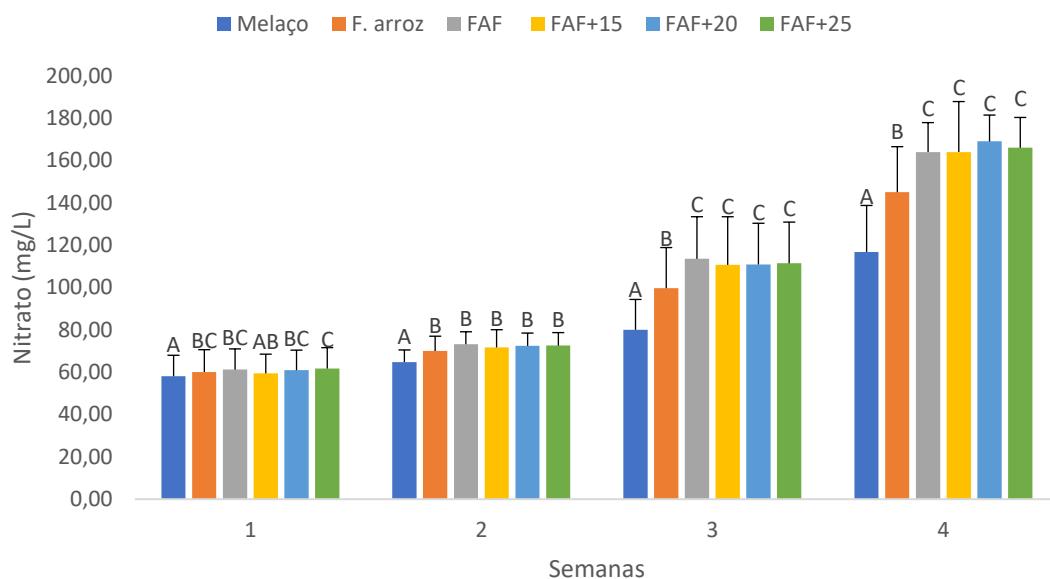


Figura 3. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrato da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan.

Ao longo do experimento de maneira geral os valores de ortofosfato foram mais elevados ($P<0,05$) nos tanques que receberam o farelo de arroz fermentado (Figura 4). Na terceira semana os sólidos suspensos totais foram mais elevados ($P<0,05$) no tratamento com melaço (Figura 5) e o farelo de arroz fermentado com maior nível de inclusão de Aquate FertilizerTM (FAF+25) proporcionou as menores concentrações.

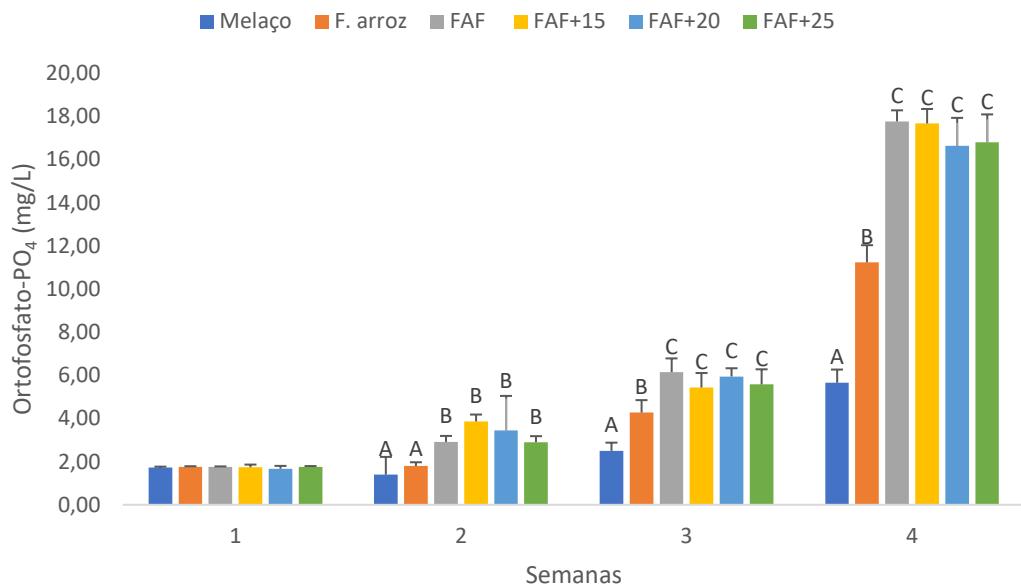


Figura 4. Valores médios (\pm desvio padrão) de ortofosfato da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan.

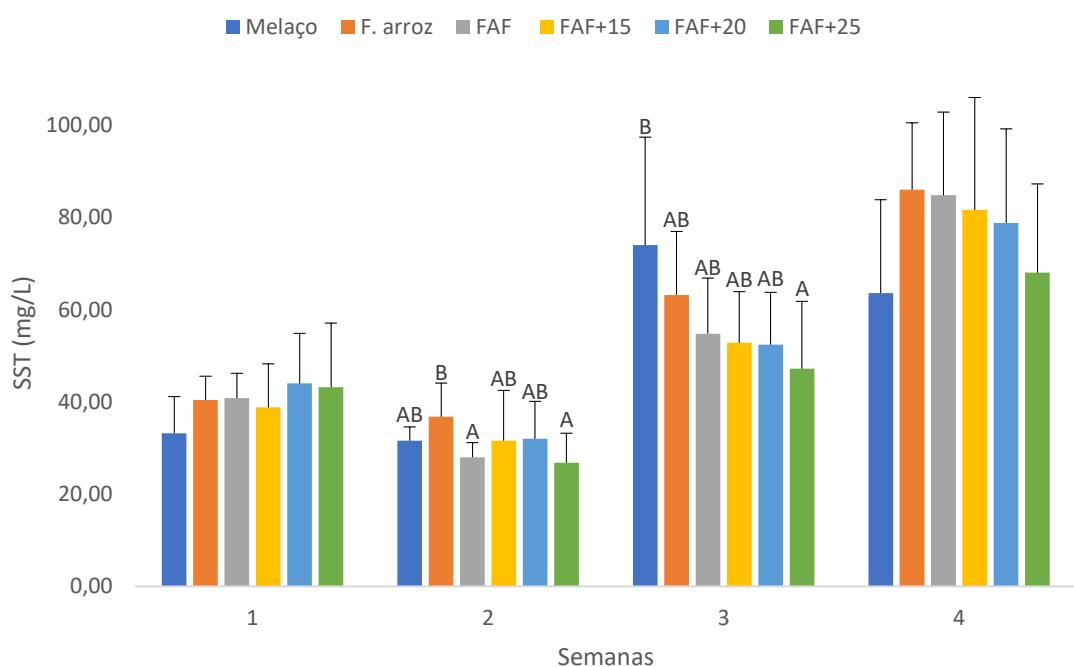


Figura 5. Valores médios (\pm desvio padrão) de sólidos suspensos totais da água de cultivo de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono ao longo do tempo. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan.

3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Os parâmetros de desempenho dos juvenis de tilápia-do-Nilo não variaram ($P>0,05$) entre os tratamentos no final do experimento.

Tabela 4. Valores médios (\pm desvio padrão) de peso médio, comprimento médio, biomassa e sobrevivência de alevinos de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono

	Melaço	F. Arroz	F. arroz fermentado	FAF + Aquate F. (15g/kg)	FAF + Aquate F. (20g/kg)	FAF + Aquate F. (25g/kg)
Peso médio final (g)	2,52 \pm 0,73	2,42 \pm 0,18	2,34 \pm 0,27	2,47 \pm 0,54	2,48 \pm 0,54	2,25 \pm 0,39
GPM final (g)	1,37 \pm 0,75	1,27 \pm 0,19	1,19 \pm 0,28	1,32 \pm 0,55	1,34 \pm 0,56	1,10 \pm 0,40
CS média (g)	1,11 \pm 0,02	1,11 \pm 0,03	1,12 \pm 0,02	1,12 \pm 0,01	1,12 \pm 0,02	1,13 \pm 0,03
CA final	2,31 \pm 0,88	3,87 \pm 0,65	3,74 \pm 1,24	3,27 \pm 0,83	3,86 \pm 1,82	4,27 \pm 1,65
Sobrevivência final (%)	90,56 \pm 4,34	90,48 \pm 5,72	88 \pm 4,22	88,72 \pm 2,6	89,04 \pm 5,21	87,2 \pm 6,62

Letras diferentes nas linhas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Duncan. F. arroz= farelo de arroz; FAF= farelo de arroz fermentado; FAF+15= farelo de arroz fermentado com adição de 15 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+20= farelo de arroz fermentado com adição de 20 g/kg de Aquate Fertilizer; FAF+25= farelo de arroz fermentado com adição de 25 g/kg de Aquate Fertilizer; CS: consumo individual semanal; GPM: ganho de peso médio. *Foram retirados outliers.

4 DISCUSSÃO

O cultivo em temperatura subótimas para a tilápia não prejudicou a formação dos bioflocos. A temperatura de 19,5 graus se manteve próxima do limite para a ciclagem adequada do nitrogênio (GERARDI, 2006) e os resultado indicam que o processo de nitrificação não foi comprometido. O nitrito, nitrato, ortofosfato e SST aumentaram gradativamente ao longo das semanas, porém em todos os tratamentos os parâmetros de qualidade da água se mantiveram dentro de níveis adequados para a produção de alevinos de tilápia-do-Nilo (DE LONG et al., 2009). Mesmo não atingindo níveis tóxicos, os valores de amônia, nitrito e nitrato foram maiores que os obtidos em outros trabalhos em sistema de BFT (AZIM & LITTLE, 2008; BROL et al., 2017; DURIGON et al., 2019; SOUSA et al., 2019). Como a alimentação foi realizada com base na biomassa, o aumento dos compostos nitrogenados pode ser explicado pelas sobras de ração em decorrência do menor consumo pelos animais em condições de temperatura subótima.

Durante parte do experimento o oxigênio dissolvido apresentou menores concentrações com o uso do farelo de arroz cru. Este resultado difere da literatura onde outros autores não observaram diferenças nos níveis de oxigênio dissolvido com a utilização de melaço e farelo de arroz no cultivo de camarões em BFT (BECERRIL-CORTÉS et al. 2018; GOMES VILANI et al., 2016; SERRA et al., 2015; EKASARI et

al., 2014). Por outro lado, a dosagem de uma fonte de carbono orgânico na água de cultivo em tanques em sistema BFT pode induzir uma diminuição nos níveis de oxigênio dissolvido (HARGREAVES, 2006), devido ao metabolismo microbiano aeróbio (DE SCHRYVER et al. 2008). O farelo de arroz cru é composto de carboidratos complexos tiveram que ser digeridos previamente pelos microrganismos para serem disponibilizados, o que pode ter levado a uma maior redução nos níveis de oxigênio. No caso do melaço e do farelo de arroz fermentado os nutrientes estavam mais disponíveis, consumindo menos oxigênio para serem aproveitados. Raikumar et al. (2015) observou aumento na demanda biológica de oxigênio com o uso de fontes de carboidratos complexos, o que confirma uma maior atividade de microrganismos.

Nas primeiras semanas os valores de pH estavam mais básicos, acima de 8, e no final do experimento os valores diminuíram e ficaram mais próximos de 7 em todos os tratamentos. A decomposição da matéria orgânica e dos restos de ração é um processo aeróbico que leva a uma acidificação no meio devido a oxidação da matéria orgânica e aumento da respiração da comunidade de bactérias heterotróficas (EBELING et al., 2006). A oxidação da amônia é um processo que consome oxigênio e libera íons H^+ (ARANA, 2000). O aumento dos sólidos suspensos e do nitrato ao logo do experimento confirma esta possibilidade e pode explicar os resultados obtidos. Destaca-se que mesmo com a redução no pH os valores em todos os tratamentos se mantiveram dentro da faixa adequada para nitrificação e reciclagem do nitrogênio (METCALF E EDDY, 2016).

