

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO

TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: MITIGAÇÃO DO CANIBALISMO NO DOURADO  
(*Salminus brasiliensis*) E MATURAÇÃO COM MISTURA PROBIÓTICA

Lucas de Oliveira Brasileiro

CAMPO GRANDE, MS  
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO

TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS: MITIGAÇÃO DO CANIBALISMO NO DOURADO  
(*Salminus brasiliensis*) E MATURAÇÃO COM MISTURA PROBIÓTICA

Lucas de Oliveira Brasileiro

Orientador: Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Mato Grosso do Sul, como requisito para  
obtenção do título de Doutor em Ciência  
Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS  
2025

Dedico esta tese aos meus pais e todos que estiveram ao meu lado nos momentos de dúvida, risos e conquistas. O apoio de cada um de vocês foi imprescindível, e sem ele, este trabalho não teria o mesmo significado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Paulo César Brasileiro e Marilene Aparecida de Oliveira, pelo amor incondicional, apoio e confiança em todas as minhas escolhas. Vocês são minha base e meu maior exemplo de dedicação e resiliência. Só cheguei até aqui graças a vocês.

Aos meus sobrinhos, Kaique e Miguel, por me darem forças nos momentos de desmotivação.

Aos membros do “quarteto fantástico” — Giovanna, Louise e Rebeca — pela parceria acadêmica e da vida, celebrando as vitórias e acolhendo as dificuldades. Vocês foram essenciais para eu me tornar o profissional que sou.

Aqueles que o AQUIMS me trouxe — Yago, Karina, Lavínia, Laís, Felipe, Thiago e Renan — por estarem ao meu lado, compartilhando alegrias e apoiando nas adversidades com tanta parceria e sorrisos.

Aos amigos de longa data — Laura (e Bernardo), Luana, Flávia, Omar, Laís e Ricardo — por sempre me incentivarem, mesmo diante da minha ausência durante este período.

Às “famílias adotivas” — Dona Marilene, Dona Erli, Jéssica, Tia Sandra e Sr. Heraldo — por me acolherem em momentos alegres e difíceis, oferecendo seus lares e corações com tanto carinho.

Ao meu orientador, Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho, pela paciência (na maior parte do tempo), orientações precisas e contribuições fundamentais para este trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Jayme Aparecido Povh por toda a parceria e confiança. Desde o começo sempre acreditou em meu potencial, quando as vezes nem eu mesmo acreditei. Um exemplo de profissional e pessoa que eu me inspiro e espero me tornar um dia. Não tenho palavras para agradecer o tanto que o senhor merece. A todos do grupo de pesquisa AQUIMS, que tornaram minha jornada mais leve e significativa.

À FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DO ENSINO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO MATO GROSSO DO SUL – FUNDECT, pelos recursos da pesquisa que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

À COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR  
– CAPES pela bolsa de estudos e por possibilitar o doutorado sanduíche no México.

À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela estrutura disponibilizada e pela bolsa concedida.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, desenvolveram para este percurso, com palavras de apoio, gestos de incentivo ou simplesmente acreditando em mim, minha mais profunda gratidão.

"Aquele que tem um porquê para viver,  
pode enfrentar todos os 'comos'"

**Friedrich Nietzsche**

Filósofo alemão

(1844-1900)

Assim falava Zaratustra

## RESUMO

BRASILEIRO, L. O. Tecnologia de bioflocos: mitigação do canibalismo no dourado (*Salminus brasiliensis*) e maturação com mistura probiótica. 2025. Tese – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a Tecnologia de Bioflocos (BFT) e sua importância para a aquicultura, se mostrando como uma inovação que melhora a qualidade da água, reduz a necessidade de trocas frequentes e promove um ambiente mais sustentável para o cultivo de organismos aquáticos. Esta tese foi estruturada em três capítulos. O capítulo 1 apresenta uma revisão de literatura abordando a relevância da aquicultura, destacando sistemas de cultivos alternativos, com ênfase no sistema de BFT e de como ele pode influenciar na qualidade da água e no bem-estar dos organismos aquáticos. Além disso, foi apresentada as vantagens do uso de probióticos na aquicultura, os benefícios na saúde dos animais, sua contribuição para um melhor aproveitamento dos nutrientes e por fim a utilização dos microrganismos do probiótico no BFT, buscando tornar o cultivo mais eficiente e rentável. Outro desafio da aquicultura é o canibalismo, que causa prejuízos significativos na produção e pode ser mitigado quando os peixes são produzidos em sistema BFT, reduzindo o estresse desses animais. O capítulo 2 apresenta um experimento realizado para avaliar o desempenho produtivo e a sobrevivência do dourado (*Salminus brasiliensis*) em um sistema de bioflocos comparado a um sistema tradicional com troca parcial de água. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições, utilizando aquários de 50 litros e aeração constante. Foram alocados 20 peixes por unidade experimental (4,12 g; 6,25 cm), e o experimento durou 28 dias. Os peixes cultivados em BFT apresentaram melhores resultados de conversão alimentar, biomassa e ganho de biomassa ( $P < 0,05$ ) em comparação ao sistema tradicional. A sobrevivência e o escore corporal também foram superiores ( $P < 0,05$ ) no sistema BFT, indicando que essa tecnologia proporciona um melhor desempenho produtivo na fase inicial do dourado. O capítulo 3 investigou o desenvolvimento de microrganismos na formação de bioflocos, comparando um

sistema convencional (BFT) com um sistema utilizando probióticos (BFTp). O experimento foi conduzido em tanques de 1 m<sup>3</sup> por 24 dias, utilizando melação de cana como fonte de carbono na proporção de 20:1 (C:N). A adição de *Saccharomyces cerevisiae* (1,5×10<sup>9</sup> UFC/g) como probiótico foi feita em dias alternados até a estabilização do sistema. As variáveis físico-químicas da água não diferiram significativamente entre os tratamentos. No que se refere aos compostos nitrogenados, a concentração de nitrogênio amoniacal e amônia tóxica foi menor (P<0,05) no tratamento com probióticos na quarta coleta, e a concentração de nitrato foi maior (P<0,05) na terceira, quarta e sexta coletas, indicando um melhor controle da qualidade da água. Além disso, observou-se que a concentração de fitoplâncton e zooplâncton foi significativamente maior (P<0,05) no BFTp, sugerindo que o uso de probióticos favorece a estabilização do bioflocos e melhora a microbiota do ambiente. Dessa forma, os resultados indicam que a utilização de probióticos no BFT acelera a formação e estabilização do sistema, melhora a qualidade da água e otimiza o desempenho dos organismos cultivados. Assim, a tecnologia de bioflocos se destaca como uma alternativa sustentável e eficiente para o desenvolvimento da aquicultura, promovendo uma maior produtividade e bem-estar.

**Palavras-chave:** aquicultura sustentável; bem-estar; sistemas de produção.

## ABSTRACT

BRASILEIRO, L. O. Biofloc technology: mitigation of cannibalism in dourado (*Salminus brasiliensis*) and maturation with probiotic mixture. 2025. Thesis - Postgraduate Program in Animal Science, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2025.

The present study aimed to investigate Biofloc Technology (BFT) and its importance in aquaculture, demonstrating its role as an innovative system that improves water quality, reduces the need for frequent exchanges, and promotes a more sustainable environment for the cultivation of aquatic organisms. This dissertation is structured into three chapters. Chapter 1 presents a literature review addressing the relevance of aquaculture, highlighting alternative farming systems, with an emphasis on the BFT system and its influence on water quality and the well-being of aquatic organisms. Additionally, the advantages of using probiotics in aquaculture were presented, as well as the benefits to animal health, their contribution to better use of nutrients and, finally, the use of probiotic microorganisms in BFT, which can increase the efficiency and profitability of cultivation. Another challenge in aquaculture is cannibalism, which causes significant production losses and can be mitigated when animals are raised in BFT, as this system helps reduce stress. Chapter 2 presents an experiment conducted to evaluate the productive performance and survival of dourado (*Salminus brasiliensis*) in a biofloc system compared to a traditional system with partial water exchange. The experimental design was completely randomized, with two treatments and four replicates, using 50-liter tanks with constant aeration. Twenty fish per experimental unit (4.12 g; 6.25 cm) were allocated, and the experiment lasted 28 days. Fish cultivated in BFT showed better results in feed conversion, biomass, and biomass gain ( $P < 0.05$ ) compared to the traditional system. Survival and body condition scores were also superior ( $P < 0.05$ ) in the BFT system, indicating that this technology provides better productive performance during the initial phase of *Salminus brasiliensis*. Chapter 3 investigated microorganism development in biofloc formation, comparing a conventional system (BFT) with a system using probiotics (BFTp). The experiment was conducted in 1 m<sup>3</sup> tanks for 24 days, using sugarcane molasses as a carbon source at a 20:1 (C:N) ratio. *Saccharomyces cerevisiae* ( $1.5 \times 10^9$  CFU/g) as a probiotic was

added on alternate days until system stabilization. The physicochemical water variables did not differ significantly between treatments. Regarding nitrogenous compounds, ammoniacal nitrogen and toxic ammonia concentrations were lower ( $P<0.05$ ) in the probiotic treatment in the fourth week, while nitrate concentration was higher ( $P<0.05$ ) in the third, fourth, and sixth samplings, indicating better water quality control. Furthermore, the concentration of phytoplankton and zooplankton was significantly higher ( $P<0.05$ ) in BFTp, suggesting that the use of probiotics favors biofloc stabilization and improves the environmental microbiota. Thus, the results indicate that the use of probiotics in BFT accelerates system formation and stabilization, improves water quality, and optimizes the performance of cultivated organisms. Therefore, biofloc technology stands out as a sustainable and efficient alternative for aquaculture development, promoting higher productivity and animal welfare.

Keywords: sustainable aquaculture; welfare; production systems.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I .....	14
INTRODUÇÃO .....	14
Tecnologia de Bioflocos (BFT) .....	16
Probióticos.....	19
Canibalismo na Aquicultura.....	22
OBJETIVOS .....	24
REFERÊNCIAS .....	25
CAPÍTULO II .....	29
ARTIGO I: Tecnologia de bioflocos (BFT) melhora o desempenho produtivo e a sobrevivência de <i>Salminus Brasiliensis</i> .....	29
RESUMO.....	31
INTRODUÇÃO .....	32
MATERIAL E MÉTODOS .....	33
Animais e local .....	33
Delineamento experimental e unidades experimentais .....	34
Formação e manutenção das unidades experimentais .....	35
Alimentação e qualidade de água .....	35
Avaliação de performance.....	36
Avaliação de escore corporal para lesões.....	36
Análise estatística .....	37
RESULTADOS .....	37
DISCUSSÃO .....	37
CONCLUSÃO.....	41
AGRADECIMENTOS .....	41
REFERÊNCIAS .....	42
CAPÍTULO III .....	45
ARTIGO II: Avaliação do impacto de probióticos no desenvolvimento planctônico na formação de sistemas de bioflocos: comparação entre condições com e sem probióticos .....	45

RESUMO.....	46
INTRODUÇÃO .....	48
MATERIAL E MÉTODOS .....	50
Animais e local .....	50
Delineamento experimental e unidades experimentais .....	50
Formação e manutenção das unidades experimentais .....	51
Características da qualidade de água .....	51
Coleta e avaliação de amostras .....	52
Caracterização de fitoplâncton e zooplâncton.....	52
Análise estatística .....	52
RESULTADOS .....	53
Características da qualidade de água .....	53
Fitoplâncton.....	55
Zooplâncton.....	56
DISCUSSÃO .....	53
CONCLUSÃO.....	61
AGRADECIMENTOS .....	61
REFERÊNCIAS.....	62

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

Por definição, aquicultura é o cultivo de organismos aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos, algas, répteis e qualquer outra forma de vida aquática, englobando espécies de água doce ou salgada (Schulter e Vieira Filho, 2017). Esses organismos são confinados em um espaço limitado, sendo uma atividade desenvolvida em todo o mundo há centenas de anos (Lucas e Southgate, 2019).

Os primeiros registros da prática de aquicultura são datados de 2.000 anos a.C. pelos chineses, com monocultivo de carpa (Vinatea, 1995). Em 2022, a produção mundial de aquicultura e pesca atingiu um recorde de 223,2 milhões de toneladas, representando um aumento de 4,4% quando comparado a 2020. Destacou-se a produção de 130,9 milhões de toneladas, onde 94,4 milhões de toneladas foram oriundas de animais aquáticos, equivalente a 51% da produção mundial total, ultrapassando o extrativismo (FAO, 2024).

Isso representa um avanço significativo sob o ponto de vista ambiental e econômico, pois o extrativismo é caracterizado pela retirada de recursos naturais de origem mineral (petróleo, ouro, prata, bauxita), animal (pesca, aquicultura, carne, pele), vegetal (madeira, folhas e frutos) ou obtenção de recursos por meios ou sob circunstâncias que dispensam as atividades e os custos do cultivo prévio (BRASIL, 2007). Quando realizado de maneira descontrolada, resulta, em geral, em sobre-exploração e desequilíbrio ambiental.

Há vários tipos de sistemas produtivos, como sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos, sendo que todos podem ser conduzidos de maneira sustentável. Esses sistemas podem ter custos de investimento consideravelmente baixos e apresentar alta produtividade, demonstrando capacidade de aumentar a produção mundial de alimentos e contribuindo para a segurança alimentar global (Siqueira, 2017).

Apesar dos benefícios, a aquicultura pode gerar impactos ambientais negativos, principalmente em produções intensivas. Entre os principais impactos, destaca-se a liberação de grandes cargas de materiais orgânicos e nutrientes, provenientes de alimentos não consumidos e resíduos metabólicos,

nos corpos d'água. A longo prazo, isso pode causar danos ambientais (Piedrahita, 2003).

Além disso, quando realizada de maneira inadequada, a aquicultura pode contribuir para a destruição de habitats, perda de biodiversidade e degradação da qualidade da água (Martinez-Porchas et al., 2010). Outros riscos incluem a introdução de espécies invasoras (Gozlam, 2017) e a introgressão genética de espécies cultivadas (Lorenzen et al., 2012).