Na primeira semana do experimento o uso do melaço foi mais eficiente no controle da amônia. Isto ocorreu devido ao melaço ter degradação mais rápida e fornecer níveis mais elevados de carbono como substrato para bactérias heterotróficas usarem no metabolismo da amônia, melhorando assim a qualidade da água (SERRA et al., 2015). Há uma tendência de melhor desempenho de açúcares simples e carboidratos solúveis em termos de remoção rápida de amônia-N (AVNIMELECH, 2012; SERRA et al., 2015; GOMES VILANI et al., 2016; DAUDA et al., 2017; KUMAR et al., 2015). Isso pode estar associado à sua maior solubilidade em água e, subsequentemente, à utilização mais rápida por bactérias heterotróficas (DAUDA, 2019). Nas semanas seguintes o farelo de arroz resultou em um ambiente mais eficaz no controle do nitrogênio e redução da amônia. Já foi demonstrado que com a utilização farelo de arroz como fertilização inicial em sistemas BFT ocorre a liberação do carbono de forma mais lenta, mantendo as concentrações de amônia em concentrações reduzidas por mais tempo quando comparado com melaço de cana-de-açúcar (GOMES VILANI et al., 2016). Este resultado é

confirmado pelo aumento do nitrito e do nitrato que demonstram que a ciclagem do nitrogênio ocorreu forma eficiente.

A fermentação do farelo de arroz não afetou os níveis de amônia e nitrito, mas foi observado aumento no nitrato. A fermentação do farelo de arroz além de disponibilizar mais os nutrientes (OLIVEIRA et al., 2010) também leva a um aumento na presença de microrganismos benéficos (LIÑAN-VIDRIALES et al., 2020). Com isto, pode ter sido propiciado melhores condições para a decomposição do nitrogênio orgânico. As bactérias probióticas podem decompor diretamente os materiais orgânicos, inibindo o crescimento patogênico e contribuindo para a conversão efetiva do nitrogênio amoniacal em nitrato (DALMIN et al., 2001; KEWCHAROEN & SRISAPOOME, 2019). Esses dados são corroborados por Abdel-Tawwab et al. (2020), que obtiveram resultados semelhantes utilizando farelo de arroz fermentado como fonte de carbono no cultivo de camarões. Mais estudos ainda são necessários para relacionar o uso de fermentados no cultivo de tilápia em sistema BFT com a presença de bactérias benéficas na água.

Os níveis de ortofosfato foram mais elevados com a utilização do farelo de arroz fermentado. O farelo de arroz é mais rico em fósforo (0,99% de P) comparado com a cana de açúcar (0,03% de P) (NRC, 1996), o que pode explicar os resultados obtidos. A fermentação do farelo de arroz contribui para aumentar os níveis de ortofosfato em relação ao uso do farelo de arroz cru. No farelo de arroz o fósforo se apresenta na forma de fitato que possui baixa disponibilidade (SUPRIYATI et al., 2015). A fermentação é uma estratégia que pode reduzir fatores antinutricionais e aumentar a disponibilidade de nutrientes. No caso do farelo de arroz já foi demonstrado que pode haver aumento na disponibilidade de diversos minerais como o fósforo, zinco, enxofre e manganês (Christ-Ribeiro, 2017).

Ao longo do experimento os maiores valores de sólidos suspensos foram obtidos com a utilização do melaço. Este resultado já era esperado, pois trata-se de uma fonte de carbono muito disponível que pode levar a picos nos sólidos (KUMAR et al., 2015). Em todos os tratamentos os sólidos aumentaram ao longo do tempo, mas o uso do farelo de arroz proporcionou valores menores. A concentração dos sólidos nos tanques BFT deve ser bem controlada porque está intimamente relacionada com a qualidade da água e o excesso pode provocar danos nas brânquias dos peixes (RAY et al., 2010). A fermentação do farelo de arroz com maior concentração de Aquate FertilizerTM proporcionou menores valores de sólidos suspensos. Assim como ocorreu para o nitrato, a presença de bactérias probióticas na água pode ter contribuído para este resultado. Os resultados obtidos

demonstram que o farelo de arroz fermentado pode ser utilizado para obter um ambiente mais equilibrado nos tanques de cultivo.

O desempenho dos peixes não diferiu entre os tratamentos. As temperaturas subótimas limitaram o consumo (AZAZA et al. 2008) e reduziram o crescimento dos animais, o que pode impedir a detecção de diferenças entre tratamentos. A conversão alimentar também foi elevada, o que era esperado tendo em vista que a alimentação foi realizada com base na biomassa para manter o fluxo de nutrientes para formação dos bioflocos. Ainda assim, cabe destacar que a sobrevivência foi elevada em todos os tratamentos, demonstrando que todas as fontes de carbono podem ser utilizadas em condições subótimas de temperatura sem prejudicar a saúde dos animais. Estudos mais longos em condições de temperaturas mais elevadas ainda são necessários para comprovar os resultados obtidos e detectar possíveis efeitos sobre o desempenho.

CONCLUSÕES

O melaço proporciona uma resposta mais rápida no controle da amônia, mas ao longo do experimento o uso do farelo de arroz fermentado proporcionou uma ciclagem de nitrogênio mais eficiente. O farelo de arroz fermentado com 25 g por quilo de Aquate FertilizerTM produziu melhores resultados no controle dos sólidos suspensos.

A fonte de carbono não afetou o desempenho de juvenis de tilápia cultivados em condições subótimas.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; KHALIL, R.H.; NOUR, A.M.; ELKHAYAT, B.K.; KHALIFA, E.; ABDEL-LATIF, H. M.R. Effects of *Bacillus subtilis*-fermented rice bran on water quality, performance, antioxidants/oxidants, and immunity biomarkers of White leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared at different salinities with zero water Exchange. **Journal of Applied Aquaculture**, p. 1 -26, 2020.
- ABRAM, Q.H.; DIXON, B.; KATZENBACK, B.A. Impacts of low temperature on the teleost immune system. **Biology**, v.6, n.39, 2017.
- ARANA, L.V. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. **Florianópolis: UFSC**, 231 p., 2000.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; HUQUE, S.; SALAM, M.A.; AZIM, M.E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) production in ponds. **Aquaculture**, v. 280, p. 117– 123, 2008.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140–147, 2007.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology- A Pratical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Lousiana, United States, 2009.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272p., 2012.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227–235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. **Aquac. Eng.** v. 34, n.3, p. 172–178, 2006.
- AVNIMELECH, Y. Sustainable Land-based Aquaculture: Rational Utilization of Water, Land and Feed Resources. **Mediterranean Aquaculture Journal**. v. 1, n.1, p. 45–54, 2008.
- AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology - saving water, waste recycling improves economics. **Global Aquaculture Advocate**, p.66-68, 2011.
- AZAZA, M. S.; DHRAÏEF, M. N.; KRAÏEM, M. M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. **J. Ther. Biol.**, n. 33, p. 98-105, 2008.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc coposition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.
- 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.

BECERRIL-CORTÉS, D.; MONROY-DOSTA, M. C.; EMERENCIANO, M. G. C.; CASTRO-MEJÍA, G.; BERMÚDEZ, B. S. S.; CORREA, G. V. Effect on nutritional composition of produced bioflocs with different carbon sources (Molasses, coffee waste and rice bran) in Biofloc system. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, n. 8, v. 2, p. 541-547, 2018.

BEHMER, O.H., E.M.C. TOLOSA; A.G. FREITAS NETO. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. Barueri-SP, Manole, 256 pp. 2003.

BEHRENDTS, L. L.; KINGSLEY, J. B.; BULLS, M. J. Cold tolerance in maternal mouthbrooding tilapias: Phenotypic variation among species and hybrids. *Aquaculture*, 85(1-4), 271-280, 1990.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Pond Aquaculture Water Quality Management. **Springer Science Business Media**, New York, USA, p. 87-152, 1998.

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

BUFORD, M.A., LORENZEN, K. **Modeling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediments remineralization**. *Aquaculture*, n. 229, p. 129 –145, 2004.

CAVALCANTE D.H.; SILVA S.R.; PINHEIRO P.D.; AKAO, M.M.F.; SÁ, M.V.C. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum Technology*, v.32, n.2, p.177-183, 2012.

CHRIST-RIBEIRO, A.; GRAÇA, C.S.; CHIATTINI, L.D.; MASSAROLO, K.C.; DUARTE, F.A.; MELLADO, M.L.S.; SOARES, L.A.S. Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. *Research & Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 6, n.2, p. 45- 42, 2017.

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

DALMIN, G.; KATHIRESAN, K.; PURUSHOTHAMAN, A. Effect of probiotics on bacterial population and health status of shrimp in culture pond ecosystem. *Indian Journal of Experimental Biology*, v. 39, p. 939–942, 2001.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. S.; EKASARI, J. Different carbon sources affected biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African Catfish *Clarias gariepinus*

fingerlings reared in intensive biofloc technology system. **Fisheries Science**, v. 83, p.1037–1048, 2017.

DAUDA, A. B. Biofloc technology: a review on the microbial interactions, operational parameters and implications to disease and health management of cultured aquatic animals. **Reviews in Aquaculture**, p. 1–18, 2019.

DAWOOD, M.A.O.; EWEEDAH, N.M.; ELBIALY, Z.I.; ABDELHAMID, A.I. Dietary sodium butyrate ameliorated the blood stress biomarkers, heat shock proteins, and immune response of Nile tilápis (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. **Journal of Thermal Biology**, v. 88, 2020.

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

DE LONG, D.P.; LOSORDO, T.M.; RAKOCY, J.E. **Tank Culture of Tilapia**. SRAC Publication v. 282, p. 1-8, 2009.

DURIGON, E. G.; LAZZARI, R.L; UCZAY, J.; LOPES, D. L. A.; JERÔNIMO, G. T.; SGNAULIN, T.; EMERENCIANO, M. G. C. Biofloc technology (BFT): Adjusting the levels of digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. **Aquaculture and Fisheries**, 2019.

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

EKASARI, J.; HANIF AZHAR, M.; 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 JR., M.; UGENT, P.B.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, v. 441. p.72-77, 2015.

EL ASELY, A. M.; REDA, R. M.; SALAH, A. S.; MAHMOUD, M. A.; DAWOOD, M. A. O. Overall performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) associated with using vegetable oil sources under suboptimal temperature. **Aquaculture Nutrition**, p. 1-10, 2020.

EL-SAYED, A. F. M.; KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. **Aquaculture**, v. 280, n. 1, p. 179-184, 2008.

EL-SHERIF, M.S.; EL-FEKY, A.M.I. Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings. I. Effect of pH. **International Journal of Agriculture and Biology** 11, 297-300, 2009.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome, 2020.

GERARDI, M. H. **Wastewater Bacteria**, (Série Wasterwater Microbiology). Hoboken: John Wiley & Sons, 272 p., 2006.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater, **Blackwell Scientific Publication**, London, 1978.

GOMES VILANI, F.G.; SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.F.; VIEIRA, F.N.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; SEIFFERT, W.Q. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquacultural Engineering**, v. 74, p. 70–75, 2016.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquac. Eng.**, v. 34, p.344-363, 2006.

HARI, B.; KURUP, 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, p. 179-194, 2004.

HARI, B.; KURUP, B.M.; VARGHESE, J.T.; SCHRAMA, J.W.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. **Aquaculture**, v. 252, p. 248–263, 2006.

KEWCHAROEN, W.; SRISAPOOME, P. Probiotic effects of *Bacillus* spp. from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on water quality and shrimp growth, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strains). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 94, p.175–189, 2019.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: K. Grassnof (ed.), Methods of sea water analysis, **Verlag Cemie**. Weinhein., New York, 1976.

KUMAR, S.; ANAND, P. S. S.; DE, D.; DEO, A. D.; GHOSHAL, T. K.; SUNDARAY, J. K.; PONNIAH, A. G.; JITHENDRAN, K. P.; RAJA, R. A.; BISWAS, G.; LALITHA, N. Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). **Aquaculture Research**, v. 38, n. 3 p. 1-15, 2015.

LIM, S.-J.; KIM, S.-S.; PHAM, M.-A.; SONG, J.-W.; CHA, J.-H.; KIM, J.-D.; LEE, K.-J. Effects of Fermented Cottonseed and Soybean Meal with Phytase Supplementation on Gossypol Degradation, Phosphorus Availability, and Growth Performance of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*). **Fisheries and Aquatic Sciences**, v.13, n. 4, p. 284–293, 2010.

LIÑAN-VIDRIALES, M.A.; PEÑA-RODRÍGUEZ, A.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; ELIZONGO-GONZÁLEZ, R.; BARAJAS-SANDOVAL, D.R.; PONCE-GRACÍA, E.I.; RODRÍGUEZ-JARAMILLO, C.; BALCÁZAR, J.L.; QUIROZ-GUZMÁN, E. Effect of rice bran fermented with *Bacillus* and *Lysinibacillus* species on dynamic microbial activity of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). **Aquaculture**, 2020.

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.

METCALF, L.; EDDY, H. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 1980 p., 2016.

NOBREGA, R. O.; CORRÊA, C. F.; MATTIONI, B.; FRACALOSSI, D. M. Dietary α -linolenic for juvenile Nile tilapia at cold suboptimal temperature. **Aquaculture**, n. 471, p. 66–71, 2017.

OLIVEIRA, M. S.; FEDDERN, V.; KUPSKI, L.; CIPOLATTI, E. P.; BADIALE-FURLONG, E.; SOUZA-SOARES, L. A. Physico-chemical characterization of fermented rice bran biomass Caracterización fisico-química de la biomasa del salvado de arroz fermentado. **CyTA - Journal of Food**, v.8, n.3, p. 229–236, 2010.

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.

RAY, A.J.; LEWIS, B.L.; BROWDY, C.L.; LEFFLER, J.W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, p. 89–98, 2010.

ROMANO, N.; DAUDA, A. B.; IKHSAN, N.; KARIM, M.; KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, p. 1-11, 2018.

SANTOS, M. M.; CALUMBY, J. A.; COELHO FILHO, P.A.; SOARES, E.C.; GENTELINI, A.L. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo. **Boletim Instituto da Pesca**, v.41, n.2, p.387 -395, 2015.

SERRA, F.P.; GAONA, C.A.P.; FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, n.6, p. 1325–1339, 2015.

SILVA, B. C.; PEREIRA, A.; MARCHIORI, N. C.; MARIGUELE, K. H.; MASSAGO, H.; KLABUNDE, G. H. F. Cold tolerance and performance of selected Nile tilapia for suboptimal temperatures. **Aquaculture Research**, p. 1-7, 2020.

SILVA, K. R.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 1, p. 30–41, 2013.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa: **Fishery Research Board Canada**. 310 p., 1972.

SOUSA, A.A.; LOPES, D.L.A.; EMERENCIANO, M.G.C.; NORA, L.; SOUZA, C. F.; BALDISSERA, M.D.; BALDISSEROTTO, B.; ALBA, D.F.; DA SILVA, A.S. Phosphatidylcholine in diets of juvenile Nile tilapia in a biofloc technology system: Effects on performance, energy metabolism and the antioxidant system. **Aquaculture**, 2019.

SUPRIYATI, H. T.; SUSANTI, T.; SUSANA, I. W. R. Nutritional value of rice bran fermented by *Bacillus amyloliquefaciens* and humic substances and its utilization as a feed ingredient for broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, 28, 231–238, 2015.

VIDAL, L.V.O.; ALBINATI, R.C.B.; ALBINATI, A.C.L.; LIRA, A.D.; ALMEIDA, T.R.; SANTOS, G.B. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-nilo. **Pesq. agropec. bras.**, v.43, n. 8, 2008.

XU, W. J.; MORRIS, T. C.; SAMOCHA, T. M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169–175, 2016.

WASIELESKY, W., ATWOOD, H., STOKES, A., BROWDY, C.L. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, p. 396-403, 2006.

WANKANAPOL, A.; CHAIBU, P.; SOONTHORNVIPAT, S. Evaluation of Different Carbon Sources for Biofloc Production in Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Culture. **Silpakorn U Science & Tech J.**, Vol.11, 2017.

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.

Capítulo 3- Efeito da fonte de carbono e da coagulação com produto a base de tanino no controle dos sólidos suspensos no cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo em sistema BFT

Diego Melo de Liz*, Luiz Augusto Cipriani*, Mariana Bender*, Nataly Neves Oliveira dos Santos*, Everton Skoroski*, Ricardo Sachini[†], Thiago El Hadi Perez Fabregat*

*Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Avenida Luiz de Camões 2090, CEP 88520-000 Lages, Santa Catarina, Brazil

[†]Estação Experimental de Caçador – EECD, Rua Abílio Franco 1500, CEP 89501-032 Caçador, Santa Catarina, Brazil

RESUMO

O objetivo foi avaliar o efeito da fonte de carbono e da coagulação (com coagulante a base de tanino) no controle dos sólidos suspensos sobre a qualidade da água, desempenho e saúde intestinal de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, quatro tratamentos e cinco repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais. O esquema de análise utilizado foi o fatorial (2x2), sendo as variáveis fonte de carbono (melaço ou farelo de arroz fermentado) e formas de controle de sólidos (troca parcial de água ou coagulante a base de tanino). Foram utilizados 300 juvenis de tilápia-do-Nilo com peso inicial ($3,2 \pm 0,01$ gramas) revertidos sexualmente. O melaço como fonte de carbono foi mais eficiente no controle da amônia e do fosfato. O farelo de arroz fermentado foi efetivo no controle dos sólidos suspensos totais e os maiores valores de nitrato e aumento na contagem de bactérias heterotróficas na água. A coagulação com produto a base de tanino levou a valores de nitrito mais elevados, mostrando uma maior eficiência na conversão dos compostos nitrogenados. Não foi observado efeito da fonte de carbono e do sistema de controle dos sólidos sobre o desempenho dos peixes, mostrando que todas as diferentes combinações de fontes de carbono e técnicas de controle dos sólidos podem ser utilizadas de forma segura para os peixes no sistema BFT.

Palavras-chave: Bioflocos, floculação, tanino, controle de sólidos.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of carbon source and coagulation (with tannin-based coagulant) on the control of suspended solids on water quality, performance and intestinal health of Nile tilapia juveniles cultured in a BFT system. The experimental design used was completely randomized, with four treatments and five replications each, totaling 20 experimental units. The analysis scheme used was the factorial (2x2), with the variables carbon source (molasses or fermented rice bran) and forms of solids control (partial exchange of water or tannin-based coagulant). 300 juveniles of Nile tilapia with initial weight (3.2 ± 0.01 grams) sexually reverted were used. Molasses as a carbon source was more efficient in controlling ammonia and phosphate. The fermented rice bran was effective in controlling the total suspended solids and the highest values of nitrate and increase in the count of heterotrophic bacteria in the water. Coagulation with tannin-based product led to higher nitrite values, showing greater efficiency in the conversion of nitrogen compounds. No effect of carbon source and solids control system on fish performance was observed, showing that all different combinations of carbon sources and solids control techniques can be used safely for fish in the BFT system.

Keywords: Biofloc, flocculation, tannin, solids control

1 INTRODUÇÃO

O cultivo em bioflocos (BFT) é um sistema ecologicamente correto que reduz o consumo de água, remove a amônia tóxica e reduz o volume de poluentes lançados no ambiente. Para isto é estimulada a formação de uma biota predominantemente aeróbia e heterotrófica, que é induzida através da fertilização da água com fontes ricas em carbono orgânico e aeração constante do ambiente (AVNIMELECH, 2009). Os microrganismos mantêm a qualidade da água e servem de suplemento alimentar para os organismos cultivados. Trata-se de uma tecnologia nova que já mostrou bons resultados no cultivo de várias espécies de peixes (AZIM E LITTLE, 2008; MAHANAND et al., 2013; NAJDEGERAMI et al., 2015; ROCHA et al., 2021).

O cultivo em BFT exige cuidado com os parâmetros de qualidade da água. Podem ocorrer picos nos compostos nitrogenados e sólidos totais, o que prejudica o desempenho e pode levar a morte dos animais (HARGREAVES, 2013). O controle dos compostos nitrogenados é realizado com a adição de uma fonte de carbono para corrigir a relação carbono nitrogênio (AVNIMELECH, 2012). No sistema de cultivo em BFT a principal fonte de carbono utilizada é o melaço (XU et al., 2016), que é composto principalmente por carboidrato mais simples como sacarose, facilmente assimilado pelas bactérias (SILVA et al., 2017). O custo elevado limita a utilização do melaço (GOMES VILANI

et al., 2016). Uma alternativa é uso farelo de arroz fermentado. A fermentação aumenta a população de microrganismos benéficos e melhora a disponibilidade de carboidratos solúveis pela degradação dos carboidratos fibrosos (ROMANO et al., 2018). O farelo de arroz já foi utilizado com resultados positivos como fonte de carbono no cultivo de peixes em sistema BFT (ROMANO et al., 2018; DAUDA et al., 2017).

O excesso de sólidos reduz pode obstruir as brânquias dos peixes e levar a taxas elevadas de mortalidade (RAY et al., 2010). Além disso, o controle dos sólidos pode aumentar a demanda por trocas parciais de água. Uma alternativa para as trocas parciais de água é a utilização de técnicas como a coagulação seguida da floculação. A coagulação é um processo de tratamento físico-químico, a partir da adição de agentes químicos, que serão responsáveis pela agregação de partículas suspensas, a fim de formar flocos reguláveis (TRAN et al., 2012). Trata-se de uma tecnologia estabelecida e aplicada em todo o mundo no tratamento de água residuárias (VILLASEÑOR-BASULTO et al., 2018). É uma metodologia de baixo custo, simples, confiável e de baixa energia e comumente praticado (OLADOJA, 2015).

Em geral no processo de coagulação são utilizados coagulantes químicos como alumínio, ferro (III) e polímeros sintéticos (KANSAL; KUMARI, 2014) que podem provocar problemas de saúde (MARTINS et al., 2014). O uso destas substâncias limita o uso desta técnica na aquicultura pois pode afetar os animais cultivos. Uma alternativa viável são os coagulantes orgânicos, com destaque para o tanino extraído da *Acacia mearnsii* (Acácia negra) (HAMEED et al., 2018). Este coagulante foi eficiente na remediação de águas residuais municipais, clarificação de águas superficiais, fármacos, corantes e surfactantes (BELTRÁN-HEREDIA; SÁNCHEZ-MARTÍN, 2010; MANGRICH et al., 2014). A coagulação/floculação com tanino é estratégia que ainda precisa ser avaliada no controle dos sólidos suspensos de forma a reduzir as trocas de água de cultivo em BFT.

A produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) está em expansão em todo o mundo (FAO, 2020). É um peixe que se adapta muito bem ao cultivo em sistema BFT (LONG et al., 2015; WANKANAPOL et al., 2017). O uso do farelo de arroz fermentado e coagulante a base de tanino são estratégias que podem ser utilizadas no cultivo da tilápia em BFT. Assim sendo, objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do coagulante a base de tanino no controle dos sólidos suspensos, e do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono sobre a qualidade da água, desempenho e saúde intestinal de juvenis de tilápia-do-Nilo cultivados em sistema BFT.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESIGN EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Piscicultura (LAPIS) do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e as análises de qualidade de água foram desenvolvidas na Estação Experimental de Caçador (EECd) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Caçador, Santa Catarina. O experimento foi aprovado pela Comissão de ética no uso de animais (CEUA) da UDESC, sob o número de registro 3860131221. Foram avaliadas duas fontes de carbono (melaço e farelo de arroz fermentado) e dois sistemas de controle dos sólidos (trocas parciais de água e coagulante a base de tanino). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 com cinco repetições. O experimento teve duração de 56 dias.

2.2 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Juvenis masculinizados (média de peso de $1.0 \pm 0,5$ gramas) de tilápia-do-Nilo foram distribuídos em 20 tanques redondos de 100 litros (volume útil de 70 litros) na densidade de 15 peixes por tanque. Os juvenis eram provenientes de um criatório comercial (Acqua Sul, Santa Catarina, Brasil) e foram aclimatados as condições experimentais durante 14 dias. Os tanques eram equipados com sistema de aeração que consistia de mangueiras microperfuradas (Aquadrop) conectadas a um compressor radial. Foram utilizados aquecedores com termostato (Roxin, modelo HT-1300 100w) para manter a temperatura média de 26-28°C.

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia (8h30 e 16h30) com ração comercial (Presence®). A composição indicada pelo fabricante era de 45% de proteína bruta, 8% de extrato etéreo, 15% de matéria mineral, 4% de fibra bruta, 3% (valor máximo) de cálcio e 0,8% de fosforo. A alimentação foi realizada na proporção de 5% da biomassa (UDDIN et al., 2009) durante todo experimento. Semanalmente foram realizadas pesagens de 100% dos juvenis de cada tanque, visando reajustar a quantidade de ração fornecida.