Além dos desafios ambientais, a aquicultura pode enfrentar outros problemas econômicos e sociais, como a escassez de ingredientes para ração, a volatilidade dos preços (Emerenciano et al., 2017) e a competição por recursos naturais. Recursos como água, energia e alimentos são disputados não só por outras formas de cultivo, mas também por atividades humanas, como o desenvolvimento urbano e o turismo (Boyd et al., 2020). Esses desafios tornam essencial a adoção de estratégias sustentáveis para minimizar impactos e garantir a viabilidade da atividade. Isso demanda cada vez mais a necessidade de uma produção sustentável para atender às crescentes demandas por alimentos. Além do uso eficiente dos recursos, torna-se necessário adotar práticas que garantam a disponibilidade de recursos para as próximas gerações.

Com avanços científicos e tecnológicos, obstáculos como a liberação de efluentes em corpos d'água estão sendo superados (Romeiro, 2012). Esses avanços devem ser direcionados para o crescimento da indústria aquícola de maneira sustentável, visando diminuir ou zerar o potencial poluidor causado pelas práticas aquícolas (Crab et al., 2012).

Dentre as técnicas utilizadas para mitigar impactos, destacam-se o uso de macrófitas aquáticas (De Souza e Vasconcelos, 2016), a combinação de reatores aeróbios e anaeróbios (Carra, 2017), lagoas de estabilização expostas (Felizatto et al., 2000) e o reator de biofilme de leito móvel ou moving bed biofilm reactor (MBBR) (Boaventura et al., 2021). Outra estratégia importante são os sistemas de aquicultura de recirculação (RAS), que reduzem a utilização de água quando comparados a sistemas tradicionais, diminuindo assim a quantidade de nutrientes liberados no ambiente (FAO, 2015). Uma alternativa que vem ganhando destaque na aquicultura é a tecnologia de bioflocos, que remove algumas limitações associadas aos métodos tradicionais de criação de organismos aquáticos (Luo et al., 2020).

## Tecnologia de Bioflocos (BFT)

A abordagem sustentável deste sistema baseia-se na elevada produção de peixes ou camarões em pequenas áreas, quando comparado a outros sistemas de cultivo. Além disso, apresenta a vantagem de exigir pouca ou nenhuma troca de água (Emerenciano et al., 2017).

Este sistema se baseia em fornecer condições adequadas para determinadas comunidades bacterianas, através do ajuste da relação carbono:nitrogênio (C:N) (Figura 1). O desenvolvimento de comunidades microbianas diversas e estáveis em sistemas BFT é importante para otimizar a qualidade da água e a saúde dos organismos aquáticos (Wei et al., 2020).

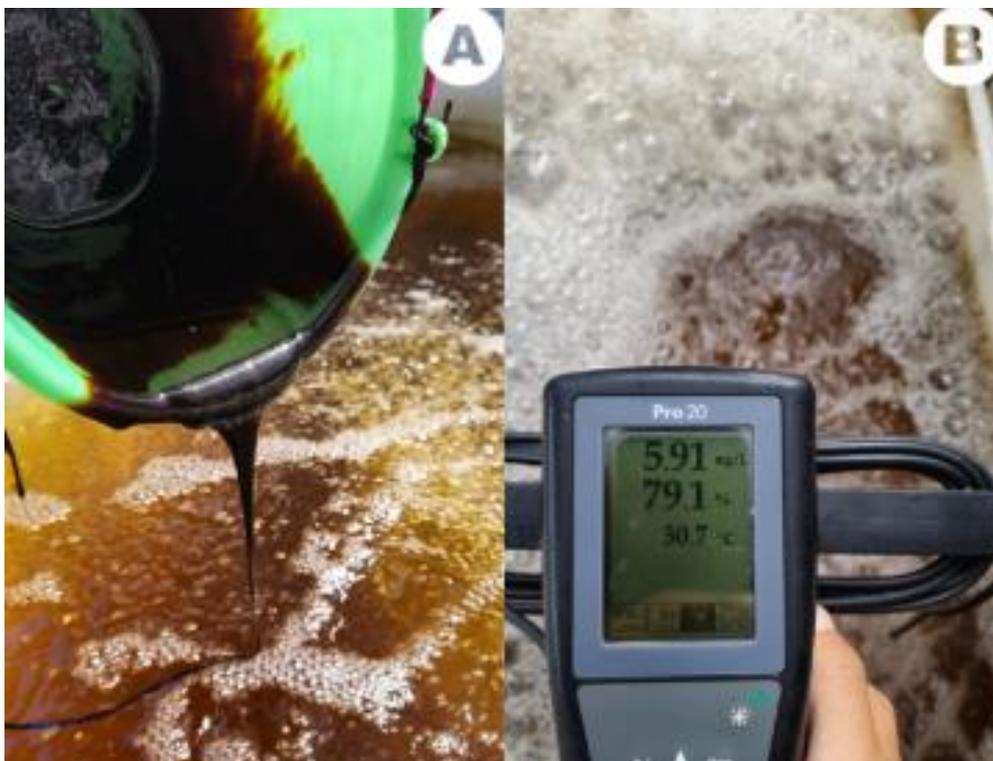


Figura 1. (a) Adição de meloço como fonte de carbono ao sistema; (b) Mensuração dos parâmetros físicos do sistema.

No BFT, basicamente os microrganismos apresentam três funções principais: (i) acelerar a mineralização de resíduos e consumir compostos nitrogenados, mantendo uma boa qualidade da água (Martínez-Córdova et al., 2015); (ii) servir como fonte de alimento para as espécies cultivadas (Wang et al., 2019); e (iii) inibir a proliferação de patógenos por exclusão competitiva (Crab et al., 2012; Emerenciano et al., 2013).

Neste sistema, as bactérias heterotróficas terão seu crescimento estimulado, e o nitrogênio presente no sistema será absorvido por meio da produção de proteínas microbianas. Essas bactérias assimilam a amônia diretamente na formação de biomassa microbiana, enquanto as bactérias quimiotróficas converterão a amônia em nitrito e, posteriormente, em nitrato, que pode ser aproveitado pelos fitoplânctons (Avnimelech, 1999). Esse processo também contribui para a conversão de resíduos orgânicos, como excedente de alimentos e fezes, em biomassa microbiana (Figura 2) (Avnimelech, 2012; Xu et al., 2013).

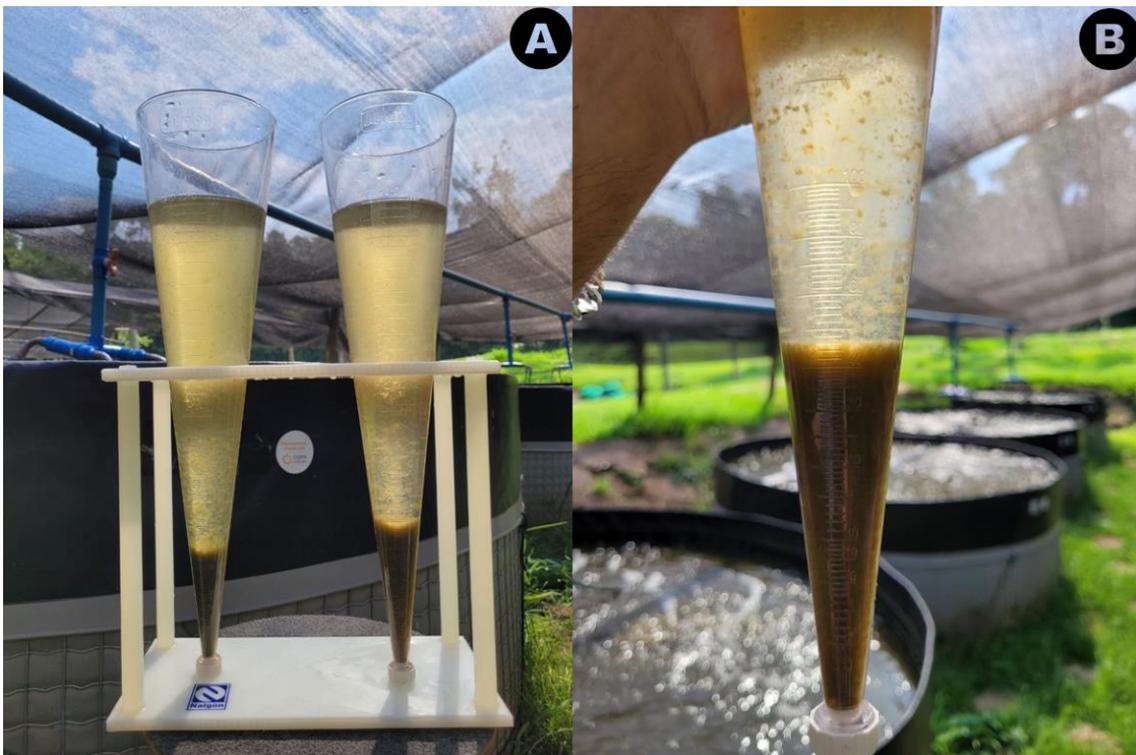


Figura 2. (a) Cone de imhoff, utilizado para sedimentação da biomassa microbiana; (b) Biomassa microbiana do sistema bioflocos sedimentada

Essa biomassa microbiana se origina na bioacumulação de microrganismos que tendem a agregar-se e formar flocos que podem ser filtrados e consumidos por espécies filtradoras e detritívoras (Crab et al., 2012). Quando o cultivo é realizado *in situ*, essa biomassa serve como uma fonte nutritiva de alimento, rica em aminoácidos e ácidos graxos, com a vantagem de estar disponível 24 horas por dia para os peixes (Emerenciano et al., 2013).

Se pode coletar a biomassa microbiana através de um processo conhecido como clarificação (Figura 3), onde o volume excedente dos flocos é decantado e posteriormente coletado (Gaona et al., 2016) e, após passar por processamento, pode ser fornecida como suplementação em rações para organismos aquáticos (Promthale et al., 2019), podendo substituir ingredientes como farinha de peixe e proteína de soja nas dietas (Kuhn et al., 2010).

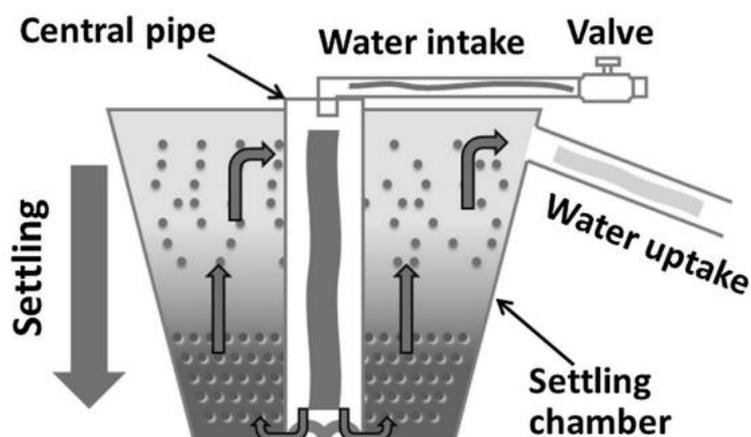


Figura 3. Clarificador montado em uma caixa d'água plástica de 1000 L, equipada com um tubo central de 300 mm de diâmetro e 700 mm de altura para redução da turbulência. Com volume operacional mantido em 797 L.  
Fonte: Adaptado de Gaona (2016).

As características desse sistema permitem aumentar a densidade de estocagem quando comparado a sistemas convencionais (Avnimelech, 2007), demonstrando um potencial de 10 a 20% a mais de ganho de massa quando comparado a cultivos tradicionais (Crab et al., 2012). Apresentando uma melhora na taxa de conversão alimentar (Krummenauer et al., 2014), de maneira que essa maior produtividade cause menos impacto ao meio ambiente (Bossier e Ekarski, 2017).

A estrutura da comunidade microbiana nos bioflocos podem ser influenciadas pelo método empregado na sua formação, sendo que quando se utiliza um inóculo inicial, em vez de iniciar o sistema a partir de condições estéreis, as propriedades biológicas e bioquímicas do bioflocos tendem a refletir o estado e as condições ambientais pré-existentes desse inóculo (Gomez-Ramirez et al., 2019). Outros fatores como fonte de carbono e proporção

carbono:nitrogênio utilizada também influenciam na formação do sistema (Luo et al., 2023). Além disso, fatores bióticos, como a predação, e abióticos, como salinidade (Avnimelech, 2007) e fotoperíodo, também podem interferir na proliferação dos organismos (Tao et al., 2021).

Outro ponto crucial no sucesso da produção em bioflocos está relacionado aos níveis de oxigênio dissolvido no sistema (Figura 4), desempenhando um papel crucial, sendo responsáveis por aumentar a atividade de bactérias heterotróficas e quimioautotróficas, permitindo a digestão de fontes disponíveis de carbono transformando em nitrogênio (Krummenauer et al., 2014). É importante ressaltar que os níveis recomendados no sistema são acima de 5 mg/L de oxigênio dissolvido, para garantir que a comunidade de microrganismos aeróbicos se sobressaia sobre outros microrganismos indesejados (Crab et al. 2012).



Figura 4. Distribuição das mangueiras de aeração uniformemente em tanque-elevado, antes do início da formação do bioflocos.

O BFT já é um sistema rico em diversidade microbiana, porém quando combinado com adição de bactérias probióticas externas, como um produto comercial, pode se aumentar a eficácia do sistema, como observado por Hu et al. (2016) que combinaram *Bacillus* e melão como fonte de carbono e conseguiram resultados satisfatórios no aumento da diversidade microbiana. A interação entre a comunidade microbiana no sistema de bioflocos e os efeitos da adição de bactérias probióticas comerciais ainda não está bem definida, assim

como a forma que a comunidade microbiana é modulada, em termos de colonização, abundância e composição bacteriana.

Entender essas interações é essencial para desenvolver estratégias de controle de doenças, melhorar a qualidade da água e gerenciar as comunidades microbianas em sistemas de cultivo com bioflocos (Hostins et al., 2019).

## **Probióticos**

Os probióticos são suplementos alimentares com microrganismos vivos que agem de maneira benéfica, aumentando a digestão, absorção e suprimindo doenças que atingiriam o hospedeiro (González-Félix et al., 2018). Na produção animal podem promover vários benefícios ao animal hospedeiro, podendo contribuir para o aprimoramento do desempenho zootécnico, no fortalecimento da saúde dos animais e no favorecimento de um ambiente de cultivo mais equilibrado (Mouriño et al., 2017), conseqüentemente, reduzem a mortalidade, minimizando perdas produtivas e dificultando a proliferação de patógenos, especialmente em sistemas de criação intensivos e superintensivos (Munir et al., 2018).