2.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE BFT

Duas semanas antes do início do experimento os tanques de cultivo foram inoculados um volume correspondente a 15% de água de um macrocosmo contendo

bioflocos já maturado e estabelecido com o objetivo de evitar picos nos compostos nitrogenados ao longo do experimento. O macrocosmo consistia de um tanque redondo de 500 litros com 30 tilápias do Nilo (média de peso 120 gramas) equipado com sistema de aeração constante via mangueiras microperfuradas conectadas a um compressor radial. Durante a fase de preparação dos tanques os parâmetros de qualidade da água foram os seguintes: temperatura ($28\pm0,4$ °C), oxigênio dissolvido ($7,75\pm0,7$ mg L⁻¹), pH ($8,25\pm0,25$), amônia ($0,2\pm0,2$ mg L⁻¹), nitrito ($0,25\pm0,25$ mg L⁻¹) e nitrato (40 ± 20 mg L⁻¹). Os peixes eram alimentados duas vezes ao dia com ração (Supra, Acqua line[®]) com 32% PB e energia digestível (mín) 3200kcal/kg. Como fonte de carbono era utilizado o melaço líquido (Melaços Brasileiros, São Paulo, Brasil) na relação C/N de 15:1 (WIDANARNI et al., 2012).

Para manutenção do sistema BFT ao longo do experimento, foi calculada a quantidade de carbono orgânico que devia ser adicionada a água de cultivo a fim de manter as relações C/N (15:1) de acordo com Widanarni et al. (2012). O cálculo considera a quantidade de proteína bruta na dieta e nitrogênio excretado pelos peixes, como preconizado por (DE SCHRYVER et al, 2008). Como fonte de carbono foi utilizado melaço líquido (Melaços Brasileiros, São Paulo, Brasil) e farelo de arroz fermentado. Para a fermentação o farelo de arroz (Suprema, Brasil) foi peneirado (200 micras) e adicionado de água (proporção 10 litros kg⁻¹ de farelo) e carbonato de cálcio (50 g kg⁻¹ de farelo de arroz). O carbonato de cálcio tem como função o efeito tampão. Os ingredientes foram incorporados ao farelo de arroz em balde com capacidade de 10 litros, lavadas e esterilizadas previamente.

A fermentação ocorreu de forma natural sem inoculação de nenhum grupo de microrganismos durante 24 horas. A mistura era mantida em suspensão com o auxílio de um aerador conectado a pedras porosas e Aquecedores com termostato (Roxin, modelo HT-1300 100w) foram utilizados para manter a temperatura média de 26-28°C. Antes da utilização o material era revolvido para uniformização, com o objetivo de incorporar partes aderidas nas bordas e fundo. O fermentado de farelo de arroz era filtrado usando uma tela de 100 micras para retirar os materiais não fermentados (palha, casca, farelo, etc.) antes de ser adicionado as caixas de bioflocos.

Foram realizadas as contagens de bactérias ácido lácticas (BAL) e heterotróficas totais do farelo de arroz fermentado (Tabela 7), para isso as amostras foram coletadas após 24 horas de fermentação e posteriormente realizada as análises. As amostras foram homogeneizadas em solução salina estéril a 0,65% e em seguida foram diluídos em série

(1:10) em tubos de ensaio contendo soro fisiológico estéril e transplantadas em placas de Petri com ágar MRS (Man Rogosa Sharpe) e TSA (agar de soja triptona) para quantificar as bactérias ácido láctico e bactérias heterotróficas totais, respectivamente. Foram inoculados 0,1 microlitros por placa e posteriormente homogeneizadas as amostras com vórtex (Prolab, modelo VX-28). Os homogeneizados de água foram transplantados em placas de Petri e incubados em estufa a $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Unidades formadoras de colônias totais (UFC) foram contadas 24 horas após a incubação no meio TSA. No meio MRS, a contagem foi realizada 48 horas após a incubação.

Tabela 5. Contagem de bactérias (média \pm desvio padrão) do farelo de arroz fermentado utilizado como fonte de carbono em sistema BFT.

Grupo de bactérias	(Log 10 UFC/mL)
Heterotróficas totais	7,23 \pm 0,5
Ácido lácticas	8,22 \pm 1,73

Para quantificar o volume dos bioflocos ao longo do experimento, análises de sólidos sedimentáveis com cones Imhoff eram realizadas duas vezes por semana nas primeiras duas semanas, e cinco vezes por semana a partir da terceira semana até o fim do experimento. A fim de determinar a frequência de controle dos sólidos adotou-se como nível mínimo de 5 mL L $^{-1}$ e máximo de 20 mL L $^{-1}$ de sólidos sedimentáveis (AVNIMELECH, 2011). A redução dos sólidos via troca parcial de água era realizada através do descarte e reposição até atingir o nível mínimo (5 mL L $^{-1}$) de sólidos sedimentáveis. Já a redução dos sólidos por coagulante a base de tanino foi realizada através de uma estação de condicionamento de água para reuso (ECAR). O coagulante a base de tanino (Tanac® modelo MTH) utilizado é um produto extraído da acácia negra (*Acacia mearnsii*) e utilizado na concentração de 20% (m/v). As soluções foram preparadas dissolvendo-se 10 gramas do coagulante a base de tanino em 50 mL de água destilada um dia antes da respectiva utilização e armazenadas em recipiente sob abrigo de luz. Após a coleta, as amostras de cada caixa permaneceram decantando durante 30 minutos a fim de simular um decantador primário para a remoção dos sólidos mais densos. Utilizou-se um misturador mecânico para adicionar o coagulante a base de tanino a água e posteriormente o material sedimentou e passou por filtragem física (carvão ativado, areia e quartzo).

2.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

As análises laboratoriais de água foram desenvolvidas na Estação Experimental de Caçador (EECd) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Caçador, Santa Catarina. Durante a fase de preparação dos tanques e ao longo de todo o experimento, os parâmetros de qualidade da água foram verificados e controlados para ficar dentro dos valores recomendados para produção de peixes (EL-SAYED & KAWANNA, 2008). O oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram medidos duas vezes por semana por meio de um oxímetro portátil (Alfakit® modelo AT-170). O pH foi medido duas vezes por semana, com um pHmetro digital (Hanna® HI98129). A concentração de sólidos sedimentáveis foi mensurada duas vezes até a segunda semana e cinco vezes por semana até o fim do experimento com a utilização do cone de Imhoff (AVNIMELECH, 2007) juntamente foram mensurados os valores de turbidez (Alfakit® turbidímetro plus). Os sólidos suspensos totais (SST) foram medidos gravimetricamente por meio da filtragem de 25 mL de amostras em filtros de fibra de vidro da marca Macherey-nagel GF-6 (STRICKLAND E PARSONS, 1972), respectivamente. As concentrações de amônia total, nitrito e nitrato foram medidas duas vezes por semana de acordo com as metodologias de Koroleff (1976) e Golterman et al. (1978). A concentração de ortofosfato e alcalinidade foram medidos de acordo com métodos propostos por Golterman et al. (1978). A dureza total pelo método de titulação EDTA (EATON et al., 2005).

Em cada tanque foi adicionado 0,35 Kg de Cloreto de Sódio (Zizo, Brasil) e mantida essa salinidade (5 g.L⁻¹ de água) ao longo do experimento, com o objetivo de diminuir a susceptibilidade a doenças e reduzir a chance de intoxicação por nitrito em caso de valores elevados. Durante todo o experimento foram medidos (YSI® professional series) semanalmente o nível de salinidade e ajustado para manter o nível de 5% de salinidade da água de cultivo.

Foi realizada a contagem de bactérias *Vibrio* spp., ácido lácticas (BAL) e heterotróficas totais da água de cultivo. As amostras de água foram coletadas de todas as caixas ao final do experimento e posteriormente realizada as análises. As amostras foram homogeneizadas em solução salina estéril a 0,65% e em seguida foram diluídos em série (1:10) em tubos de ensaio contendo soro fisiológico estéril e transplantadas em placas de Petri com ágar TCBS (tirosulfato citrato biliar sacarose), ágar MRS (Man Rogosa Sharpe) e TSA (agar de soja triptona) para quantificar as bactérias *Vibrionaceae*, ácido láctico e bactérias heterotróficas totais, respectivamente.

Foram inoculados 0,1 microlitros por placa e posteriormente homogeneizadas as amostras com vórtex (Prolab, modelo VX-28). Os homogeneizados de água foram transplantados em placas de Petri e incubados em estufa a $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Unidades formadoras de colônias totais (UFC) foram contadas 24 horas após a incubação nos meios TCBS e TSA. No meio MRS, a contagem foi realizada 48 horas após a incubação.

2.6 PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Ao final do período experimental foram determinados os parâmetros de desempenho zootécnico. Antes da pesagem, os peixes foram submetidos a um período de jejum de 24 h. Durante a biometria os peixes eram anestesiados com solução de Eugenol (120 mg.L^{-1} de água), conforme (VIDAL et al., 2008) As seguintes medidas foram registradas e calculadas: peso médio (PM, $\text{g} = \text{peso amostrado} / \text{número peixes amostrados}$); ganho de peso (GP, $\text{g} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$); consumo individual (CI, $\text{g} = \text{dieta total consumida por tanque} / \text{número de peixes}$); conversão alimentar (CA, dieta total consumida por tanque/ ganho de peso dos peixes) sobrevivência (Sob, $\% = 100 \times [\text{número final de peixes}] \times [\text{número inicial de peixes}]$);

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental possui 4 tratamentos e cinco repetições cada. Sendo cada tanque uma repetição. O delineamento escolhido foi interamente casualizados (DIC) para evitar efeito dos blocos sobre os tratamentos no desempenho zootécnico e na qualidade de água. O esquema de analise utilizado foi o fatorial (2×2), sendo as variáveis fonte de carbono (melaço ou farelo de arroz fermentado) e formas de controle de sólidos (substituição ou tratamento da água de cultivo).

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk e o teste de homocedasticidade de Bartlett foram empregados com uma significância de 5%. Onde a normalidade da amostra e a homogeneidade das variâncias foram encontradas, a análise de variância unidirecional (ANOVA) foi aplicada às variáveis físicas e químicas da qualidade da água, contagem de bactérias e no desempenho dos peixes. Quando foi encontrada diferença estatística ($P < 0,05$), a ANOVA foi complementada pelo teste de comparação de médias. A análise dos dados será realizada utilizando-se o programa estatístico R (versão 4.0).

3 RESULTADOS

3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os fatores para a temperatura, oxigênio dissolvido e pH nos tanques de cultivo durante do experimento (Tabela 6). Ao longo das semanas a temperatura e os níveis de oxigênio dissolvido não variaram ($P>0,05$) entre os tratamentos. Na oitava semana de experimento o farelo de arroz fermentando como fonte de carbono reduziu ($P<0,05$) os valores de pH em relação ao melaço.

Tabela 6. Qualidade da água (média ajustada \pm desvio padrão: $n=20$) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controle de sólidos.