Para ser caracterizado como probiótico, os microrganismos devem possuir informações plausíveis sobre a identidade do gênero, não ser tóxico e patogênico, ser habitante natural da microbiota intestinal da espécie alvo, conseguir sobreviver e colonizar no trato gastrointestinal (resistência ao ácido gástrico e a bile), produzir substâncias antimicrobianas, ser antagonista às bactérias patogênicas, modular a resposta imunológica (Reque e Brandelli, 2021), apresentar bom crescimento, ser resistente ao tempo e transporte durante o armazenamento, ausência de genes de resistência a antibióticos, além de possuírem propriedades antimutagênicas e anticancerígenas (Merrifield et al., 2010).

A definição de probióticos evoluiu no passar dos tempos, inicialmente foram descritos como "substâncias produzidas por protozoários que estimulam a protocooperação intraespecífica no desenvolvimento de colônias entéricas benéficas" (Lylli e Stillwell, 1965). Posteriormente essa definição foi ampliada para "microrganismos vivos utilizados na alimentação que afetam beneficemente

o organismo hospedeiro na melhora microbiológica intestinal” (Fuller, 1989). Nos sistemas de produção animal, os probióticos recebem definição de “microrganismos vivos inseridos no sistema de produção que colonizam o trato digestivo dos animais alvo, em densidade e atividade, atuando de forma benéfica no desempenho e na saúde do animal” (Gatesoupe, 2008).

A utilização de aditivos alimentares, como os probióticos, tem se tornado cada vez mais frequentes na produção animal, com intuito de otimizar a produção, minimizando as perdas por infecções patogênicas e melhorando a saúde e o bem estar dos organismos, garantindo assim uma melhora no desempenho zootécnico (Pereira et al., 2021). Os probióticos desempenham um papel interessante na aquicultura, pois além de serem sustentáveis, proporcionam melhora no desempenho produtivo sem causar danos aos animais cultivados, ao meio ambiente e ao consumidor final (Doan et al., 2019). Podem ser específicos na competitividade espacial e nutricional, modificando o ambiente (Adel e Dawood, 2021), melhorando o crescimento, ganho de peso e a digestibilidade dos alimentos, inibindo a colonização de bactérias patogênicas no trato gastrointestinal, modulando a microbiota e regulando o pH intestinal (Dawood et al., 2018).

Sua utilização na aquicultura pode ser realizada de várias maneiras, sendo as principais como: (i) Biorremediador: atuando diretamente no ambiente de produção, onde ocorrerá melhora na qualidade da água e atuará na decomposição de matérias orgânicas (Sharma e Scheeno, 1999); (ii) Biocontroladores: ao invés de colonizar o trato digestivo terão efeito indireto, onde os microrganismos atuarão como antagonistas de agentes patogênicos, ou seja, irão competir com organismos indesejáveis no ambiente de cultivo ou no próprio hospedeiro, inibindo a ação indesejada de organismos patógenos (Jatobá et al., 2018); e (iii) Probióticos: podem colonizar o hospedeiro e atuar beneficemente na microbiota intestinal, ou atuar no ambiente melhorando a qualidade da água, aumentando a eficiência alimentar e melhorando o desempenho produtivo. (Falcinelli et al., 2016).

Os principais grupos de microrganismos utilizados como probióticos na aquicultura são as bactérias lácticas, principalmente *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, porem outros gêneros Gram-positivas ou Gram-negativas, como *Enterococcus*, *Clostridium*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Shewanella*,

*Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Carnobacterium* e, também de leveduras como *Saccharomyces* (Reque e Brandelli, 2021).

A utilização de probióticos em sistemas de bioflocos (BFT) é uma alternativa interessante, já que a premissa do sistema se baseia em estabilizar as comunidades de microrganismos em níveis suficientes para que consumam o excesso de nutrientes que seriam prejudiciais para o cultivo de organismos aquáticos. Neste sistema, a comunidade microbiana já é diversificada, porém quando enriquecida com probióticos, sua eficiência é otimizada, desempenhando um papel crucial na aceleração da decomposição da matéria orgânica, resíduos e compostos nitrogenados, como amônia e nitrito, contribuindo para a estabilização mais rápida do sistema (Zhang et al., 2011).

Os probióticos desempenham várias funções essenciais para a manutenção do equilíbrio ecológico, e influenciam diretamente na produção primária, nas cadeias alimentares e na reciclagem de nutrientes e da matéria orgânica (Mohapatra et al. 2021). A manipulação das comunidades microbianas naturais dos sistemas aquáticos vem sendo utilizada na mitigação dos impactos ambientais relacionados com o crescimento dessas atividades aquícolas. Além de serem utilizadas como fonte alternativa de alimento para espécies cultivadas, são responsáveis por degradar altas cargas de resíduos orgânicos, melhorando a qualidade de água e aumentando a capacidade de cultivo (Anand et al. 2019).

Com a melhora do ambiente, haverá uma conseqüente melhora na qualidade de vida dos animais cultivados, o que resultará em um aumento no seu bem-estar, reduzindo o estresse e, assim, ajudando a mitigar comportamentos causados por esse estresse, que poderiam até levar à morte desses animais.

### **Canibalismo na Aquicultura**

A demanda por proteínas vem crescendo paralelamente a necessidade de alimentação humana. Esse fato faz com que haja uma maior demanda na produção de alimentos de origem animal, pressionando para que se produza maior quantidade em menor espaço e período de tempo (FAO, 2019). Para

conseguir atender a demanda, muitas vezes o bem-estar dos animais é suprimido, por uma produção intensiva.

O bem estar pode ser definido como o estado do indivíduo em relação a suas tentativas de adaptação ao meio (Broom, 1986) e refletirá no comportamento desses indivíduos, após serem afetados por mudanças fisiológicas e ambientais (Jones, 1998), podendo intensificar a incidência de comportamentos canibais. O canibalismo é definido como o consumo total ou parcial de um co-específico (Richardson et al., 2010) e é uma estratégia utilizada para aumentar a aptidão, fornecendo nutrientes essenciais (Polis, 1981), minimizar a competição (Do Nascimento, 2016) e regular a densidade populacional (Fox, 1975).

Em peixes, este comportamento ocorre em mais de 30 famílias, e está associado a declínios drásticos de sobrevivência (Baras e Jobling, 2002), podendo causar perdas econômicas substanciais para o setor produtivo podendo variar de 15% a mais de 90% de predação (Hecht e Appelbaum, 1988).

Vários são os fatores que influenciam no aumento deste comportamento, podendo estar relacionado com características ambientais, como a intensidade luminosa (Colchen et al., 2020), alta densidade de estocagem (Kro'L e Zielin'Ski 2015), quantidade de alimento insuficiente ou ausência de alimentos vivos (Fiogbé e Kestemont, 2003), pois algumas espécies piscívoras apresentam habilidades aprimoradas para detectar e capturar presas que se movimentam, o que torna necessário o fornecimento de alimento vivo (Smith e Reay, 1991) como artêmia ou larvas e juvenis de peixes forrageiros, para estimular a alimentação e evitar a predação.

Foi observado que muitos dos peixes que apresentam altas taxas de canibalismo em sistemas de cultivo, não apresentam esse comportamento em habitats naturais, podendo ser que o canibalismo possa estar mais relacionado por fatores ambientais do que por uma tendência natural (Smith e Rey, 1991). A maioria das espécies com altas taxas de canibalismo relatadas em ambientes de cultivo revela pouco ou nenhum canibalismo em habitats naturais (Fuentes e Quiroga, 2012), como em *Brycon* spp. (Baras et al., 2000). Em ambientes de cultivo, o comportamento canibal é mais frequente entre peixes piscívoros, especialmente aqueles cujas dietas incluem uma variedade de presas aquáticas, como insetos, crustáceos e outros peixes, sendo que a alta densidade de co-

específicos e a baixa diversidade de presas alternativas podem favorecer o canibalismo (Eigaard et al. 2014).

Além disso, fatores como a frequência alimentar e qualidade da alimentação fornecida podem estar atreladas às taxas de canibalismo, embora a escassez de alimentos não seja um pré-requisito para esse comportamento (Payne et al., 2002). A presença deste comportamento em peixes teleósteos é relativamente comum (Smith e Reay, 1991), podendo ocorrer durante a reprodução (Manica, 2004), nos sistemas de cultivo (Baras e Jobling, 2002), sendo uma alternativa de complementação dietética (Juanes, 2003) e podendo estar relacionado a aspectos evolutivos (Nishimura e Isoda, 2004).

A produção de peixes que apresentam esse comportamento em sistemas de bioflocos pode ajudar a mitigar esse problema, pois o equilíbrio microbiológico no ambiente pode desempenhar um papel na modulação do comportamento das espécies, promovendo um ambiente mais harmonioso e produtivo, fornecendo um ambiente com parâmetros mais estáveis, melhorando a qualidade da água e, conseqüentemente, fornecendo condições menos propensas para comportamentos agressivos (Kim et al., 2014), além deste ambiente ser rico nutricionalmente, pois devido a presença de bioflocos como fonte adicional de alimento, ocorrerá uma redução de disputas por recursos o que irá auxiliar na diminuição do estresse e, conseqüentemente, a incidência de comportamentos agressivos e canibais (Avnimelech, 2012).

Izel-Silva et al. (2024) relataram uma diminuição do canibalismo em larvas de *Brycon amazonicus* cultivadas em BFT, com uma sobrevivência maior que 80%, resultado significamente superior ao sistema de recirculação tradicional. Mostrando que o BFT além de melhorar a qualidade de água, pode reduzir a mortalidade e aumentar o lucro na produção.

## **Objetivos**

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do bioflocos sobre o canibalismo em peixes com comportamento piscívoro, onde o modelo experimental foi o *Salminus brasiliensis*. Também há o objetivo de avaliar o desenvolvimento de microrganismos na maturação do bioflocos com o uso de um probiótico.

## REFERÊNCIAS

Adel, M.; Dawood, M. A. O. Probiotics application: Implications for sustainable aquaculture. In: Mojgani, N.; Dadar, M. *Probiotic bacteria and postbiotic metabolites: Role in animal and human health*. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 191-219.

Anand, A.; Sato, M.; Aoyagi, H. Screening of phosphate-accumulating probiotics for potential use in chronic kidney disorder. *Food Science and Technology Research*, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2019. *Aquaculture*, v. 480, p. 58-64, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.036>.

Avnimelech, Y. *Biofloc technology - A practical guide book*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2012.

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

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

Baras, E.; Jobling, M. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquaculture Research*, v. 33, p. 461–479, 2002.

Baras, E.; Ndao, M.; Maxi, M. Y. J. et al. Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. I. Ontogeny, dynamics, bioenergetics of cannibalism and prey size selectivity. *Journal of Fish Biology*, v. 57, p. 1001–1020, 2000.

Boaventura, T. P.; Pedras, P. P.; Santos, F. A.; Ferreira, A. L.; Favero, G. C.; Palheta, G. D.; Luz, R. K. Cultivation of juvenile *Colossoma macropomum* in different colored tanks in recirculating aquaculture system (RAS): Effects on performance, metabolism and skin pigmentation. *Aquaculture*, v. 532, p. 736079, 2021.

Bossier, P.; Ekasari, J. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. *Microbial Biotechnology*, v. 10, n. 5, p. 1012-1016, 2017.

Boyd, C. E.; D'abramo, L. R.; Glencross, B. D.; Huyben, D. C.; Juarez, L. M.; Lockwood, G. S.; Mcnevin, A. A.; Tacon, A. G. J.; Teletchea, F.; Tomasso, J. R.; Tucker, C. S.; Valenti, W. C. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 51, p. 578–633, 2020.

BRASIL. Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. *Diário Oficial da União*, 8 fev. 2007. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm). Acesso em: 6 fev. 2025.

Broom, D. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, v. 142, p. 524-526, 1986.

Carra, M. L. Tratamento de efluentes de piscicultura em reatores anaeróbio e aeróbio combinados em série. 2017. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

Colchen, T.; Gisbert, E.; Ledore, Y.; Teletchea, F.; Fontaine, P.; Pasquet, A. Is a cannibal different from its conspecifics? A behavioural, morphological, muscular and retinal structure study with pikeperch juveniles under farming conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 224, p. 104947, 2020.

Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P.; Verstraete, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356, p. 351-356, 2012.

Dawood, M. A. O.; Koshio, S.; Abdel-Daim, M. M.; Doan, H. V. Probiotic application for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, v. 11, p. 907-924, 2018.

De Souza, A. F. L.; De Vasconcelos, E. L. Q. Utilização da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* no tratamento de efluentes de piscicultura no estado do Amazonas. *Pubvet*, v. 10, n. 12, p. 926-932, 2016.

Do Nascimento Lima, T. Cannibalism among *Myrmeleon brasiliensis* larvae (Návas, 1914) (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 38, n. 4, p. 447-450, 2016.

Doan, H. V.; Hoseinifar, S. H.; Ringo, E.; Esteban, M. Á.; Dadar, M.; Dawood, M. A. O.; Faggio, C. Host-associated probiotics: A key factor in sustainable aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v. 28, p. 16-42, 2019.

Eigaard, O. R.; Van Deurs, M.; Behrens, J. W.; Bekkevold, D.; Brander, K.; Plambech, M.; Plet-Hansen, K. S.; Mosegaard, H. Prey or predator – Expanding the food web role of sandeel (*Ammodytes marinus*). *Marine Ecology Progress Series*, v. 516, p. 267-273, 2014.

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*, v. 5, p. 92-109, 2017.

Emerenciano, M.; Gaxiola, G.; Cuzon, G. Biofloc technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass Now-Cultivation and Utilization*, v. 12, p. 301-328, 2013.

Falcinelli, S.; Rodiles, A.; Unniappan, S.; Picchiatti, S.; Gioacchini, G.; Merrifield, D. L.; Carnevali, O. Probiotic treatment reduces appetite and glucose level in zebrafish model. *Scientific Reports*, v. 6, p. 18061, 2016.

Felizatto, M. R.; Starling, F. L. R. M.; Sousa, M. A. A. Estudos preliminares para verificação da possibilidade de reúso direto em piscicultura no Distrito Federal. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, Brasília. *Anais* Brasília: ABRH, 2000. p. 1-20, 2000.

Fiogbé, E. D.; Kestemont, P. Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture*, v. 216, n. 1-4, p. 243-252, 2003.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2015). The State Of World Fisheries And Aquaculture: Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2019). The State Of World Fisheries And Aquaculture: Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2019.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2024). The State Of World Fisheries And Aquaculture: Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2024.