	Fonte de Carbono (A)		Controle de sólidos (B)		P valor		
	Melaço	FAF	TPA	Tanino	Fator A	Fator B	AxB
<i>Temperatura (°C)</i>							
Semana 2	28,78 \pm 0,35	28,61 \pm 0,25	28,74 \pm 0,2	28,65 \pm 0,2	0,1772	0,4657	0,1772
Semana 4	28,53 \pm 0,24	28,35 \pm 0,22	28,55 \pm 0,07	28,33 \pm 0,41	0,1395	0,0755	0,3153
Semana 6	29,62 \pm 0,3	29,45 \pm 0,22	29,54 \pm 0,22	29,53 \pm 0,26	0,1433	0,929	0,2564
Semana 8	29,99 \pm 0,33	29,77 \pm 0,49	29,93 \pm 0,9	29,83 \pm 0,74	0,4669	0,7392	0,4282
<i>Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹)</i>							
Semana 2	8,1 \pm 0,1	8,05 \pm 0,15	8,13 \pm 0,26	8,02 \pm 0,17	0,5528	0,2009	0,2913
Semana 4	8,25 \pm 0,33	8,23 \pm 0,34	8,3 \pm 0,2	8,18 \pm 0,65	0,917	0,7549	0,7549
Semana 6	8,09 \pm 0,18	7,93 \pm 0,2	8,02 \pm 0,35	8,00 \pm 0,55	0,3146	0,8984	0,7985
Semana 8	8,58 \pm 0,33	8,56 \pm 0,35	8,69 \pm 0,33	8,45 \pm 0,79	0,9271	0,2809	0,1562
<i>pH</i>							
Semana 2	8,51 \pm 0,08	8,5 \pm 0,06	8,49 \pm 0,08	8,52 \pm 0,04	0,7616	0,3683	0,7616
Semana 4	8,38 \pm 0,08	8,31 \pm 0,09	8,35 \pm 0,15	8,34 \pm 0,15	0,2006	0,8512	0,5752
Semana 6	7,87 \pm 0,24	7,7 \pm 0,11	7,74 \pm 0,2	7,83 \pm 0,26	0,106	0,378	0,1502
Semana 8	7,22 \pm 0,48A	6,46 \pm 0,14B	6,73 \pm 0,33	6,95 \pm 0,49	<0,001	0,2166	0,7303

FAF: Farelo de arroz fermentado; TPA: Troca parcial de água; pH: potencial hidrogeniônico; Tanino: coagulante a base de tanino; médias sem diferença pelo teste Anova ($P>0,05$)

Na segunda, quarta e oitava semana de experimento o tratamento com melaço de cana reduziu ($P<0,05$) concentração de amônia total em relação ao farelo de arroz fermentado (Figura 6). Na segunda semana de experimento houve efeito ($P<0,05$) da interação entre os fatores para a amônia total (Tabela 7). Quando o melaço foi usado como fonte de carbono não houve efeito ($P>0,05$) do sistema de controle dos sólidos sobre os níveis de amônia. Quando foi utilizado o farelo de farelo de arroz fermentado, os maiores ($P<0,05$) valores de amônia total foram obtidos com coagulante a base de tanino. Considerando o sistema de controle dos sólidos quando foi feita troca parcial de água não houve efeito ($P<0,05$) da fonte de carbono e na coagulação com tanino a amônia foi mais elevada ($P<0,05$) com o farelo de arroz fermentado.

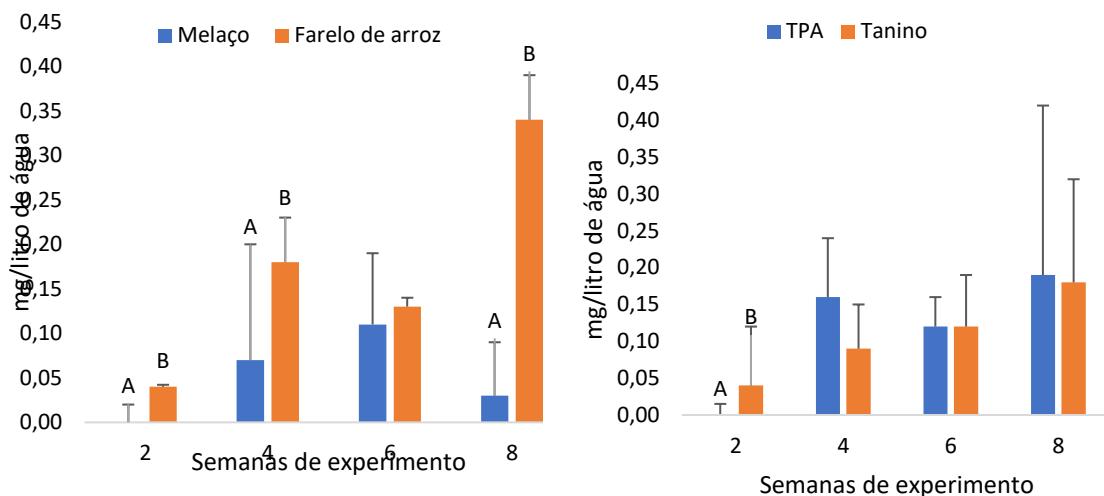


Figura 6 Valores médios (\pm desvio padrão) de amônia total na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Desdobramento de amônia total (mg.L⁻¹) (média ajustada \pm desvio padrão: $n=20$) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono na segunda semana de experimento.

	Amônia total (mg.L ⁻¹)	
	TPA	Tanino
Melaço	0,0 \pm 0,02Aa	0,0 \pm 0,00Aa
Farelo de arroz fermentado	0,0 \pm 0,02Aa	0,08 \pm 0,03Bb

TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino. Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem pelo teste Anova ($P<0,05$).

Para o nitrito, o tratamento com melaço de cana mostrou maiores ($P<0,05$) concentrações de nitrito em relação ao farelo de arroz fermentado até a sexta semana de experimento (figura 7). Na quarta semana as trocas parciais de água diminuíram ($P<0,05$) a concentração de nitrito em relação a coagulação com tanino. O nitrato foi mais elevado ($P<0,05$) com o uso do farelo de arroz fermentado em relação ao melaço de cana a partir da quarta semana de experimento (Figura 8). Neste período também as trocas parciais de água proporcionaram as menores ($P<0,05$) concentrações de nitrato em comparação ao coagulante a base de tanino.

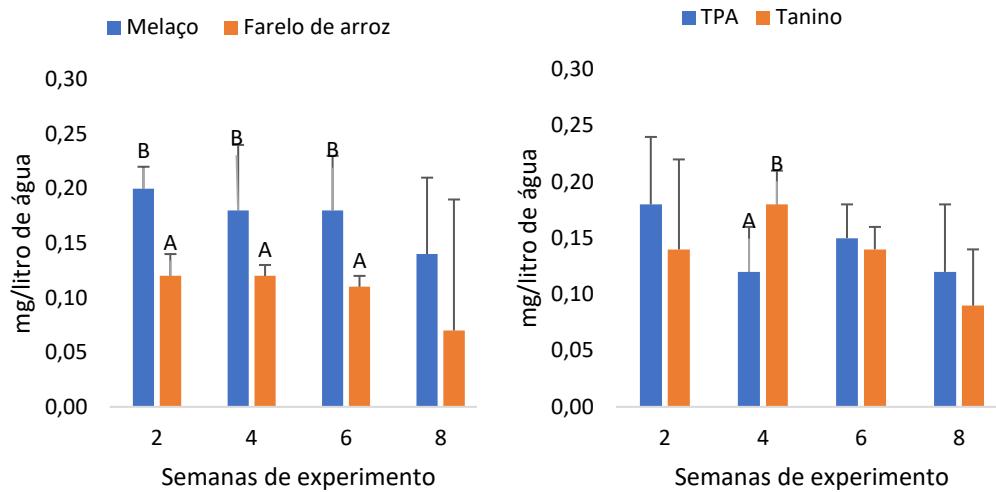


Figura 7. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrito na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

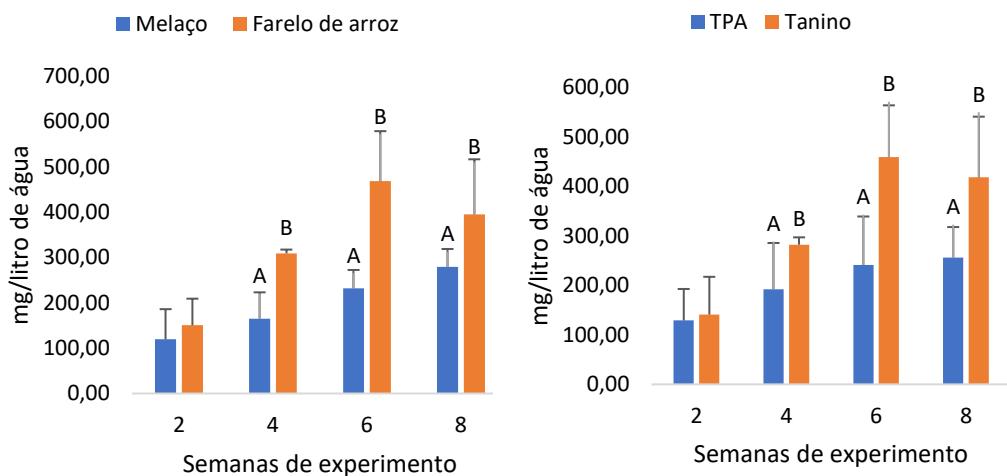


Figura 8. Valores médios (\pm desvio padrão) de nitrato na água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Os sólidos suspensos totais foram mais baixos ($P<0,05$) na última semana do experimento com o farelo de arroz fermentado (Figura 9). Para os sólidos suspensos totais somente houve interação ($P<0,05$) entre os fatores na última semana de experimento (Tabela 8). Quando o melaço foi usado como fonte de carbono não houve efeito ($P>0,05$) do sistema de controle dos sólidos sobre os sólidos suspensos totais. Quando foi utilizado o farelo de farelo de arroz fermentado, os menores ($P<0,05$) valores de sólidos suspensos totais foram obtidos com o uso do coagulante a base de tanino. Considerando o sistema

de controle dos sólidos quando foi feita troca parcial de água não houve efeito ($P<0,05$) da fonte de carbono.

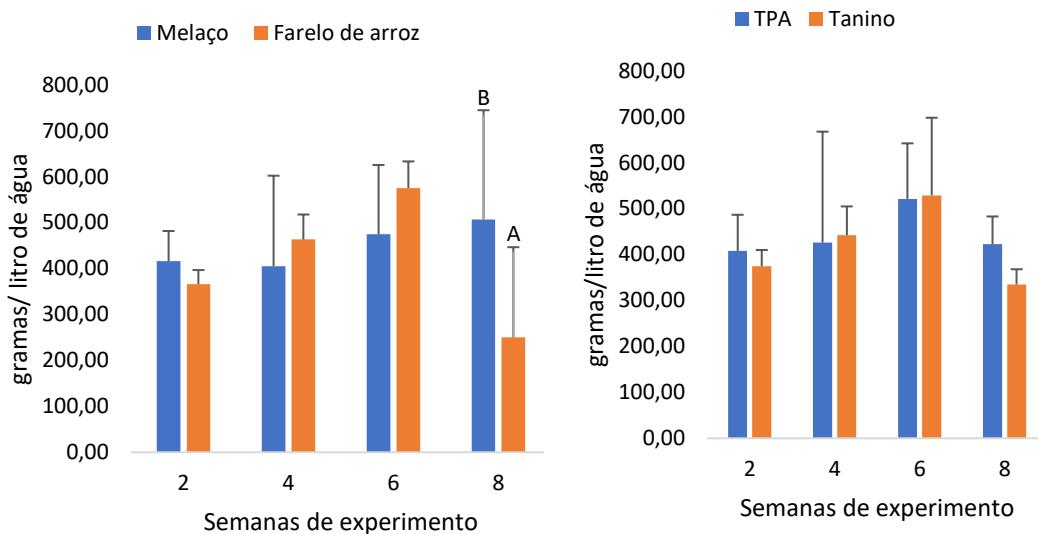


Figura 9. Valores médios (\pm desvio padrão) dos sólidos suspensos totais da água de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono e controles de sólidos totais. Letras diferentes nas colunas diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Desdobramento de sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}) (média ajustada \pm desvio padrão: $n=20$) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono na oitava semana de experimento.

	Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1})	
	TPA	Tanino
Melaço	405,02 \pm 65,37Aa	405,02 \pm 65,37Aa
Farelo de arroz fermentado	411,07 \pm 78,56Ab	411,07 \pm 78,56Ab

TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino. Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem pelo teste Anova ($P<0,05$).

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os fatores para a dureza, alcalinidade, ortofosfato (PO_4) e turbidez (Tabela 9). Ao longo de todo experimento o tratamento com troca parcial de água reduziu ($P<0,05$) a dureza da água de cultivo em relação ao coagulante a base de tanino. A alcalinidade não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos. Para ortofosfato, o tratamento com melaço de cana mostrou menores ($P<0,05$) concentrações em relação ao farelo de arroz fermentado até o final do experimento. A turbidez foi mais elevada ($P<0,05$) com o uso do farelo de arroz fermentado em relação ao melaço na quarta e sexta semana de experimento. A redução da turbidez não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 9. Analise de variância da qualidade da água (média ajustada \pm desvio padrão: n=20) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono.