Fox, L.R. Cannibalism In Natural Populations. *Annu Rev Ecol Syst* 6:87–106. 1975 Doi:10.1146/Annurev.Es.06.110175. 000511

Fuentes, C.M.; Quiroga, F. Net Feeding In Ichthyoplankton Samples From The Paraná River. *Journal of Plankton Research*, v. 34, p. 967–975, 2012.

Fuller, R. Probiotics In man and animals: A review. *Journal Of Applied Bacteriology*, v. 66, p. 365–378, 1989

Gaona, C. A. P.; Serra, F. D. P.; Furtado, P. S.; Poersch, L. H.; Wasielesky, W. Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. *Aquaculture International*, v. 24, n. 5, p. 1263-1275, 2016.

Gatesoupe, F. J. Updating the importance of lactic acid bacteria in fish farming: natural occurrence and probiotic treatments. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, v. 14, n. 1-3, p. 107-114, 2008.

Gómez-Ramirez, I; Valencia-Arias, A; Duque, L. Approach to M-learning acceptance among university students: An integrated model of TPB and TAM. *International Review of research in open and distributed learning*, v. 20, n. 3, 2019.

González-Félix, M.L.; Gatlin, D. M.; Urquidez-Bejarano, P.; De La Rée-Rodríguez, C.; Duarte-Rodríguez, L.; Sánchez, F.; Perez-Velazquez, M. Effects of commercial dietary prebiotic and probiotic supplements on growth, innate immune responses, and intestinal microbiota and histology of *Totoaba Macdonaldi*. *Aquaculture*, v. 491, p. 239-251, 2018.

Gozlan, R. Einterference of non-native species with fisheries and aquaculture. In: VILA, M.; HULME, P. E. *Impact of biological invasion on ecosystems services*. Switzerland: Springer International Publishing, 2017. v.12, p. 119–137.

Hecht, T.; Appelbaum, S. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. *Journal of Zoology*, v. 214, p. 21-44, 1988.

Hostins, B.; Lara, G.; Decamp, O.; Cesar, D. E.; Wasielesky, W. Bioflocs substituted fishmeal feed stimulates immune response and protects shrimp from *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, v. 93, p. 1067-1075, 2019.

Hu, X.; Cao, Y.; Wen, G.; Zhang, X.; Xu, Y.; Xu, W.; Xu, Y.; Li, Z. Effect of combined use of bacillus and molasses on microbial communities in shrimp cultural enclosure systems. *Aquaculture Research*, v.8, n. 6, p. 2691-2705, 2016.

Izel-Silva, J.; Santos, R. B.; Medeiros, P. A.; Suita, S.; Medeiros, W.; Fugimura, M. M.; Sena, A.; Gusmão, E. *Brycon Amazonicus* larviculture cannibalism is reduced in biofloc systems. *Aquaculture*, v. 579, 2024.

Jatobá A.; Moraes, K. N.; Rodrigues, E. F.; Vieira, L. M.; Pereira, M. O. Frequency in the supply of *Lactobacillus influence* its probiotic effect for yellow tail lambari. *Ciência Rural*, v. 48, p. 00-42, 2018.

Jones, C. L. W.; Kaiser, H.; Hecht, T. effect of shelter, broodstock number, and sex-ratio on juvenile production in the swordtail *Xiphophorus helleri* under intensive culture conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 29, p. 92–96, 1998.

Juanes, F. The allometry of cannibalism in piscivorous fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 60, p. 594–602, 2003.

Kim, S. Y.; Velando, A. Stickleback males increase red coloration and courtship behaviours in the presence of a competitive rival. *Ethology*, v. 120, n. 5, p. 502-510. 2014.

KroćL, J.; Zieliński, E. Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in european perch *Perca Fluviatilis* larvae. *Polish Journal of Natural Sciences*. v. 30, p. 403-415, 2015.

Krummenauer, D.; Pimentel, O. A. L. F.; Bezerra, A.; Gonçalves, F. H.; Poersch, L. H.; Wasielesky Jr, W. The use of automatic belt feeders in a *Penaeus vannamei* pilot scale super-intensive nursery and grow-out with biofloc system. *Aquacultural Engineering*, v. 107, p. 102453, 2024.

Kuhn, D. D.; Boardman, G. D.; Lawrence, A. L.; Marsh, L.; Flick, G. J. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, v. 296, n. 1-2, p. 51-57, 2009.

Kuhn, D. D.; Lawrence, A. L.; Boardman, G. D.; Patnaik, S.; Marsh, L.; Flick Jr, G. J. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 303, n.1-4, p. 28-33, 2010.

Krummenauer, D.; Samocha, T.; Poersch, L.; Lara, G.; Wasielesky Jr., Wilson. The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT system. *Journal Of The World Aquaculture Society*, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014.

Lorenzen, K.; Beveridge, M. C. M.; Mangel, M. Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. *Biological Reviews*, v. 87, p. 639–660, 2012.

Lucas, J. S.; Southgate, P. C.; Tucker, C. S. (Ed.) *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. 3ed. New Jersey: Wiley-Blackwell.2019. 672p.

Luo, G.; Chen, X.; Tan, J.; Abakari, G.;an, H. Effects of carbohydrate addition strategy and biofloc levels on the establishment of nitrification in biofloc technology aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 514, p. 734441, 2020.

Luo, G.; Jiayang, L.; Jinxiang, X.; Liu, W.; Tan, H. Effects of dissolved organic carbon and total ammonia nitrogen concentrations with the same DOC/TAN on biofloc performance. *Aquaculture*, v. 574, p. 739713, 2023.

Lylli, D.M.; Stillwell, R.H. Probiotics: Growth promoting factors produced by microorganisms. *Science*, v.147, p. 747–748, 1965.

Manica, A. Parental fish change their cannibalistic behaviour in response to the cost-to-benefit ratio of parental care. *Animal Behaviour*, v.67, p. 1015–1021, 2004.

Martínez-Córdova, L. R.; Emerenciano, M.; Miranda-Baeza, A.; Martínez-Porchas, M. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: An updated review. *Reviews In Aquaculture*, v. 7, n.2, p.131-148, 2015.

Martinez-Porchas, M.; Martinez-Cordova, L. R.; Porchascornejo, M. A.; Lopez-Elias, J. A. Shrimp polyculture: A potentially profitable, sustainable, but uncommon aquacultural practice. *Reviews In Aquaculture* v. 2, p. 73–85, 2010.

Merrifield, D.L.; Dimitroglou, A.; Foey, A.; Davies, S.J.; Baker, R.T.M.; Bogwald, J.; Castex, M.; Ringo, E. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, v. 302, p.1–18, 2010.

Mohapatra, A.; Sahu, J. K. Spray-process optimization for the encapsulation of probiotic *Lactobacillus Acidophilus* ATCC 11975 in a ternary wall matrix. *Journal Of Food Processing And Preservation*, v. 45, n.10, p. E15860, 2021.

Mouriño J. L. P.; Vieira F. N.; Jatobá, A.; Silva, B. C.; Pereira, G. V.; Jesus, G. F. A.; Uchizima, T.T.; Seiffert, W. Q.; Martins, M. I. Symbiotic supplementation on the hemato-immunological parameters and survival of the hybrid surubim after challenge with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Nutrition*, v. 23, n. 2, p. 276-284, 2017.

Munir, M.B.; Hashim, R.; Nor, S.A.M.; Marsh, T.L. Effect of dietary prebiotics and probiotics on snakehead (*Channa striata*) health: haematology and disease resistance parameters against *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, v. 75: p. 99-108, 2018.

Nishimura, K.; Isoda, Y. Evolution of cannibalism: Referring to costs of cannibalism. *Journal of Theoretical Biology*, v. 226, p. 291–300, 2004.

Payne, A. G.; Smith, C.; Campbell, A. C. Filial cannibalism improves survival and development of beaugregory damselfish embryos. *Proceedings of the Royal Society of London B*, v. 269, p. 2095–2102, 2002.

Pereira, A. C. A.; Narciso, B. B. D.; Mansano, C. F. M. Probiótico e a saúde animal. *Archives Of Health*, v. 2, p. 1028-1031, 2021.

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.

Polis, G.A. The evolution and dynamics of intraspecific predation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 12, n.225–251, 1981.

Promthale, P.; Pongtippatee, P.; Withyachumnarnkul, B.; Wongprasert, K. Bioflocs substituted fishmeal feed stimulates immune response and protects shrimp from *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, v. 93, p.1067-1075, 2019.

Reque, P. M.; Brandelli, A. Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: applications in functional food industry. *Trends In Food Science & Technology*, v.114, p. 1-10, 2021.

Richardson, M. L.; Mitchell, R. F.; Reagel, P. F.; Hanks, L. M. Causes and consequences of cannibalism in noncarnivorous insects. *Annual Review of Entomology*, v.55, n.1, p.39-53, 2010.

Romeiro, A. R. Desenvolvimento sustentável: Uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados*, v.26, p. 65-92, 2012.

Schulter, E. P.; Vieira Filho, J. E. R. *Evolução da piscicultura no Brasil: Diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2017.

Sharma R.; Scheeno, T. P. Aquaculture wastes and its management. *Fisheries World*, p. 22-24, 1999.

Siqueira, T. V. D. E. *Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2017.

Smith, C.; Reay, P. Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v.1, p.41–64, 1991.

Tao, C. T.; Khoa, T. N.; Truyen, P. M.; Hoa, N. V.; An, C. M.; Hai, T. N. Effects of light intensity on growth and survival rate of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) at larvae and postlarvae stages in biofloc system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, v.14, n.6, p.3556-3565, 2021.

Vinatea, L. Aqüicultura: Evolução histórica. *Panorama da Aqüicultura*. 1995. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/aquicultura-evolucao-historica>

Wang, H.; Qi, B.; Jiang, X.; Jiang, Y.; Yang, H.; Xiao, Y.; Wang, W. Microalgal interstrains differences in algal-bacterial biofloc formation during liquid digestate treatment. *Bioresource Technology*, v.289, p.121741, 2019.

Wei, Y. F.; Wang, A. L.; Liao, S. A. Effect of different carbon sources on microbial community structure and composition of ex-situ biofloc formation. *Aquaculture*, v.515, p.734492, 2020.

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.

Zhang, Q.; Tan, B.; Mai, K.; Zhang, W.; Ma, H.; A. I., Q.; Wang, X.; Liufu, Z. Dietary administration of *Bacillus* (*B. Licheniformis* and *B. Subtilis*) and isomaltooligosaccharide influences the intestinal microflora, immunological parameters and resistance against *Vibrio alginolyticus* in shrimp, *Penaeus japonicus* (Decapoda: Penaeidae). *Aquaculture Research*, v. 42, p. 943–952, 2011.

**CAPÍTULO II**  
**ARTIGO I**

**Tecnologia de bioflocos (BFT) melhora o desempenho produtivo e a sobrevivência de *Salminus brasiliensis***

*Artigo publicado no periódico Aquaculture International.*

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e a sobrevivência do dourado (*Salminus brasiliensis*) em tecnologia de bioflocos (BFT) e em sistema tradicional de água clara com troca parcial de água. O delineamento foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições, sendo que as unidades experimentais foram compostas por aquários de 50 litros de volume útil e com aeração constante. Em cada unidade experimental foram alocados 20 peixes (4,12 g; 6,25 cm). O período experimental foi de 28 dias. Não foram observadas diferenças significativas ao final do experimento para as médias de peso, comprimento (padrão e total), ganho de peso diário e taxa de crescimento específico. Os resultados de conversão alimentar, biomassa e ganho de biomassa foram melhores ( $P < 0,05$ ) para os peixes em BFT (1,44; 155,33 g; e 72,88 g/dia) em relação aos peixes do sistema tradicional de água clara (1,84; 128,1 g; e 45,5 g/dia). A sobrevivência e o escore corporal (grau de lesões) foram melhores ( $P < 0,05$ ) nos peixes cultivados em BFT. Conclui-se que o sistema de produção em BFT proporciona melhor desempenho produtivo e sobrevivência e, portanto, é mais indicado para produção do dourado na fase inicial comparativamente ao sistema tradicional de água clara com troca parcial.

**Palavras-chave:** agressividade em peixes; canibalismo; peixes carnívoros, peixes neotropicais; sistemas de produção aquícola.

## 1. Introdução

O canibalismo é caracterizado como uma estratégia de alimentação na qual ocorre o consumo total ou parcial de indivíduos da mesma espécie (Naumowicz et al., 2017). Este comportamento é relatado em peixes selvagens e em peixes de cultivo, principalmente em espécies predadoras, uma vez que este comportamento afeta diretamente o bem-estar (Kaleta, 2013). Na aquicultura o canibalismo pode causar prejuízos econômicos consideráveis (Kro'l e Zielin'ski 2015), podendo variar de 15% a mais de 90% de predação (Hecht e Appelbaum, 1988).

Diversas causas podem estar relacionadas ao canibalismo, tais como: (i) hábito alimentar (Esteves e Pinto Lobo, 2001); (ii) interações genótipo e ambiente, como a disparidade de tamanho e o estado nutricional (Baras e Jobling, 2002), podendo influenciar por exemplo na taxa de crescimento e tamanho dos peixes (Yang et al., 2015); (iii) dimorfismo sexual onde um dos sexos cresce muito mais do que o outro (Baras, 1999); (iv) quantidade de alimento insuficiente (Fiogbé e Kestemont, 2003); (v) turbidez da água, pois quanto maior for a visibilidade, maior será a taxa de predação (Rieger e Summerfelt, 1997); e (vi) intensidade e duração do período luminoso, pois afetam a regulação dos ritmos circadianos e, portanto, influenciando na ocorrência do canibalismo (Naumowicz et al, 2017). Neste sentido, o emprego de práticas de manejo no sentido de controlar estes fatores são fundamentais para minimizar o canibalismo de peixes com hábito alimentar carnívoro, tais como constante separação dos peixes com tamanhos distintos e a utilização de alimentos vivos como peixes forrageiros e/ou artêmia (Weingartner et al., 2003).

As práticas atuais de controle de canibalismo demandam alto custo de produção, devido a intensidade de manejo e aquisição ou produção de alimentos vivos. Neste processo, ocorre o treinamento alimentar para adaptação ao alimento inerte, o que requer um grande tempo, e que encarece ainda mais a produção. Neste sentido, é importante o desenvolvimento de pesquisas que resultem em tecnologias de produções alternativas para controlar e/ou minimizar o canibalismo, tornando mais viável a produção de espécies com acentuada ocorrência de canibalismo.

Considerando as características da tecnologia de bioflocos (BFT), é possível que este sistema de produção seja uma alternativa interessante para diminuir o canibalismo, principalmente considerando que neste há uma alta turbidez da água (Emerenciano et al., 2017), o que pode diminuir a interação entre os peixes. Além disso, no cultivo de organismos aquáticos em BFT há uma grande diversidade de microrganismos, entre eles bactérias (inclusive algumas probióticas), fungos, microalgas e zooplâncton (Avnimelech, 2012), que possuem bom valor nutricional como fonte de proteína, contribuindo para um melhor balanceamento de aminoácidos (Ogino, 1963), apresentando também como fonte de minerais e lipídios (Watanabe, 1998). Os flocos formados durante o cultivo em BFT podem ser utilizados pelos peixes como um alimento constantemente disponível, complementando a dieta dos peixes. Inclusive, há trabalhos evidenciando que é possível diminuir qualitativamente (Nhi et al., 2018) e quantitativamente a ração para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (García-Ríos et al., 2019). Neste contexto, o cultivo em BFT pode ser uma alternativa para diminuir o canibalismo.

Os peixes de espécies neotropicais ainda são muito pouco produzidos comparativamente às espécies exóticas, tilápia-do-Nilo e carpa, principalmente devido à falta de pacotes tecnológicos, sendo que atualmente o principal entrave para a produção do dourado é o controle do canibalismo, que se inicia desde os primeiros dias de vida (Della Flora et al., 2010). Para isso é necessário o desenvolvimento de pacotes tecnológicos para contornar este problema, pois é um peixe que com a atual restrição da pesca em alguns locais da América do Sul dificilmente alcançará o mercado consumidor se não for pelo aumento da produção aquícola. O modelo utilizado no presente estudo foi o dourado (*Salminus brasiliensis*), que é uma espécie piscívora Neotropical Sul-Americana muito valorizada pela pesca esportiva devido sua força e resistência; e bastante apreciado no mercado consumidor (Crescêncio, 2005). Neste contexto, o objetivo com o presente estudo foi avaliar o desempenho produtivo e a sobrevivência de alevinos de dourado (*Salminus brasiliensis*) cultivados em sistema de tecnologia de bioflocos comparativamente ao sistema tradicional de água clara com troca parcial.

## **2. Material e métodos**

### *2.1. Animais e local*

O presente estudo foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no uso de animais da UFMS (CEUA 1.083/2019). Foram adquiridos juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*), com peso médio entre 2,25 e 6,12 gramas, de uma piscicultura comercial localizada em Terenos-MS.

### *2.2. Delineamento experimental e unidades experimentais*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos: (i) sistema de produção tradicional de água clara com troca parcial de água (AC) e; (ii) sistema de produção com tecnologia de bioflocos (BFT). As unidades experimentais foram compostas de aquários de 50 litros de volume útil. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, totalizando oito unidades experimentais. Cada unidade experimental de ambos os tratamentos recebeu aeração constante (25 cm de mangueira porosa por aquário). Foram distribuídos 20 alevinos por aquário com peso médio de  $7,54 \pm 0,52$  g, comprimento padrão de  $7,69 \pm 0,15$  cm e comprimento total  $8,70 \pm 0,17$  cm.

### *2.3. Formação e manutenção das unidades experimentais*

Para o sistema tradicional de água clara, diariamente foram realizadas trocas de água equivalentes à 20% do volume útil dos aquários. A alcalinidade deste sistema foi mantida acima de  $60 \text{ mg L}^{-1}$ . No sistema de BFT, os aquários foram abastecidos com água maturada conforme adaptação da metodologia proposta por Ebeling et al. (2006), utilizando relação carbono:nitrogênio de 12:1. As unidades experimentais em BFT foram controladas quanto a algumas variáveis de qualidade de água, tais como: (i) quanto à manutenção da alcalinidade em concentração entre 100-150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Ebeling et al.,

2006); (ii) quanto ao volume de sólidos sedimentáveis, sendo realizado clarificação sempre que este excedeu de 10ml/L mediante um clarificador com airlift (Ray et al., 2010); e (iii) quanto o nitrogênio amoniacal total, com adição de melaço na proporção de 12:1 (C:N) quando a concentração foi superior a 1 mg/L (Ebeling et al., 2006).

#### *2.4. Alimentação e qualidade de água*

Os peixes foram alimentados com ração no nível de 5% da biomassa total de peixes, divididos em 11 tratos ao dia, sendo que o intervalo dos tratos foi de 1 hora, com início às 07h00 e final as 17h00. Utilizou-se ração comercial extrusada de 2,5 mm de diâmetro (42% de proteína bruta, Umidade 12%, Extrato Etéreo 8%, Matéria Fibrosa 3%, Matéria Mineral 14%, Cálcio 1.5%, Cálcio 3%, Fósforo 1%).

Durante todo o experimento, realizou-se diariamente o monitoramento da qualidade da água (no período da manhã as 08:00 e tarde as 15:00) sendo mensuradas as características de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) com oxímetro (hanna instruments® HI98193), pH (pHmetro hanna pHep HI98107), salinidade mantida em  $1 \text{ g L}^{-1}$  (Salinity tester hanna HI98319). Foram mensurados duas vezes na semana a frequência de amônia tóxica ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrito, nitrato (kit comercial) e alcalinidade seguindo a metodologia de Eaton et al. (2005).

#### *2.5. Avaliação da performance*

Foram realizadas uma biometria inicial e uma biometria final após 28 dias de experimento. Durante as biometrias os animais foram submetidos a jejum prévio de 24 horas e anestesiados com solução de eugenol (50 mg/L). Foram coletados dados de peso(g), comprimento padrão(cm) e comprimento total(cm). Além destas análises biométricas, foram determinadas as seguintes variáveis de desempenho zootécnico: ganho de peso total (g) (peso médio final–peso médio inicial); ganho de peso diário (g/dia) [(peso médio final–peso médio inicial)

/período em dias)]; conversão alimentar aparente [quantidade de ração fornecida /((biomassa final–biomassa inicial)]; biomassa final (g) [(peso médio final x nº de peixes final) /1000]; taxa de crescimento específico {[Ln (peso médio final) -Ln (peso médio inicial) /período em dias]} x 100; ganho de biomassa (g) [(peso médio inicial x 20) - (peso médio final x número de peixes final)] e sobrevivência (%) [(número final de indivíduos /número inicial de indivíduos)×100].

## 2.6. Avaliação de escore corporal para lesões

Para avaliar as possíveis lesões nos peixes foi estabelecido uma análise de escore corporal para lesões. Para essa análise considerou os seguintes escores: escore 0 (peixes não lesionados); 1 (peixe com até cinco pontos de lesões leves no corpo, sem lesões nas nadadeiras); 2 (peixes com mais de cinco pontos de lesões leves no corpo, sem lesões nas nadadeiras); 3 (peixes com mais de cinco pontos de lesões leves no corpo e lesões nas nadadeiras); 4 (quatro até cinco pontos de lesões severas no corpo e nas nadadeiras); 5 (mais de cinco pontos de lesões severas no corpo e nas nadadeiras).



**Figura 1.** Ilustração da análise do escore corporal para lesões com os respectivos valores.

## 2.7. Análise estatística

As variáveis dependentes foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade e ao teste de Levene para homogeneidade de variâncias. Em seguida foi aplicado o devido Teste t de Student. Os valores médios por aquário para a variável escore corporal para lesões foram submetidas ao teste de Mann-Whitney. Todas as análises foram feitas seguindo as recomendações de Zar (2010) e utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS, 2002). O nível de significância utilizado em todos os testes foi de 0,05.

## 3. Resultados

As variáveis de temperatura e oxigênio dissolvido não foram diferentes ( $P < 0,05$ ) nos sistemas de produção em BFT e tradicional de água clara com troca parcial (Tabela 3). Porém, o pH e as concentrações de nitrogênio amoniacal total, amônia tóxica ( $\text{NH}_3$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) foram maiores ( $P < 0,05$ ) no sistema de produção de água clara; e a concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e de alcalinidade foram maiores no sistema de produção em BFT. O volume médio dos sólidos sedimentáveis obtidos no cultivo em BFT foi de 15ml/L (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores médios para características físico-químicas da água na criação de dourado (*Salminus brasiliensis*) em sistema de bioflocos (BFT) e em sistema de água clara (AC) durante o período experimental de 28 dias.

Variáveis	BFT	AC	CV (%) <sup>(1)</sup>	Valor P <sup>(2)</sup>
Temperatura (°C)	25,82	25,81	0,52	0,9003
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	9,11	9,13	3,25	0,9453
pH	7,18	7,61	2,03	0,0072*
NAT (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>(3)</sup>	0,23	0,46	20,45	0,0038
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> ) <sup>(4)</sup>	0,0025	0,0112	28,74	0,0008
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	0,15	0,31	20,94	0,0032*
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	63,13	22,08	18,78	0,0003*
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	140,94	64,69	8,29	0,0001*
Sólidos sedimentáveis (ml L <sup>-1</sup> )	15	-	-	-

(1) - CV - Coeficiente de variação.

(2) - Valor-P do Teste t de Student, (\*) sendo significativo quando  $P < 0,05$ .

(3) - NAT – Nitrogênio amoniacal total

(4) - NH<sub>3</sub> – amônia tóxica.

Os peixes produzidos durante 28 dias em BFT apresentaram peso e comprimento padrão e total semelhante ( $P>0,05$ ) aos que foram produzidos no sistema tradicional de água clara com troca parcial. Da mesma forma, médias de ganho em peso diário e taxa de crescimento específico não diferiram entre os peixes nos dois sistemas de produção (Tabela 2).

A conversão alimentar aparente foi menor ( $P<0,05$ ) nos peixes produzidos em BFT (1,44) em relação aos peixes produzidos em sistema de água clara (1,84). A biomassa final e ganho de biomassa foram maiores ( $P<0,05$ ) em BFT (155,33 g; e 72,88 g, respectivamente) comparativamente ao sistema de água clara (128,1 g; e 45,5 g respectivamente) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios para características de desempenho zootécnico de dourado (*Salminus brasiliensis*) em sistema de bioflocos (BFT) e em sistema de água clara (AC) após 28 dias de criação.

Variáveis	BFT	AC	CV (%) <sup>(1)</sup>	Valor P <sup>(2)</sup>
Peso Final (g)	7,86	7,21	6,11	0,093
Comprimento padrão final (cm)	7,60	7,67	2,60	0,647
Comprimento total final (cm)	8,72	8,68	2,08	0,723
Ganho em peso diário (g dia <sup>-1</sup> )	0,13	0,11	13,39	0,089
TCE (%) <sup>(3)</sup>	2,29	1,98	9,95	0,083
CAA) <sup>(4)</sup>	1,44	1,84	13,41	0,041*
Biomassa Final (g)	155,33	128,1	8,30	0,017*
Ganho de Biomassa (g)	72,88	45,5	20,01	0,017*
Sobrevivência (%)	86,77	70,77	7,16	0,007*

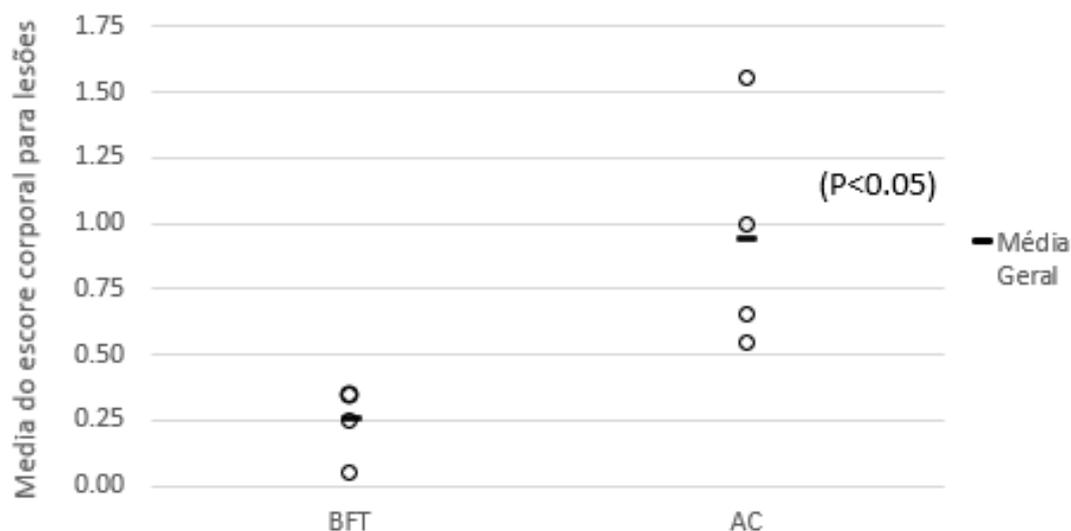
(1) - CV - Coeficiente de variação.

(2) - Valor-P do Teste t de Student, (\*) sendo significativo quando  $P<0,05$ .

(3) - TCE - Taxa de crescimento específico (%)

(4) - CAA - Conversão alimentar aparente

A sobrevivência foi maior ( $P<0,05$ ) quando os peixes foram produzidos em BFT (86,77%) do que quando foram produzidos no sistema de água clara com troca parcial (70,77%; Tabela 2). O escore corporal, obtido mediante o número de lesões e a gravidade das lesões, foi menor ( $P<0,05$ ) nos peixes produzidos em BFT (escore corporal de 0,300) comparativamente aos peixes do sistema de água clara (escore corporal de 0,825; Figura 2).



**Figura 2.** Médias para escore corporal para lesões obtidas nas diferentes unidades experimentais em sistema de bioflocos (BFT) e em sistema de água clara (AC) após 28 dias de criação.

#### 4. Discussão

A temperatura e o oxigênio dissolvido da água dos sistemas de produção em BFT e o de água clara com troca parcial ficaram dentro da faixa considerada adequada para a peixes de clima tropical (25 a 32°C; e > 5 mg L<sup>-1</sup>; Winemiller, 1990). Embora o pH tenha sido maior no sistema de água clara e a alcalinidade maior no sistema BFT, em ambos os sistemas de produção estas variáveis estavam dentro do considerado adequado para peixes de clima tropical (sistema de água clara: pH entre 6,5-9,0; alcalinidade >20,0 mg de CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>; Winemiller, 1990 e quanto em sistema de BFT: pH entre 6,8-8,0; alcalinidade >100,0 mg de CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>; Emerenciano, et al., 2017 – dados para tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*). Estes resultados indicam que estas variáveis foram adequadas nos respectivos sistemas produtivos e, portanto, não devem ter interferido nos resultados de desempenho produtivo e sobrevivência dos peixes.