Fonte de Carbono (A)		Controle de sólidos (B)		P valor		
Melaço	FAF	TPA	Tanino	Fator A	Fator B	AxB
<i>Dureza (mg.L⁻¹)</i>						
Semana 2	220,1 \pm 18,06	237,6 \pm 37,32	194,3 \pm 23,45B	263,4 \pm 48,69A	0,2634	<0,001
Semana 4	309,8 \pm 152,07	241,8 \pm 93,65	226,6 \pm 46,07B	325 \pm 22,95A	0,1213	0,0308
Semana 6	244,4 \pm 101,96	219,9 \pm 90,96	177,2 \pm 31,41B	287,1 \pm 28,26A	0,4546	0,0034
Semana 8	220,6 \pm 33,52	226 \pm 76,65	167,7 \pm 56,8B	278,9 \pm 54,11A	0,8358	<0,001
<i>Alcalinidade (mg.L⁻¹)</i>						
Semana 2	5,4 \pm 1,91	5 \pm 1,67	5,6 \pm 1,67	4,8 \pm 1,1	0,5717	0,2652
Semana 4	6,6 \pm 1,67	6,2 \pm 1,79	5,8 \pm 2,28	7 \pm 1,79	0,6437	0,1765
Semana 6	3,8 \pm 1,67	3,8 \pm 0,0	3,6 \pm 0,89	4 \pm 0,0	1	0,3598
Semana 8	6,9 \pm 1,91	7,8 \pm 1,79	7,3 \pm 2,83	7,4 \pm 0,89	0,311	0,9089
<i>PO₄ (mg.L⁻¹)</i>						
Semana 2	1,05 \pm 0,47A	2,45 \pm 0,19B	1,7 \pm 1,09	1,8 \pm 0,73	<0,001	0,7557
Semana 4	0,96 \pm 0,35A	3,55 \pm 0,21B	2,29 \pm 0,11	2,22 \pm 0,13	<0,001	0,4725
Semana 6	1,3 \pm 0,75A	4,13 \pm 0,15B	2,68 \pm 0,08	2,75 \pm 0,14	<0,001	0,7031
Semana 8	1,32 \pm 0,5A	3,91 \pm 1,19B	2,7 \pm 0,04	2,53 \pm 0,07	<0,001	0,5668
<i>Turbidez (mg.L⁻¹)</i>						
Semana 2	78,63 \pm 7,96	69,88 \pm 7,72	70,37 \pm 13,11	72,14 \pm 3,64	0,4936	0,6581
Semana 4	126,01 \pm 17,18A	200,70 \pm 32,01B	162,23 \pm 23	164,48 \pm 23,49	<0,001	0,8398
Semana 6	146,13 \pm 24,69A	235,18 \pm 23,26B	195,81 \pm 64,1	185,5 \pm 30,81	<0,001	0,5666
Semana 8	563 \pm 85,15	454 \pm 202,81	525 \pm 364,62	492 \pm 72,59	0,2758	0,7371

FAF: Farelo de arroz fermentado; TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino; PO₄: ortofosfato; Médias sem diferença pelo teste Anova (P>0,05).

Não foi observada interação (P>0,05) entre os fatores para contagem de bactérias heterotróficas totais e *Vibrionaceae* na água de cultivo ao final do experimento (Tabela 10). O tratamento com melaço de cana proporcionou menores (P<0,05) contagens de bactérias heterotróficas totais e *Vibrionaceae* na água de cultivo em relação ao farelo de arroz fermentado. Houve interação (P>0,05) entre os fatores para contagem de bactérias ácido lácticas (Tabela 11). Não houve efeito (P>0,05) da fonte de carbono quando foram

realizadas trocas parciais de água. Quando foi realizada a coagulação com tanino com farelo de arroz fermentado foram obtidos maiores ($P<0,05$) valores de bactérias ácido lácticas em comparação com o melaço de cana. Considerando as fontes de carbono não houve efeito ($P<0,05$) do sistema de controle dos sólidos.

Tabela 10. Contagem de bactérias na água (média \pm desvio padrão) de juvenis de tilápia cultivados em sistema BFT cultivado com o uso de diferentes fontes de carbono

(Log 10 UFC/mL)	Fonte de Carbono (A)		Controle de sólidos (B)		P valor		
	Melaço	FAF	TPA	Tanino	Fator A	Fator B	AxB
Heterotróficas totais	6,64 \pm 0,39B	7,19 \pm 0,16A	6,94 \pm 0,34	6,89 \pm 0,24	<0,001	0,748	0,828
Vibrionaceae	5,54 \pm 0,35B	6 \pm 0,29A	5,79 \pm 0,45	5,75 \pm 0,32	0,012	0,768	0,883
Ácido lácticas	5,33 \pm 0,67	5,74 \pm 0,13	5,51 \pm 0,57	5,57 \pm 0,46	0,09	0,789	0,032

Médias sem diferença pelo teste Anova ($P>0,05$). FAF: farelo de arroz fermentado; TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino; TSA: agar de soja triptona (bactérias heterotróficas totais); TCBS: tirosulfato citrato biliar sacarose (bactérias Vibrionaceae); MRS: Man Rogosa Sharpe (bactérias ácido lácticas); TSAferm.: do farelo de arroz fermentado (bactérias heterotróficas totais); MRSferm: Man Rogosa Sharpe do farelo de arroz fermentado (bactérias ácido lácticas).

Tabela 11. Desdobramento da contagem de bactérias ácido lácticas ($\log 10$ UFC/mL) (média ajustada \pm desvio padrão: $n=20$) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono

	TPA	Tanino
Melaço	5,57 \pm 0,02Aa	5,1 \pm 0,00Aa
Farelo de arroz fermentado	5,44 \pm 0,02Aa	6,0 \pm 0,08Ba

TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino. Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) diferem pelo teste Anova ($P<0,05$).

3.2 DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os fatores para as variáveis de desempenho (Tabela 12). Também não houve ($P<0,05$) efeito dos fatores isolados.

Tabela 12. Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão) de tanques de tilápia em sistema BFT cultivadas com o uso de diferentes fontes de carbono

	Fonte de Carbono (A)		Controle de sólidos (B)		P valor		
	Melaço	FAF	TPA	Tanino	Fator A	Fator B	AxB
<i>GPtotal</i> (gramas)	41,34 \pm 2,13	38,92 \pm 4,79	40,98 \pm 1,39	39,28 \pm 1,95	0,0786	0,2038	0,8029
<i>TCE</i>	2,884 \pm 0,04	2,839 \pm 0,09	2,88 \pm 0,03	2,843 \pm 0,04	0,0776	0,1406	0,8367
<i>CIT (gramas)</i>	42,45 \pm 1,85	41,5 \pm 3,38	42,14 \pm 1,09	41,8 \pm 1,96	0,3529	0,7375	0,9496
<i>CA</i>	0,976 \pm 0,02	1,005 \pm 0,05	0,982 \pm 0,02	0,999 \pm 0,02	0,671	0,2665	0,5507
<i>Sob final (%)</i>	92 \pm 7,3	90,67 \pm 7,3	92 \pm 7,3	90,67 \pm 10,11	0,7179	0,7179	0,7099

Médias sem diferença pelo teste Anova ($P>0,05$). FAF: Farelo de arroz fermentado; TPA: Troca parcial de água; Tanino: coagulante a base de tanino; GP total= ganho de peso total; TCE= taxa de crescimento específico; CIT= consumo individual total; CA= conversão alimentar média; Sob final= sobrevivência final.

4 DISCUSSÃO

A temperatura média da água variou entre 28 e 29 graus, se mantendo dentro da faixa ideal para o crescimento ótimo da tilápia-do-Nilo (PANDIT & NAKAMURA, 2011). O oxigênio se manteve próximo da saturação em todos os tratamentos (BOYD & TUCKER 1992). Esses resultados indicam que o sistema de aeração foi eficiente em manter os níveis de oxigênio dissolvido elevados. Nas primeiras semanas os valores de pH estavam mais básicos, próximo de 8,5 e no final do experimento os valores ficaram mais próximos de 7 em todos os tratamentos. No sistema BFT a matéria orgânica é reciclada nos tanques de cultivo, durante o processo a oxidação da amônia e do nitrito consome oxigênio e libera íons H^+ (ARANA, 2000). O acúmulo destes íons pode explicar a redução no pH. Como os valores de pH inicialmente eram elevados, os valores se aproximaram da neutralidade e se mantiveram dentro da faixa recomendada para o cultivo tilápia-do-Nilo (DE LONG et al., 2009) e para que nitrificação e reciclagem do nitrogênio ocorressem de forma adequada (METCALF E EDDY, 2016).

Ao longo do experimento o uso do melaço como fonte de carbono foi mais eficiente no controle da amônia total. Isto ocorreu devido ao melaço ter degradação mais rápida e fornecer níveis mais elevados de carbono como substrato para bactérias heterotróficas usarem no metabolismo da amônia, melhorando assim a qualidade da água (SERRA et al., 2015). Há uma tendência de melhor desempenho com o uso de carboidratos simples e de fácil solubilidade em termos de remoção rápida de amônia (AVNIMELECH, 2012; SERRA et al., 2015; GOMES VILANI et al., 2016; DAUDA et al., 2017; KUMAR et al., 2015). Mesmo sendo menos eficiente no desmembramento do nitrogênio, o farelo de arroz fermentado manteve a amônia dentro de níveis adequado (ROMANO et al., 2018). Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores utilizando farelo de arroz cru em comparação a carboidratos simples (EKASARI et al., 2014; SERRA et al., 2015; DAUDA et al., 2017).

O uso do farelo de arroz fermentado como fonte de carbono foi mais eficiente em estimular a oxidação do nitrito para nitrato. Durante a fermentação ocorre a proliferação de bactérias benéficas (DAUDA et al., 2017) que podem ter contribuído para o processo de nitrificação. A eficiência do farelo de arroz fermentado na melhora da qualidade da água de cultivo em relação aos compostos nitrogenados já foi observada em outros trabalhos (DAUDA et al., 2017; EKASARI et al., 2014). No presente estudo o aumento das bactérias heterotróficas com uso do farelo de arroz fermentado em relação ao melaço corrobora esta possibilidade. Avaliações microbiológicas mais aprofundadas, relacionado

os microrganismos do farelo com os microrganismos da água, ainda são necessárias para explicar melhor estes resultados.

O sistema de controle dos sólidos não afetou os níveis de amônia e o nitrito na água, mas os maiores valores de nitrato foram obtidos com o coagulante a base de tanino. Como neste sistema a água retornava para os tanques após o tratamento, a maior conversão do nitrito em nitrato poderia ser explicada pela manutenção da microbiota que converte o nitrogênio amoniacal. Resultados semelhantes já foram obtidos por outros autores (ZHOU et al., 2018; TAWWAB et al., 2020). Por outro lado, no presente estudo a contagem de microrganismos não foi afetada pelo sistema de controle dos sólidos, o que não corrobora esta possibilidade. Outra explicação é que durante o processo de coagulação com tanino o nitrato não foi retirado e acabou se acumulando nos tanques. Nos tratamentos com troca parcial de água possivelmente uma diluição da concentração dos compostos nitrogenados com a adição de água limpa.

Ao final do experimento o farelo de arroz resultou em menores valores de sólidos suspensos totais em relação ao melaço. O uso de fontes menos disponíveis de carbono pode evitar picos nos sólidos que ocorrem pela conversão rápida da amônia (KUMAR et al., 2015). Este resultado demonstra que o farelo de arroz fermentado pode ser utilizado para controlar o excesso de sólidos no sistema BFT. Independente da fonte carbono utilizada os valores se mantiveram dentro do recomendado (EMERENCIANO et al., 2013) com o uso de sistema de controle dos sólidos. Entre as técnicas no controle dos sólidos a coagulação com produto a base de tanino dispensou a renovação de água, inclusive proporcionando melhores resultados na primeira semana de experimento. A floculação é uma técnica de controle dos sólidos que é tradicionalmente utilizada em sistemas de tratamento de água (VILLASEÑOR-BASULTO et al., 2018). Ebeling et al. (2003; 2005; 2006) obtiveram sucesso na remoção de sólidos suspensos totais em processos de coagulação-floculação em efluentes de filtros de retrolavagem. Esta é a primeira vez que a técnica de coagulação-floculação com produto a base de tanino é utilizada no sistema de bioflocos e os resultados demonstraram a sua viabilidade.