As concentrações de nitrogênio amoniacal total, amônia tóxica, nitrito, nitrato e sólidos sedimentáveis obtidos no sistema de produção em BFT foram adequados ao esperado neste sistema e, embora não se tenha dados de referência para dourado, os valores observados estão dentro da faixa adequada para tilápia-do-Nilo (sólidos sedimentáveis: 5-20 mg L<sup>-1</sup>; TAN: <1 mg L<sup>-1</sup>; nitrato:

0,5 a 20 mg L<sup>-1</sup>; nitrito: <1 mg L<sup>-1</sup>; Emerenciano et al., 2017). Estas variáveis foram melhores controladas em sistema de BFT, comparativamente ao observado com o sistema de água clara, ou seja, o sistema tradicional de troca parcial de água, tendo em vista que menores concentrações de nitrogênio amoniacal total e nitrito foram observados neste sistema, indicando que houve uma rápida transformação destes até nitrato (por ação de bactérias específicas) caracterizando que o sistema produtivo em BFT estava adequado (Emerenciano et al., 2013; Becerril-Cortés et al., 2017), o que é corroborado pela alta concentração de nitrato observado em sistema de BFT. Estes resultados mostram que o sistema de produção em BFT foi mais efetivo no controle de qualidade de água comparativamente ao sistema de água clara (troca de 20% ao dia). Cabe destacar que mesmo que o sistema de BFT tenha proporcionado melhor qualidade de água para estas variáveis, os compostos tóxicos amônia (NH<sub>3</sub>) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) estavam em concentrações baixas para peixes de clima tropical (Boyd e Gross, 1998), indicando que não devem ter interferido nos resultados de desempenho produtivo e sobrevivência dos peixes.

A melhor conversão alimentar observada para os peixes cultivados em BFT pode ser devido aos bioflocos, pois estes são alimentos constantemente disponíveis aos peixes. Os flocos podem apresentar na composição uma variedade de organismos, tais como bactérias, fitoplânctons, zooplânctons, leveduras, rotíferos, ciliados, protozoários, nematoides e crustáceos (Collazos-Lasso e Arias-Castellanos, 2015, Becerril-Cortés et al., 2017). Embora os valores médios para peso, comprimento (padrão e total), ganho de peso diário e taxa de crescimento específico não tenham diferido entre ambos sistemas de produção, a maior biomassa final e ganho de biomassa em sistema de BFT evidencia que o dourado neste sistema de produção pode representar uma boa produtividade em relação ao sistema de água clara de produção. No presente trabalho a biomassa final no sistema de água clara (128,1 g/40 L; equivalente a 3,2 kg/m<sup>3</sup>) ficou dentro da faixa recomendada (3 a 5 kg/m<sup>3</sup>, de acordo com Ribeiro, 2016); e no sistema de BFT 155,33 g/40 L; equivalente a 3,9 kg/m<sup>3</sup>) ficou abaixo do recomendado (10 a 40kg/m<sup>3</sup>, de acordo com Avnimelech, 2007). Faltam trabalhos com dourado em ambos os sistemas de produção, sendo que as informações obtidas podem ser um referencial para outros trabalhos, indicando possibilidade de aumento de biomassa em BFT, principalmente considerando

que em outras espécies tem se chegado a 40 kg/m<sup>3</sup> de biomassa final neste sistema de produção (Avnimelech, 2007).

Outros autores também observaram melhora na conversão alimentar em BFT comparativamente a outros sistemas de produção, tal como Jatobá et al. (2019) para tilápia (*Oreochromis Niloticus*), onde a taxa de conversão dos animais cultivados em BFT foi de 1,0 e os animais em sistema de água clara foi de 1,39. Alguns trabalhos evidenciam o quanto que o bioflocos pode ser importante para alimentação dos peixes, tal como observado por García-Ríos et al. (2019) em tilápia-do-Nilo, em que os autores observaram o mesmo desempenho produtivo dos peixes em BFT com apenas 50% da taxa de alimentação dos peixes em sistema de água clara.

É importante evidenciar que o comportamento carnívoro do dourado pode ser um fator limitante para maiores densidades. A sobrevivência de uma espécie carnívora é uma das variáveis mais importantes em um sistema de produção. Em peixes com hábito alimentar onívoro espera-se cerca de 10% de mortalidade para peixes na fase de juvenil até adulto (Leonardo, 2015), mas para peixes carnívoros esta mortalidade é superior. Isso é corroborado pelo trabalho de Arslan et al. (2008) com o peixe carnívoro cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), em que os autores observaram valores de 61,1% de sobrevivência. Dessa forma, conseguir 16% à mais de sobrevivência em BFT como observado no presente estudo é um resultado que mostra o quanto superior foi produzir dourado em BFT, principalmente considerando que com 28 dias de cultivo o grau de lesões graves foi superior nos peixes do sistema de água clara, o que possivelmente irá acarretar em uma maior mortalidade em um período maior de avaliação.

Uma hipótese para maior sobrevivência do dourado em BFT pode ser devido a turbidez da água proporcionado pelo volume de sólidos sedimentáveis no experimento (15 ml/L), diminuindo assim o contato entre os peixes. Aride et al. (2006) encontraram resultados positivos na avaliação do desempenho e sobrevivência de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) sob diferentes fotoperíodos, onde os animais do tratamento com restrição total a luz, que simulariam as condições naturais de baixa visibilidade na água, obtiveram melhores resultados quando comparado ao tratamento que os animais foram mantidos sob iluminação contínua. Outra hipótese a ser levantada é a relação

da turbidez da água no sistema de BFT com a produção de melatonina, devido a diminuição da intensidade luminosa, afetando diretamente o sistema dopaminérgico e serotoninérgico. Esta hipótese tem sustentação, considerando que no estudo com matrinxã (*Brycon amazonicus*) realizado por Carvalho et al. (2020), os autores observaram resultados efetivos na redução do estresse social e na melhoria do estado oxidativo quando utilizam a concentração de 1 µmol/L de melatonina.

A concentração de sólidos sedimentáveis recomendado para tilápia-do-Nilo em alevinos é de 5-20 ml/L e em juvenis e adultos de 20-50 ml/L (Emerenciano et al, 2017). Para espécies Sul-Americanas poucas espécies foram definidas a concentração de sólidos sedimentáveis (não há referência para dourado), mas recomendações recentes foram estabelecidas para pacu *Piaractus mesopotamicus* (>250 mg/L de sólidos suspensos totais - SST - equivalente à >7,67 ml/L de sólidos sedimentáveis - SS; Pellegrin et al., 2022) e matrinxã *Brycon amazonicus* (entre 200 a 350 mg/L de SST - sendo que em 301,5 mg/L de SST foi equivalente à 13,2 ml/L de SS; Izel-Silva et al., 2024). Cabe destacar que este trabalho com matrinxã, que comumente apresenta alto canibalismo na fase inicial, os autores observaram que a concentração intermediária de SST (200 a 350 mg/L) diminuiu o canibalismo de forma mais expressiva em relação ao sistema de água clara com troca parcial de água (renovação de água de 100% ao dia) e em relação a concentrações menores de SST (>200 mg/L SST - sendo que em 150,3 mg/L de SST foi equivalente à 6,85 ml/L de SS).

Seguindo este raciocínio, talvez uma maior concentração de sólidos para o dourado pudesse melhorar ainda mais a sobrevivência, sendo necessário outras pesquisas para determinar a concentração de sólidos adequado para o dourado. Outro aspecto que contribui para a sobrevivência é a disponibilidade contínua de bioflocos, pois estes são ricos em microrganismos que servem de alimento para os peixes e mesmo o dourado não sendo um peixe filtrador, como a tilápia, ainda sim se beneficia com a presença dos microrganismos presentes nos flocos, principalmente nas fases iniciais de crescimento.

Quando observada as médias de escore corporal para lesões entre os dois tratamentos, o valor é bem maior no tratamento de água clara, demonstrando que os animais do tratamento de BFT estão em melhor

ambiência, diminuindo significativamente a mortalidade, enfatizando a importância da avaliação das lesões. Quando comparado a frequência de lesões, fica mais evidente a questão de interações negativas entre os animais demonstrando que as ocorrências de lesões são maiores que o dobro no tratamento água clara.

## **5. Conclusão**

A produção de dourado (*S. brasiliensis*) em tecnologia de bioflocos promoveu uma melhora no desempenho produtivo, sobrevivência e escore corporal relativo a lesões, o que evidencia uma diminuição no canibalismo e uma maior produtividade deste peixe na fase inicial neste referido sistema de produção em relação ao sistema de água clara, ou seja, ao sistema tradicional de troca parcial de água.

## **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001; pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); e pelo Projeto Pacu.

## Referencias

- Aride, P. H. R., Roubach, R., Nozawa, S. R., Val, A. L. (2006). Tambaqui growth and survival when exposed to different photoperiods. *Acta Amazonica*, 36, 381-384.
- Arslan, M., J. Rinchard, K. Dabrowski, E M. C. Portella (2008) Effects of different dietary lipid sources on the survival, growth, and fatty acid composition of south american catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubim, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society* 39 (1), 51-61
- Avnimelech, Y. (2007) Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocos technology ponds. *Aquaculture* 264, 140 –147
- Avnimelech, Y. (2012) Biofloc technology - A practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, United States
- Baras, E. (1999) Functional implications of early sexual growth dimorphism in vundu. *Journal of Fish Biology* 54, 119-124
- Baras, E., Jobling, M. (2002) Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquaculture* 33, 461–479
- Barros, I. B. A., Villacorta-Correa, M. A., Carvalho, T. B. (2019) Stocking density and water temperature as modulators of aggressiveness, survival and zootechnical performance in matrinxã larvae, *Brycon amazonicus*. *Aquaculture* 502, 378-383
- Becerril-Cortés, D., Monroy-Dosta, M. C., Coelho-Emerenciano, M. G., Castro-Mejía, G., Cienfuegos-Martínez, K., Lara-Andrade, R. (2017) Nutritional importance for aquaculture and ecological function of microorganisms that make up Biofloc: a review. *Journal. of Aquatic Science*,8(2), 69-77
- Boyd, C. E., Gross, A. (1998). Use of probiotics for improving soil and water quality in aquaculture ponds. *Advances in shrimp biotechnology*, 101
- Boyd, C E, Tucker, C S. (1992) Water quality and pond soil analyses for aquaculture. Auburn University, Opelika, USA, 183
- Carvalho, T. B., Amaral, A. P., Silva, E. C. C. (2020) Melatonin reduces aggressiveness and improves oxidative status of matrinxã (*Brycon amazonicus*) subjected to social challenge. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(3), 1019-1024
- Collazos-Lasso, L.F., Arias-Castellanos J.A., (2015) Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. *Orinoquia* 19, 77-86
- Crescencio, R. (2005) Ictiofauna brasileira e seu potencial para criação. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora UFSM. 23-36

Della Flora, M. A., Maschke, F., Ferreira, C. C., Pedron, F. A. (2010) Biology and culture of dourado fish (*Salminus brasiliensis*). Acta Vet Brasilica. 4 (1), 7-14

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E., 2005 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. American Public Health Association: Springfield

Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J. (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. Aquaculture 257, 346-358

Emerenciano, M. G. C., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A. (2017) Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. Water quality 5, 92-109

Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G. (2013) Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. Biomass now-cultivation and utilization 12, 301-328

Esteves K.E., Pinto Lobo A.V. (2001) Feeding pattern of *Salminus maxillosus* at Cachoeiras de Emas, Mogi Guaçu river (São Paulo State Southeast Brazil). Rev. Bras. Biol. 61, 267-276

Fiogbé, E. D., Kestemont, P. (2003) Optimum daily ration for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. Aquaculture 216 (1-4), 243-252

García-Ríos, L., Miranda-Baeza, A., Coelho-Emerenciano, M. G., Huerta-Rábago, J. A., Osuna-Amarillas, P. (2019) Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. Aquaculture 502, 26-31

Hecht, T., Appelbaum, S. (1988) Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. Journal of Zoology 214, 21-44

Izel-Silva, J., Dos Santos, R. B., de Medeiros, P. A., Suita, S. M., Wasielesky Jr, W., Fugimura, M. M. S., Affonso, E. G. (2024) *Brycon amazonicus* larviculture cannibalism is reduced in biofloc systems. Aquaculture, 579, 740180

Jatobá, A., Borges, Y. V., Silva, F. A. (2019) BIOFLOC: sustainable alternative for water use in fish culture. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 71, 1076-1080

Kaleta, T. (2013) Behavior of captive lower vertebrates as an indicator of animal welfare. Zycie Weter 88, 860-866

Kroń, J., Zielin'ski, E. (2015) Effects of stocking density and weaning age on cannibalism, survival and growth in European perch *Perca fluviatilis* larvae. Polish Journal of Natural Sciences 30, 403-415

Leonardo, A. F. (2015) Sobrevivência final: um fator que pode influenciar diretamente nos custos de produção de peixes no Vale do Ribeira. Pesquisa & Tecnologia 12 (2), 01-06

Naumowicz, K., Pajdak, J., Terech-Majewska, E., Szarek, J. (2017) Intracohort cannibalism and methods for its mitigation in cultured freshwater fish. Fish Biology and Fisheries 27, 193-208

Nhi, N. H. Y., Da, C. T., Lundh, T., Lan, T. T., Kiessling, A. (2018) Comparative evaluation of Brewer's yeast as a replacement for fishmeal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*), reared in clear water or biofloc environments. Aquaculture 495, 654-660

Ogino, C. (1963) Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 29 :459-462

Pellegrin, L., Nitz, L. F., Pinto, D. D. S. B., Copatti, C. E., Wasielesky, W., Garcia, L. (2022). Effects of suspended solids in the survival and haematological parameters of pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*) in a biofloc technology culture system. *Aquaculture Research*, 53(1), 276-284.

Ray, A., Venero, J., Browdy, C., Leffler, J. (2010) Simple settling chambers aid solids management in biofloc system. Global Aquaculture Advocate 28-30

Ribeiro, R.P., Vargas, L., Oliveira, C.A.L. (2016) Dez anos da tilápia GIFT no Brasil. Aquaculture Brasil 1, 22-26

Rieger, P. W., Summerfelt, R. C. (1997) The influence of turbidity on larval walleye, *Stizostedion vitreum*, behavior and development in tank culture. Aquaculture 159.1-2. 19-32

Sas – Statistical Analysis System User's guide. (2002). SAS Institute, Cary (Version 9.00)

Watanabe, T. (1998) Fish nutrition and mariculture. JICA, Tokio

Weingartner, M., Reynalte-Tataje, D. A., Zaniboni-Filho, E. (2003) Determinacion del consumo diario de larvas forrajeras de curimbatá (*Prochilodus lineatus*) por larva de dourado (*Salminus brasiliensis*) durante la fase inicial de larvicultura. VII Simpósio Colombiano de Ictiologia, 96-96

Yang, S., Yang, K., Liu, C., Jiexian, S., Zhang, F., Zhang, X., Song, Z. (2015). To what extent is cannibalism genetically controlled in fish? A case study in juvenile hybrid catfish *Silurus meridionalis*-*asotus* and the progenitors. Aquaculture 437 (2015) 208-214

Zar, J.H. (2010). Biostatistical Analysis. 5 ed. Prentice-Hall, New Jersey, 944

## **CAPÍTULO III**

### **ARTIGO II**

#### **Impacto de aditivos probióticos no desenvolvimento planctônico e na formação de sistemas de bioflocos**

*Artigo formatado de acordo com as normas do periódico Aquaculture International.*

## Resumo:

O objetivo deste estudo foi acompanhar o desenvolvimento de microrganismos na formação de bioflocos, comparando um sistema com a utilização de uma mistura probiótica (BFTp) e um sistema sem a utilização da mistura probiótica (BFT). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e quatro repetições. As unidades experimentais consistiram em tanques de 1 m<sup>3</sup>, com volume útil de 0,9 m<sup>3</sup> e aeração constante, e temperaturas médias de 28,68 °C para o BFT e 28,72 °C para o BFTp. A formação dos bioflocos foi conduzida utilizando-se melaço de cana como fonte de carbono, na proporção de 20:1 (C:N). No tratamento BFTp, foi adicionada uma mistura probiótica (*Saccharomyces cerevisiae*; 1,5×10<sup>9</sup> UFC/g) em dias alternados até a formação do sistema, totalizando um período de 24 dias de experimento. No sétimo dia, os peixes foram introduzidos nas unidades experimentais dos diferentes tratamentos, sendo que a biomassa inicial foi de 5,70 kg para BFTp e 5,68 kg para BFT. As variáveis de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e concentração de sólidos sedimentáveis não apresentaram diferenças entre os tratamentos ao longo das semanas, exceto o pH, que foi maior (P<0,05) no BFT com probiótico na segunda semana, e a concentração de sólidos sedimentáveis, que foi maior (P<0,05) no BFT sem probiótico na quarta coleta. Quanto aos compostos nitrogenados, a concentração de nitrito foi semelhante entre os tratamentos ao longo das semanas; enquanto a concentração de nitrogênio amoniacal e amônia tóxica se alteraram apenas na quarta semana, apresentando menores concentrações (P<0,05) com a adição de probiótico no BFT. Por fim, a concentração de nitrato foi maior (P<0,05) na terceira, quarta e sexta coletas quando foi utilizado probiótico, indicando melhor controle da qualidade da água. Quanto à composição de fitoplâncton e zooplâncton, observou-se a interação de alguns grupos entre as coletas, sugerindo flutuações ao longo do período experimental. Nos grupos que apresentaram diferenças entre os tratamentos, a concentração foi maior (P<0,05) no BFT com probiótico. Em conclusão, a utilização da mistura probiótica na formação do sistema BFT (tratamento BFTp) proporcionou melhora na qualidade da água, com uma formação e estabilização mais rápida dos bioflocos quando comparado ao tratamento sem probiótico (tratamento BFT), demonstrando que a utilização de probióticos pode ser uma estratégia eficaz

para acelerar o processo de formação e aumentar a eficiência do sistema de bioflocos, além de aumentar a concentração de fitoplâncton e zooplâncton.

**Palavras-chave:** aquicultura sustentável; fitoplâncton; sistemas aquícolas; zooplâncton.

## 1. Introdução

A aquicultura é responsável por 51% da produção mundial de pescados (FAO, 2024), para atender cada vez mais a demanda por peixes cultivados, é necessário adotar sistemas de produção que respeitem o meio ambiente e sejam cada vez mais sustentáveis. A tecnologia de bioflocos consiste em um sistema de produção com troca nula ou mínima de água, em que há o desenvolvimento de microrganismos benéficos para o controle de qualidade de água, e desempenho produtivo dos organismos aquáticos (Emerenciano et al., 2013).

Esse ambiente favorece o desenvolvimento de microrganismos, fitoplânctons e zooplânctons, essenciais na cadeia alimentar dos sistemas de produção. Além de influenciar a saúde e a qualidade de vida dos animais cultivados, as comunidades microbianas auxiliam na ciclagem de nutrientes e na melhoria da qualidade da água (Avnimelech, 2012). Bactérias como *Nitrossomonas* e *Nitrossococcus* oxidam a amônia, enquanto *Nitrospira* oxida o nitrito (Foesel et al., 2008).

A alta concentração de plânctons também serve de alimento para peixes, especialmente nas fases iniciais, quando as larvas ainda não assimilam bem as rações (Portella e Dabrowski, 2008; Diemer et al., 2012). Isso beneficia espécies como tambaqui (*Colossoma macropomum*), piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), pirarucu (*Arapaima gigas*) e jundiá (*Rhamdia quelen*) (Pedreira et al., 2015; Carneiro et al., 2003).

Os fitoplânctons são um grupo polifilético de microrganismos fotossintetizantes, ou seja, utilizam a energia luminosa e nutrientes inorgânicos para sintetizar lipídios, proteínas, carboidratos, dentre outros (Pereira et al., 2020). São organismos microscópicos clorofilados (algas, cianobactérias e algumas poucas bactérias) que dominam numericamente a comunidade planctônica, seja oceânica ou de água doce (Sarmiento e Gasol, 2012), flutuam livremente nos corpos d'água e são fundamentais para o ambiente aquático pois são produtores primários e base da cadeia alimentar (Alencar et al., 2020).

Fitoplânctons são considerados o principal grupo de organismos aquáticos e estima-se que sejam responsáveis por 95% da produção primária aquática e por boa quantidade da produção global de oxigênio (Fabregas e

Herrero, 1986; Sánchez et al., 2017). É estimado que existam aproximadamente quatro mil espécies marinhas de fitoplânctons, número de espécies semelhante ao encontrado em corpos de água continentais (Reynolds, 2006). Em ambos os ambientes, além de existir uma variedade enorme de espécies, ocorre uma ampla variedade de formas e tamanhos entre os organismos (Finkel et al. 2010). Em geral, a tecnologia de bioflocos apresenta grandes quantidades de fitoplâncton, pois há grande quantidade de nutrientes e ausência de troca de água.

Os zooplânctons, são seres maiores que o fitoplânctons e possuem grande importância no ambiente aquático atuando como ponte entre os fitoplânctons (produtores primários) e os níveis tróficos superiores (Bozelli & Huszar, 2003; Santana et al., 2021). Além de possuir alto valor nutritivo, como vitaminas, proteínas, carboidratos e aminoácidos, tendo um papel importante na produção de peixes, sendo utilizados como alimento vivo (Santana et al., 2021), pois várias espécies de peixes quando eclodem, em seu período larval, são consideradas altriciais, o qual as larvas possuem reserva vitelínica, apresentam sistema digestivo fechado e indiferenciado, não tendo boca e olhos funcionais (Ronnestad et al., 2013), fazendo com que não consigam aproveitar a ração inerte de maneira eficiente, no momento da abertura da boca, necessitando assim que a alimentação inicial seja a base de microrganismos até que seja possível a transição para alimento inerte (Kolkovski, 2013). Os microrganismos podem ser consumidos através de filtração por rastros branqueais dos peixes, permitindo assim a captura de partículas em suspensão, como bactérias, fitoplâncton e zooplâncton, que podem estar agregados ou não aos flocos em suspensão, ou também por apreensão oral direta dos flocos. Dessa forma, os microrganismos podem representar uma fonte de alimento constantemente disponível no ambiente aos peixes, principalmente rotíferos, cladóceros e copépodes (Radunz, 2003), podendo complementar a dieta ou até reduzir a necessidade do fornecimento de ração, principalmente em sistemas de cultivo onde ocorrem o desenvolvimento dessas comunidades microbianas, como o sistema de bioflocos.

Para aumentar a eficiência na produção desses microrganismos benéficos algumas técnicas são utilizadas, como a utilização de probióticos, que são responsáveis por melhorar a saúde dos animais, prevenir surgimento de

doenças, fortalecer o sistema imunológico (Araujo et al., 2015). Além de auxiliar na digestão e absorção de nutrientes, melhoram a qualidade da água, fornecendo um ambiente para bactérias benéficas se desenvolverem e se sobressaírem sobre as outras (Jatobá et al., 2018). Importante destacar que há trabalhos evidenciando que a utilização de probióticos na água melhoram o desempenho produtivo dos peixes em sistema de BFT, tais como em tilápia-do-nilo *Oreochromis Niloticus* (Laice et al., 2021; Asha et al., 2024), carpa comum *Cyprinus carpio* (Ajamhasani et al., 2023), tambaqui *Colossoma macropomum* (dos Santos et al., 2021), entre outros. No entanto, em geral os trabalhos não têm avaliado o efeito dos probióticos na comunidade planctônica, somente o efeito direto de melhoria no desempenho zootécnico dos peixes.

Saber qual a influência do probiótico no desenvolvimento dos microrganismos e na formação do bioflocos, analisando o desenvolvimento e dominância dos principais microrganismos presentes nos sistema, é importante quando se busca obter o máximo aproveitamento da utilização dos sistemas. Nesse contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar a qualidade de água e a composição do plâncton na formação e estabilização do sistema de bioflocos com e sem adição de uma mistura probiótica para a produção de tilápia.

## **2. Materiais e Métodos**

### *2.1. Local e animais*

O experimento foi conduzido na Aquícola Garza, localizada na cidade de Hunucma, Yucatan, México. Os peixes utilizados na pesquisa foram provenientes da mesma propriedade.

### *2.2. Delineamento experimental e unidades experimentais*

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos: (i) sistema de produção com tecnologia de bioflocos com o uso de mistura probiótica (BFTp) e; (ii) sistema de produção com tecnologia de bioflocos sem o uso de mistura probiótica (BFT). As unidades experimentais foram compostas por tanques de 1m<sup>3</sup> com (0,9m<sup>3</sup> de volume útil), sendo

utilizadas quatro repetições por tratamento, totalizando oito unidades experimentais. No tratamento BFTp foi utilizado uma mistura probiótica comercial (Blue Booster<sup>®</sup>) contendo *Saccharomyces cerevisiae* ( $1.5 \times 10^9$  UFC/g), na proporção de 1 grama/m<sup>3</sup>, diariamente conforme recomendações do fabricante. Os peixes utilizados para a formação do BFT foram da espécie tilápia-do-Nilo (*Oreochromis Niloticus*), com pesos médios iniciais para os tratamentos de 237,24 g (BFTp) e 236,65 g (BFT), comprimento padrão inicial 21,2 cm (BFTp); 21,2 cm (BFT) e comprimento total inicial 24,8 cm (BFTp) e 24,8 cm (BFT), apresentando uma biomassa inicial de 5,70 kg (BFTp) e 5,68 kg (BFT) e biomassa final de 6,87 kg (BFTp) e 5,99 kg (BFT). Foram alocados nos sistemas sete dias após o início do experimento, seguindo o protocolo da propriedade, totalizando 16 dias de cultivo e com um período experimental de 24 dias, sendo alimentados diariamente com uma ração extrusada de 32% de proteína bruta, 3% da biomassa total por dia.

### 2.3. *Formação e manutenção das unidades experimentais*

Cada unidade experimental de ambos os tratamentos recebeu a mesma condição de aeração, sendo constante (1,3 m de mangueira porosa por tanque; soprador de 1,5 cv) e foram iniciados simultaneamente. Para a formação dos sistemas de bioflocos foi adicionado uma fonte de carbono, o melão de cana, em uma relação carbono: nitrogênio de 20:1 (Avnimelech, 1999).

Com o objetivo que não houvesse nenhuma vantagem competitiva, previamente ao início do experimento, a água e as unidades experimentais foram desinfetadas com hipoclorito de sódio (2,5% de concentração) na proporção de 1:100 (hipoclorito de sódio: água). Sendo possível verificar a eficiência na primeira coleta (primeiro dia), onde nas amostras não foi encontrado nenhum tipo de microrganismo.

### 2.4. *Características da qualidade de água*

Foram realizados diariamente o monitoramento dos parâmetros físicos da água em dois diferentes períodos (as 08:00 e as 15:00) sendo mensuradas as características de temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>) com oxímetro

(YSI Pro20), pH (API® pH test kit), salinidade mantida em 1 g L<sup>-1</sup> (Salinity tester hanna HI98127). Os parâmetros químicos foram mensurados duas vezes na semana, sendo analisados nitrogênio amoniacal total (API® ammonia test), nitrito (API® nitrite test), nitrato (API® nitrate test) e alcalinidade (YSI 9500 fotômetros). Os níveis de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) foram mantidos acima de 150 mg L<sup>-1</sup>, seguindo a metodologia de Ebeling et al. (2006).

## 2.5. *Coleta e avaliação de amostras*

A cada quatro dias foram coletadas amostras, em uma quantidade de 50 mL, sendo que para a avaliação de fitoplâncton, as amostras foram preservadas em lugol 1% (Ayala-Galván et al., 2021). Para a análise de zooplâncton, as amostras foram armazenadas em formol a 4% (Sylla et al, 2024). Para a identificação dos microrganismos, as amostras foram homogeneizadas e, posteriormente, coletadas alíquotas de 1 mL (a leitura de cada amostra foi feita em triplicata) sendo analisadas utilizando a câmara de Sedgewick-Rafter em um microscópio invertido (Olympus CK40) (Ishikawa et al., 2022) em objetiva 40x. Com a finalidade de minimizar o erro, a leitura de todas as amostras foram realizadas por uma única pessoa previamente treinada (First e Drake, 2012).