As fontes de carbono não afetaram a dureza da água, os valores se mantiveram elevados (RAJKUMAR et al., 2015) em todos os tratamentos. Esses valores de dureza explicam porque o pH da água tinha um pH mais básico. Os íons carbonato agem como um tampão natural, evitando a queda do pH (VINATEA et al., 2018). Nos tanques onde foi feita a coagulação com produto a base de tanino manteve os níveis de dureza mais elevados. O cálcio deve ter ficado retido durante o processo e o acúmulo no sistema pode

explicar o aumento da dureza. Isso pode ter ocorrido devido os coagulantes a base de tanino terem como característica de ter baixo consumo de alcalinidade (TOMASI et al., 2022).

As fontes de carbono não afetaram a alcalinidade da água. Os valores de alcalinidade foram baixos em comparação a outros trabalhos (BROL et al., 2017; AZIM et al., 2008; DURIGON et al. 2019, SOUSA et al., 2019) em sistema de bioflocos. Os valores de alcalinidade neste trabalho foram considerados baixos para cultivo em bioflocos, sendo o recomendado ser superior a $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para não prejudicar os processos de desmembramento da amônia pelas bactérias heterotróficas (AVNIMELECH et al., 2015). Ebeling et al. (2006) afirmam que o consumo da alcalinidade é feito pelas bactérias heterotróficas e nitrificantes para transformar N-amoniacial em formas mais assimiláveis. O coagulante a base de tanino manteve os níveis de dureza mais elevados, demonstrando a eficiência da técnica na manutenção da qualidade da água no sistema BFT.

Os níveis de ortofosfato foram mais elevados com a utilização do farelo de arroz fermentado. Isto ocorreu devido o farelo de arroz ser rico em fosforo do que o melaço de cana (NRC, 2016). Além disso, a fermentação do farelo de arroz proporciona maior disponibilidade de diversos minerais, entre eles o fósforo, em comparação ao farelo de arroz sem fermentação (CHRIST-RIBEIRO, 2017). Possivelmente esta condição de maior disponibilidade mineral também contribuiu para a maior concentração do fósforo nos tanques de cultivo em comparação ao melaço. No presente estudo a concentração de fosfato não diferiu entre os dois sistemas de controle de sólidos. Este resultado é interessante para cadeia produtiva da aquicultura, pois demonstra que o fósforo pode ser retirado por sistema através da floculação, dispensando as trocas de água. Ebeling et al. (2003; 2005; 2006) obtiveram sucesso na remoção de compostos fosfatados em processos de coagulação-floculação em efluentes de filtros de retrolavagem.

Na quarta e sexta semana de experimento o melaço se mostrou mais eficiente no controle da turbidez, mas isso pode ter ocorrido em decorrência do controle de sólidos com melaço iniciou na terceira semana, enquanto os tratamentos com farelo de arroz a partir da quinta semana. Ao final do experimento as fontes de carbono não diferiram sobre a turbidez. Porém, Silva et al. (2017) observaram que os valores de turbidez (NTU) variaram conforme o uso de diferentes fontes de carbono em BFT. Diferentes autores observaram valores menores de turbidez do que os apresentados (SILVA et al., 2017; HOLANDA et al., 2020) em sistemas de bioflocos. A avaliação de turbidez feita através de turbidímetro pode ser utilizada para estimar quantidade de sólidos no sistema

(SCHVEITZER et al., 2013). É um método rápido, mas suas desvantagens devem-se ao custo do aparelho e a variação de coloração do flocos que pode prejudicar os resultados (RAY, 2012). O sistema de controle dos sólidos não diferiu em relação aos níveis de turbidez na água. Este resultado demonstra que turbidez pode ser reduzida com a coagulação-flocação com produto a base de tanino de forma eficiente, dispensando as trocas de água. As taxas de redução da turbidez mostraram que é possível reduzir valores próximos a 50% da turbidez com a utilização de coagulante a base de tanino, valores próximos aos obtidos com a troca parcial de água. Diversos autores trabalhando com outros efluentes (água residuais municipais e residuais de lacticínio) obtiveram valores elevados (>89 %) de redução da turbidez utilizando coagulante a base de tanino (HAMEED et al., 2016; DELA JUSTINA et al., 2018).

Não houve diferença entre os tratamentos e o crescimento dos animais foi adequado, o que era esperado devido as condições de cultivo. Não chegando a afetar a sobrevivência, nem limitou o consumo dos juvenis de tilápia. A fonte de carbono não afetou o desempenho e sobrevivência dos animais. Esse resultado é corroborado por outros trabalhos. Wankanapol et al. (2017) não observaram diferença em relação ao desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo ao compararem diferentes combinações de fontes de carbono em BFT por 180 dias. Ridha et al. (2020; SILVA et al., 2017) também não observaram diferenças no desempenho e conversão alimentar de tilápias com diferentes fontes de carbono. Khanjani et al. (2021) utilizando fontes de carbono (melaço, amido, farelo de milho e cevada) não observaram diferença no crescimento da tilápia, porém a sobrevivência foi afetada. Porém, alguns trabalhos observaram diferenças no desempenho dos animais com diferentes fontes de carbono em BFT. Romano et al. (2018) observaram uma melhora no crescimento e conversão alimentar de juvenis de *C. gariepinus* utilizando o farelo de arroz fermentado em comparação ao farelo de arroz cru. A utilização de fontes orgânicas (glicose, melaço, amido, farelo de trigo e celulose) em BFT afetaram o ganho de peso, eficiência proteica (EL HUSSEINY et al., 2018) e conversão alimentar (EL-SHAFIEY et al., 2018) de tilápias. Já Mansour & Esteban (2017) observaram que o uso de resíduos de trigo e farelo de arroz em BFT afetaram o desempenho de crescimento, consumo, conversão alimentar de *O. niloticus*.

O coagulante a base de tanino proporcionou o mesmo desempenho animal que a troca parcial de água com menor uso de água, demonstrando que a técnica é eficaz em reutilizar a água. Os dados de consumo de água para controle de sólidos (tabela 6) e o desempenho animal similar entre os tratamentos, nos evidenciam que a técnica de

coagulação com tanino é possível de ser aplicada e permite o reuso da água de forma eficiente e segura.

CONCLUSÕES

De maneira geral, o melaço como fonte de carbono foi mais eficiente no controle da amônia e do fosfato. O farelo de arroz fermentado foi efetivo no controle dos sólidos suspensos totais e os maiores valores de nitrato indicam uma ciclagem mais completa do nitrogênio. Com o farelo de arroz fermentado também foi observado aumento na contagem de bactérias heterotróficas na água, o que pode ter favorecido os resultados obtidos. Por outro lado, o aumento nas bactérias *vibrionaceas* mostra que um maior cuidado deve ser tomado em relação a potenciais patógenos quando esta fonte de carbono é utilizada.

O coagulante a base de tanino pode substituir as trocas parciais de água na manutenção da qualidade da água do sistema de bioflocos. Além disso, o uso desta técnica levou a valores de nitrito mais elevados, mostrando uma maior eficiência na conversão dos compostos nitrogenados. Este resultado pode estar associado a manutenção da microbiota benéfica, o que foi evidenciado no final do experimento pelo aumento nas bactérias ácido lácticas quando o farelo de arroz fermentado foi combinado a técnica de floculação.

Não foi observado efeito da fonte de carbono e do sistema de controle dos sólidos sobre o desempenho dos peixes, mostrando que todas as diferentes combinações de fontes de carbono e técnicas de controle dos sólidos podem ser utilizadas de forma segura para os peixes no sistema BFT.

REFERÊNCIAS

- ABARIKE, E.D.; CAI, J.; LU, Y.; YU, H.; CHEN, L.; JIAN, J.; ... KUEBUTORNYE, F.K.A. Effects of a commercial probiotic BS containing *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* on growth, immune response and disease resistance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Fish & Shellfish Immunology**, n. 82, p. 229-238, 2018.
- ABDEL-TAWWAB, M.; KHALIL, R.H.; NOUR, A.M.; ELKHAYAT, B.K.; KHALIFA, E.; ABDEL-LATIF, H. M.R. Effects of *Bacillus subtilis*-fermented rice bran on water quality, performance, antioxidants/oxidants, and immunity biomarkers of White leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared at different salinities with zero water Exchange. **Journal of Applied Aquaculture**, p. 1 -26, 2020.
- ARANA, L.V. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. **Florianópolis: UFSC**, 231 p., 2000.
- AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 172–178, 2006.
- AVNIMELECH, Y.; VERDEGEM, M.C.J.; KURUP, M.; KESHAVANATH, P. Sustainable land-based aquaculture: rational utilization of water, land and feed resources. **Mediterranean Aquaculture Journal**, v. 1, p. 45-55, 2008.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 182 p., 2009.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227–235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Tilapia production using biofloc technology - saving water, waste recycling improves economics. **Global Aquaculture Advocate**, p.66-68, 2011.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140–147, 2007.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272p., 2012.
- AZAZA, M. S.; DHRAÏEF, M. N.; KRAÏEM, M. M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. **J. Ther. Biol.**, n. 33, p. 98-105, 2008.
- AZIM, M. E.; LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc coposition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 283, p. 29-35, 2008.
- BALCÁZAR, J. L.; VENDRELL, D.; DE BLAS, I.; RUIZ-ZARZUELA, I.; MUZQUIZ, J. L.; GIRONES, O. Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from intestinal microbiota of fish. **Aquaculture**, v. 278, n. 1-4, p. 188–191, 2008.

BEHMER, O.H., E.M.C. TOLOSA; A.G. FREITAS NETO. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica.** Barueri-SP, Manole, 256 pp. 2003.

BELTRAN-HEREDIA, J., SANCHEZ-MARTÍN, J. New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, p 1019- 1025, 2010.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Auburn: Auburn University, **Alabama Agricultural Experiment Station**, 183 p., 1992.

BOYD, C.E.; TUCKER C.S.; SOMEIDHIVEJ, B. Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.47, n.1, 2016.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. S.; EKASARI, J. Different carbon sources affected biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African Catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in intensive biofloc technology system. **Fisheries Science**, v. 83, p.1037–1048, 2017.

DELA JUSTINA, M.; MUNIZ, B.R.B.; BRÖRING, M. M.; COSTA, V.J.; SKORONSKI, E. Using vegetable tannin and polyaluminium chloride as coagulants for dairy wastewater treatment: A comparative study. **Journal of Water Process Engineering**, v. 25, p. 173–181, out. 2018.

DE LONG, D.P.; LOSORDO, T.M.; RAKOCY, J.E. **Tank Culture of Tilapia.** SRAC Publication v. 282, p. 1-8, 2009.

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

DURIGON, E. G.; LAZZARI, R.L; UCZAY, J.; LOPES, D. L. A.; JERÔNIMO, G. T.; SGNAULIN, T.; EMERENCIANO, M. G. C. Biofloc technology (BFT): Adjusting the levels of digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. **Aquaculture and Fisheries**, 2019.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; RICE, E.W.; GREENBERG, A.E. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st edition. **American Public Health Association, Washington**, District of Columbia, USA, 2005.

EBELING, J. M., SIBRELL, P. L., OGDEN, S. R., & SUMMERFELT, S. T. Evaluation of chemical coagulation–flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge. **Aquacultural Engineering**, v. 29, n. 1-2, p. 23–42, 2003.

EBELING, J. M.; RISHEL, K. L.; SIBRELL, P. L. Screening and evaluation of polymers as flocculation aids for the treatment of aquacultural effluents. **Aquacultural Engineering**, v. 33, n. 4, p. 235–249, 2005.

EBELING, J. M.; WELSH, C. F.; RISHEL, K. L. Performance evaluation of an inclined belt filter using coagulation/flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from microscreen backwash effluent. **Aquacultural Engineering**, v. 35, n. 1, p. 61–77, 2006.

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

EKASARI, J.; HANIF AZHAR, M.; 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.; ANGELA D.; WALUYO S.H.; BACHTIAR T.; SURAWIDJAJA E.H.; BOSSIER P.; DE SCHRYVER P. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. **Aquaculture**, v. 426-427, p. 105–111, 2014b.

EL-SAYED, A. F. M.; KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. **Aquaculture**, v. 280, n. 1, p. 179-184, 2008.

EL HUSSEINY, O.H.; GODA, A.; AHMED, R.; SOAUDY, M.R. Complexity of carbon sources and the impact on biofloc integrity and quality in tilapia (*Oreochromis niloticus*) tanks. **AACL Bioflux**, v. 11, n. 3, 2018.

EL-SHAFIEY, M.H.M.; MABROKE, R.S.; MOLA, H.R.A.; HASSAAN, M.S.; SULOMA, A. Assessing the suitability of different carbon sources for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* culture in BFT system. **AACL Bioflux**, v. 11, n. 3, 2018.

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

EMERENCIANO, M.G.C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): A tool for water quality management in aquaculture. **Water Quality**, c. 5, p. 92–109, 2017.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome, 2020.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwater, **Blackwell Scientific Publication**, London, 1978.

GOMES VILANI, F.G.; SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.F.; VIEIRA, F.N.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; SEIFFERT, W.Q. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance. **Aquacultural Engineering**, v. 74, p. 70–75, 2016.

HAMEED, Y.T.; IDRIS, A.; HUSSAIN, S.A.; ABDULLAH, N.; MAN, H.C.; SUJA, F. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater as a pretreatment for biofilm process. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 198–205, 2018.

HAMEED, Y.T.; IDRIS, A.; HUSSAIN, S.A.; ABDULLAH, N. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant. **Journal of Environmental Management**, v.184, p. 494–503, 2016.

HARGREAVES, J.A. Biofloc Production Systems for Aquaculture, **Southern Regional Aquaculture Center**, n. 4503, 2013.

HOLANDA, M.; SANTANA, G.; FURTADO, P.; RODRIGUES, R.V.; CERQUEIRA, V. R.; SAMPAIO, L.A.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L. H. Evidence of total suspended solids control by *Mugil liza* reared in an integrated system with pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using biofloc technology. **Aquaculture Reports**, v.18, 2020.

KANSAL, S. K.; KUMARI, A. Potential of *M. oleifera* for the treatment of water and wastewater. **Chemical Reviews**, v. 114, n. 9, p. 4993–5010, 2014.

KEWCHAROEN, W.; SRISAPOOME, P. Probiotic effects of *Bacillus spp.* from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on water quality and shrimp growth, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strains). **Fish & Shellfish Immunology** v. 94, p. 175–189, 2019.

KHANJANI, M. H.; ALIZADEH, M.; SHARIFINIA, M. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. **Aquaculture International**, v. 29, n. 1, p. 307–321, 2021.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: K. Grassnof (ed.), Methods of sea water analysis, **Verlag Cemie**. Weinhein., New York, 1976.

KUMAR, S.; ANAND, P. S. S.; DE, D.; DEO, A. D.; GHOSHAL, T. K.; SUNDARAY, J. K.; PONNIAH, A. G.; JITHENDRAN, K. P.; RAJA, R. A.; BISWAS, G.; LALITHA, N. Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). **Aquaculture Research**, v. 38, n. 3 p. 1-15, 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.

MAHANAND, S.S.; MOULICK, S.; RAO, P. S. Water quality and growth of Rohu, *Labeo rohita*, in a biofloc system. **Applied Aquaculture**, v.225, n.2, p.121-131, 2013.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M.; MALLMANN, A.S.; WOLF, C.R. Green chemistry in water treatment: Use of coagulant derived from acacia mearnsii tannin extracts. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 1, p. 2–15, 2014.

MANSOUR, A. T.; ESTEBAN, M. Á. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 64, p. 202–209, 2017.

MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; VARGAS-ALBORES, F. Microbial metagenomics in aquaculture: a potential tool for a deeper insight into the activity. **Reviews in Aquaculture**, v. 9, n. 1, p. 42–56, 2015.

MARTINS, A. A.; OLIVEIRA, R. M. S.; GUARDA, E. A. Potencial de uso de compostos orgânicos como, coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, 2014.

METCALF, L.; EDDY, H. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 1980 p., 2016.

NAJDEGERAMI, E.H.; BAKHSHI, F.; LAKANI, F.B. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.42, n. 2, p. 457–465, 2015.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, DC: **National Academies Press**, 8 ed., 494 p., 2016.

OLADOJA, N.A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. **Journal of Water Process Engineering**, v. 6, p. 174–192, 2015.

PANDIT, N.P.; NAKAMURA, M. Effect of High Temperature on Survival, Growth and Feed Conversion Ratio of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Our Nature**, v. 8, n. 1, 2011.

RAJKUMAR, M.; PANDEY, P. K.; ARAVIND, R.; VENNILA, A.; BHARTI, V.; PURUSHOTHAMAN, C. S. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Aquaculture Research**, 2015.

RAY, A.J.; LEWIS, B.L.; BROWDY, C.L.; LEFFLER, J.W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, p. 89–98, 2010.

RAY, A. J. Biofloc Technology For Super-Intensive Shrimp Culture. In: AVNIMELECH, Y. (Ed.). **Biofloc Technology: A Practical Guidebook**. World Aquaculture Society, p. 167-188, 2012.

RIBEIRO, P. A. P.; MIRANDA FILHO, K. C.; MELILLO FILHO, R.; SANTOS, A. E. H.; SILVA, W. DE S. E.; RODRIGUES, L. A.; LUZ, R. K. Efeito anestésico do eugenol em juvenis de pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.8, p.1136-1139, ago. 2013.

RIDHA, M.T.; HOSSAIN, M. A.; AZAD, I. S.; SABUROVA, M. Effects of three carbohydrate sources on water quality, water consumption, bacterial count, growth and muscle quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a biofloc system. **Aquaculture Research**, 2020.

ROCHA, A.F.; BARBOSA, V.M.; WASIELESKY JR, W.; ABREU, P.C.; LISBOA, V.; CAVALLI, L.; TESSER, M.B. Water quality and juvenile development of mullet *Mugil liza* in a biofloc system with an additional carbon source: Dextrose, liquid molasses or rice bran? **Aquaculture research**, v. 53, p. 870-883, 2021.

ROMANO, N. Aquamimicry: A revolutionary concept for shrimp farming. **Global Aquaculture Advocate**, 2017.

ROMANO, N., DAUDA, A.B., IKHSAN, N., KARIM, M., KAMARUDIN, M. S. Fermenting rice bran as a carbon source for biofloc technology improved the water quality, growth, feeding efficiencies, and biochemical composition of African catfish *Clarias gariepinus* juveniles. **Aquaculture Research**, 2018.

SANTOS, M. M.; CALUMBY, J. A.; COELHO FILHO, P.A.; SOARES, E.C.; GENTELINI, A.L. Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo. **Boletim Instituto da Pesca**, v.41, n.2, p.387 -395, 2015.

SCHVEITZER, R.; ARANTES, R.; COSTÓDIO, P. F. S.; ESPÍRITO SANTO, C. M.; ARANA, L. V.; SEIFFERT, A. 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.

SERRA, F.P.; GAONA, C.A.P.; FURTADO, P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v. 23, n.6, p. 1325–1339, 2015.

SILVA, B. C.; PEREIRA, A.; MARCHIORI, N. C.; MARIGUELE, K. H.; MASSAGO, H.; KLABUNDE, G. H. F. Cold tolerance and performance of selected Nile tilapia for suboptimal temperatures. **Aquaculture Research**, 2020.

SILVA, U. L.; FALCON, D. R.; DA CRUZ-PESSÔA, M. N.; CORREIA, E. D. Carbon sources and C: N ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. **Revista Caatinga**, v. 30, n.4, p. 1017–1027, 2017.

SOUSA, A.A.; LOPES, D.L.A.; EMERENCIANO, M.G.C.; NORA, L.; SOUZA, C. F.; BALDISSERA, M.D.; BALDISSEROTTO, B.; ALBA, D.F.; DA SILVA, A.S. Phosphatidylcholine in diets of juvenile Nile tilapia in a biofloc technology system:

Effects on performance, energy metabolism and the antioxidant system. **Aquaculture**, 2019.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa: **Fishery Research Board Canada**. 310 p., 1972.

TOMASI, I.T.; MACHADO, C.A.; BOAVENTURA, R.A.R.; BOTELHO, C.M.S.; SANTOS, S.C.R. Tannin-based coagulants: Current development and prospects on synthesis and uses. **Science of the Total Environment**, v. 822, 2022.

TRAN, N.; DROGUI, P.; BLAIS, J.-F.; MERCIER, G. Phosphorus removal from spiked municipal wastewater using either electrochemical coagulation or chemical coagulation as tertiary treatment. **Separation and Purification Technology**, n. 95, p. 16–25, 2012.

UDDIN, M.S.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. **Aquaculture**, v. 297, p. 99–105, 2009.

VILLASEÑOR-BASULTO, D.L.; ASTUDILLO-SÁNCHEZ, P.D.; DEL REAL-OLVERA, J.; BANDALA, E.R. Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 23, p. 151–164, 2018.

VINATEA, L., MALPARTIDAA, J., CARBÓB, R., ANDREEB, K.B., GISBERTB, E., ESTÉVEZB, A. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). **Aquaculture**, v. 482, p.155–161, 2018.

XU, W. J.; MORRIS, T. C.; SAMOCHA, T. M. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. **Aquaculture**, v. 453, p. 169–175, 2016.

WANKANAPOL, A.; CHAIBU, P.; SOONTHORNVIPAT, S. Evaluation of different carbon sources for biofloc production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Silpakorn U Science & Tech J.*, v.11, 2017.

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.

ZHOU, S.; XIA, Y.; ZHU, C.; CHU, W. Isolation of marine *Bacillus* sp. with antagonistic and organic-substances-degrading activities and its potential application as a fish probiotic. **Marine Drugs**, v. 16, n. 6, p. 196- 208, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica sobre o sistema de bioflocos na produção de peixes levantou questões interessantes. A adoção de sistemas intensivos de produção de peixes como o BFT, permite aumentar a produtividade piscícola sem a necessidade de aumentar o consumo de água e sem utilizar novas áreas para construção de viveiros. Por ser um sistema onde não há troca de água pode haver acumulo de compostos nitrogenados e sólidos totais. Portanto, o monitoramento da qualidade da água é necessário para o controle do ambiente aquático.

Na execução dos dois experimentos com fontes de carbono em BFT tivemos resultados notáveis. No primeiro experimento o uso do farelo de arroz fermentado em BFT proporcionou uma ciclagem de nitrogênio mais eficiente. O farelo de arroz fermentado com 25 g por quilo de Aquate FertilizerTM produziu melhores resultados no controle dos sólidos suspensos. A fonte de carbono não afetou o desempenho de juvenis de tilápia cultivados em condições subótimas.

No segundo experimento os resultados foram semelhantes ao primeiro em relação a qualidade da água, onde o farelo de arroz fermentado proporcionou uma ciclagem mais completa do nitrogênio e foi efetivo no controle dos sólidos suspensos totais. Com o farelo de arroz fermentado também foi observado aumento na contagem de bactérias heterotróficas na água, o que pode ter favorecido os resultados obtidos. Por outro lado, o aumento nas bactérias *vibronaceas* mostra que um maior cuidado deve ser tomado em relação a potenciais patógenos quando esta fonte de carbono é utilizada.

O coagulante a base de tanino pode substituir as trocas parciais de água na manutenção da qualidade da água do sistema de bioflocos. Além disso, o uso desta técnica levou a valores de nitrito mais elevados, mostrando uma maior eficiência na conversão dos compostos nitrogenados. Este resultado pode estar associado a manutenção da microbiota benéfica, o que foi evidenciado no final do experimento pelo aumento nas bactérias ácido lácticas quando o farelo de arroz fermentado foi combinado a técnica de floculação. Não foi observado efeito da fonte de carbono e do sistema de controle dos sólidos sobre o desempenho dos peixes, mostrando que todas as diferentes combinações de fontes de carbono e técnicas de controle dos sólidos podem ser utilizadas de forma segura para os peixes no sistema BFT.

Novas técnicas para controlar os sólidos suspensos totais em BFT permitem uma maior flexibilidade ao produtor, possibilitando produtos de baixo custo ou prontamente disponíveis. E os nossos estudos indicaram que o farelo de arroz fermentado como fonte

de carbono tem potencial de servir como ferramenta para controle de sólidos e mantendo o desempenho zootécnico. O coagulante a base de tanino se mostrou uma alternativa de coagulante orgânico, com boa capacidade de controle de sólidos e baixo potencial contaminante e poluidor para os peixes. Ainda são escassos os trabalhos relacionados ao farelo de arroz fermentado como fonte de carbono e uso de coagulação para controle de sólidos em BFT. Por ser um trabalho inédito são necessários mais estudos para avaliar os custos de produção, compreensão da atuação e efeitos benéficos na qualidade de água, contagem de bactérias, imunidade e desempenho dos animais.