## 2.6. *Caracterização de fitoplâncton e zooplâncton*

A identificação dos organismos seguiu as técnicas usuais para o grupo de organismos de interesse, sendo o fitoplâncton e zooplâncton determinados no nível de classe. Tendo como base para identificação principalmente em literaturas de autores como Bicudo & Bicudo (1970); Koste (1978); Bold (1978); Jacques e Sournia (1978); Boltovskoy (1981); Infante, (1988), foram analisadas características morfológicas como forma do corpo presença e padrão de espinhos, cílios, placas e outros detalhes da anatomia dos indivíduos. Os organismos planctônicos foram inicialmente identificados até o nível taxonômico de gênero. Contudo, com o objetivo de simplificar as análises, esses organismos foram subseqüente e sistematicamente agrupados por classe.

## 2.7. Análises estatísticas

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, e quatro repetições (tanque). A unidade experimental foi o tanque (com 3 réplicas – três lâminas, valores extremos foram descartados). Foram seis coletas (medidas repetidas no tempo, porém a primeira coleta não gerou resultados).

Os dados das características relacionadas ao fitoplâncton e ao zooplâncton foram submetidos a análise de medidas repetidas (Kaps e Lamberson, 2017), utilizando a metodologia dos modelos mistos pelo procedimento MIXED do SAS, com as seguintes causas de variação no modelo: tratamento, coleta e a interação entre estes. O erro para avaliação das subparcelas foi repetição dentro de tratamento. As análises foram executadas seguindo as orientações de Kaps e Lamberson (2017), Littell et al. (2006), Littell et al. (1998).

A seleção da melhor estrutura da matriz de covariâncias foi feita pelo estudo das várias estatísticas fornecidas pelo procedimento MIXED do SAS: -2 Res Log Likelihood (RLL), Akaike's Information Criterion (AIC) e Schwarz's Bayesian Criterion (BIC), seguindo as orientações de Littell et al. (2006). Quanto menor o valor dessas estatísticas, melhor a estrutura. Foi considerado também o resultado do Teste da Razão de Verossimilhança Restrita em relação ao modelo nulo, para testar a adequação da estrutura escolhida em relação a estrutura  $I\sigma^2$  (erros independentes). Testou também a esfericidade da matriz de covariâncias pelo Teste de Mauchly, para testar se análise considerando parcelas divididas no tempo - Usada no PROC GLM – é melhor que a especificada no PROC MIXED. Foram avaliadas quatorze estruturas. As médias de mínimos quadrados foram comparadas pelo Teste de t de Student com nível de significância de 0,05. As características de análise de água foram submetidas ao teste t de Student para amostras não emparelhadas de maneira independente em cada coleta.

### 3. Resultados

#### 3.1. Características da qualidade de água

Em todas as coletas não ocorreram diferenças entre os valores médios de temperatura e oxigênio dissolvido ( $P > 0,05$ ) (Tabela 1). A temperatura média permaneceu bastante estável ao longo das coletas, com valores médios variando de 28,60 até 29,47°C para BFT e de 28,62 até 29,35°C para BFTp. Todos os valores médios de oxigênio dissolvido ficaram acima de 5,37 mg/L. O pH apresentou diferenças significativas na primeira coleta, sendo maior no BFT com probiótico – BFTp ( $P < 0,05$ ).

A concentração de nitrito foi semelhante entre os tratamentos até a quarta coleta ( $P > 0,05$ ), mas nas duas últimas coletas os valores do tratamento BFTp foram menores ( $P < 0,05$ ). Em quatro coletas os níveis de nitrato foram maiores no tratamento BFTp ( $P < 0,05$ ). Em geral, as concentrações de nitrogênio amoniacal total e amônia tóxica foram maiores no tratamento BFT ( $P < 0,05$ ), especialmente na coleta 2 (atingiu 4,0 mg/L e 0,0170 respectivamente), e menores tratamento BFTp, apresentando valores bastante reduzidos nas duas últimas coletas. Por fim, a concentração de nitrato apresentou um maior valor no tratamento BFTp desde a coleta dois ( $P < 0,05$ ), indicando que a ciclagem de nitrogênio foi mais eficiente quando foi utilizado probiótico.

A alcalinidade foi mantida alta e semelhante entre os dois tratamentos ( $P < 0,05$ ), houve uma pequena diferença nas coletas 2 e 4. Os sólidos sedimentáveis (SedS) apresentaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos em todas as coletas, sendo que o tratamento BFT apresentou maior volume de sólidos.

**Tabela 1.** Valores médios das características físico-químicas da água durante a formação de bioflocos com a adição de probióticos (BFTp) e a formação de bioflocos sem a adição de probióticos (BFT) nas diferentes coletas.

Variáveis	Coleta 1			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	28,69	28,73	3,01	0,956
OD mg/L	6,30	6,24	1,93	0,544
pH	7,06	7,42	1,42	0,003
Nitrito mg/L	0,062	0,062	0,0	-
Nitrato mg/L	0,00	0,00	0,0	-
NAT mg/L	0,062	0,062	0,0	-
Amônia tóxica	0,0006	0,0012	25,66	0,005
Alcalinidade mg/L	310,0	310,0	0,0	-
SedS mg/L	0,00	0,00	0,0	-
Variáveis	Coleta 2			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	28,60	28,83	2,37	0,650
OD mg/L	5,90	6,06	4,59	0,441
pH	7,60	7,51	0,70	0,058
Nitrito mg/L	0,875	0,781	33,04	0,645
Nitrato mg/L	2,50	10,62	40,40	0,005
NAT mg/L	4,000	2,000	25,00	0,009
Amônia tóxica	0,1161	0,0488	30,82	0,010
Alcalinidade mg/L	307,5	300,0	1,16	0,024
SedS mg/L	0,25	1,75	21,65	<0,001
Variáveis	Coleta 3			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	28,71	28,67	2,96	0,946
OD mg/L	6,47	6,52	1,44	0,499
pH	7,30	7,29	0,54	0,733
Nitrito mg/L	0,875	0,625	34,69	0,223
Nitrato mg/L	17,50	28,75	32,73	0,080
NAT mg/L	1,188	1,000	27,60	0,414
Amônia tóxica	0,0170	0,0141	24,28	0,316
Alcalinidade mg/L	305,0	295,0	2,55	0,114
SedS mg/L	28,50	17,50	13,46	0,002
Variáveis	Coleta 4			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	29,10	29,10	2,74	1,000
OD mg/L	6,05	6,22	3,36	0,288
pH	7,30	7,30	0,47	0,921
Nitrito mg/L	0,875	0,531	40,25	0,137
Nitrato mg/L	20,00	52,50	18,68	<0,001
NAT mg/L	1,438	0,281	49,59	0,009
Amônia tóxica	0,0223	0,0043	60,63	0,020
Alcalinidade mg/L	305,0	300,0	0,95	0,050
SedS mg/L	35,00	26,00	4,54	<0,001

Variáveis	Coleta 5			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	29,05	28,62	2,98	0,505
OD mg/L	5,37	5,62	4,16	0,173
pH	7,30	7,30	0,47	0,921
Nitrito mg/L	0,75	0,25	32,28	0,005
Nitrato mg/L	28,75	62,50	15,34	<0,001
NAT mg/L	0,531	0,281	23,50	0,010
Amônia tóxica	0,0080	0,0041	29,22	0,021
Alcalinidade mg/L	305,0	296,3	2,78	0,189
SedS mg/L	41,12	26,12	4,99	<0,001

Variáveis	Coleta 6			
	BFT	BFTp	CV (%)	Valor-p
Temperatura °C	29,47	29,35	2,58	0,827
OD mg/L	5,67	5,82	5,00	0,495
pH	7,30	7,30	0,47	0,921
Nitrito mg/L	1,00	0,25	43,20	0,008
Nitrato mg/L	40,00	160,00	14,14	<0,001
NAT mg/L	0,500	0,000	50,00	0,001
Amônia tóxica	0,0078	0,0010	52,03	0,002
Alcalinidade mg/L	300,0	290,0	3,39	0,207
SedS mg/L	35,25	30,00	2,87	<0,001

(1) CV – Coeficiente de variância.

(2) Valor-P do teste t de Student's, sendo significativo quando  $P < 0.05$ .

(3) OD – Oxigênio dissolvido

(4) NAT – Nitrogênio amoniacal total.

(5) SedS – Sólidos sedimentáveis.

(6) Asterisco (\*) indica diferenças estatisticamente significativas.

### 3.2. Fitoplânctons

Não houve interação entre tratamento e coleta ( $P > 0,05$ ) nas análises de todos os grupos de fitoplânctons (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados das análises das contagens de fitoplânctons para diferentes grupos, tratamentos e causas de variação do modelo.

Grupos	Tratamentos <sup>(1)</sup>		Causa de variação <sup>(2)</sup>		
	BFT	BFTp	Tratamento	Coleta	Trat*Coleta
<i>Cyanophyceae</i>	20,31	10,57	0,0798	0,3328	0,1198
<i>Bacillariophyceae</i>	46,35	60,59	0,2321	0,5466	0,4151
<i>Chlorophyceae</i>	124,9	161,77	0,1141	0,0006*	0,8046
<i>Euglenophyceae</i>	3,25	5,48	0,0343*	0,0001*	0,7968
<i>Chrysophyceae</i>	2,04	2,13	0,3690	0,0185*	0,5156

(1) Valores médios apresentados na escala original (contagens) após a transformação inversa da transformação LN (X+1).

(2) Valor-P obtido na análise para as diferentes causas de variação. Asterisco (\*) indica resultados estatisticamente significativos ( $P < 0,05$ ).

Nos grupos das *Cyanophyceae* e das *Bacillariophyceae*, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) e também não foi observada diferença significativa entre as coletas ( $P>0,05$ ).

No grupo das *Chlorophyceae*, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). No entanto, entre as coletas, foi observada uma diferença significativa ( $P<0,05$ ), ocorrendo um valor menor na coleta 2 em relação as demais subsequentes.

No grupo das *Euglenophyceae* obteve-se diferença significativa ( $P<0,05$ ) tanto entre as coletas quanto entre os tratamentos, sendo o tratamento BFTp (5,48) superior ao BFT (3,25).

A classe *Chrysophyceae* foi a menos abundante entre todas as classes, sendo registrada apenas na coleta 2, sem ocorrência nas coletas subsequentes. Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos BFT (2,04) e BFTp (2,13). Contudo, foi observada diferença significativa entre as coletas ( $P<0,05$ ), ocorrendo um valor um pouco maior na coleta 2 (2,51) em relação as demais subsequentes (2,00).

### 3.3. Zooplânctons

Não houve interação entre tratamento e coleta ( $P>0,05$ ) nas análises de todos os grupos de zooplânctons (Tabela 4).

Em todos os grupos houve diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre as coletas. Nos grupos *Ciliophora* e *Rotifera* os valores aumentam até a coleta 4 e depois decaem nas coletas subsequentes. No grupo *Discoidea* os valores aumentam até a coleta 6.

Nos grupos *Ciliophora* e *Discoidea* ocorreram diferenças significativas ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos. No grupo *Ciliophora* o tratamento BFTp (80,04) apresentou valores maiores em relação ao tratamento BFT (37,60). No grupo *Discoidea* o tratamento BFTp (4,03) apresentou valores maiores em relação ao tratamento BFT (2,52).

No grupo *Rotifera* não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos ( $P>0,05$ ).

Tabela 4. Resultados das análises das contagens de zooplânctons para diferentes grupos, tratamentos e causas de variação do modelo.

Grupo	Tratamentos <sup>(1)</sup>		Causa de Variação <sup>(2)</sup>		
	BFT	BFTp	Tratamento	Coleta	Trat*Coleta
<i>Ciliophora</i>	37,60 <sup>b</sup>	80,04 <sup>a</sup>	0,0011*	0,0175*	0,5362
<i>Rotífera</i>	6,26 <sup>b</sup>	9,08 <sup>a</sup>	0,1597	0,0001*	0,4552
<i>Discoidea</i>	2,52 <sup>b</sup>	4,03 <sup>a</sup>	0,0055*	0,0003*	0,0700

(1) Valores médios apresentados na escala original (contagens) após a transformação inversa da transformação LN (X+1).

(2) Valor-P obtido na análise para as diferentes causas de variação. Asterisco (\*) indica resultados estatisticamente significativos (P<0,05).

#### 4. Discussão

Os valores médios de temperatura e de oxigênio dissolvido de ambos os tratamentos não apresentaram diferenças importantes ao longo do período experimental, sendo considerada ideal para o desenvolvimento de peixes neotropicais (25 a 32°C; e > 5 mg L<sup>-1</sup>; Winemiller, 1990).

O pH na coleta 1, na água inicial, foi levemente mais alto no tratamento BFTp (P<0,05), mas ficou entre valores considerado ideais em todos os casos.

Até a quarta coleta, a concentração de nitrito foi semelhante entre os tratamentos, mas o uso do probiótico (BFTp) permitiu manter esta característica com valores mais baixos, em especial nas duas últimas coletas. Os níveis de nitrato foram maiores na segunda coleta e nas três últimas com o uso do probiótico (BFTp), mostrando que este tratamento auxilia no desenvolvimento dos microrganismos que fazem a ciclagem do nitrogênio. Valores relativamente altos é esperado na formação dos bioflocos nas concentrações de nitrogênio amoniacal total e amônia tóxica, mas foram maiores no tratamento BFT sem probiótico, especialmente bem do início da formação (coleta 2). O uso do probiótico (BFTp) permitiu obter valores bastante reduzidos para nitrogênio amoniacal total e amônia tóxica nas duas últimas coletas. Do início da formação (coleta 2) até a última coleta, a concentração de nitrato, que apresenta menor risco aos peixes, apresentou valores maiores no tratamento BFTp, indicando que a ciclagem de nitrogênio foi realmente mais eficiente quando foi utilizado probiótico. O comportamento dos compostos nitrogenados, indica que o desenvolvimento dos microrganismos no BFT foi melhor quando foi adicionado probiótico, demorando menor tempo para que houvesse a estabilização do sistema (Emerenciano et al., 2017). Com a adição de probiótico no BFTp, o

ambiente para desenvolvimento de bactérias nitrificantes foi mais propício, gerando assim uma maior degradação de nitrito e, conseqüentemente, transformando o mesmo em nitrato (Uemoto et al., 2014).

A alcalinidade foi mantida alta nos dois tratamentos, mas ocorreram valores levemente maiores nas coletas 2 e 4 no tratamento sem o probiótico. A adição de probiótico com *Saccharomyces cerevisiae*, favorece o ciclo do nitrogênio, e durante a ciclagem o bicarbonato presente no sistema irá ser consumido, o que pode causar as pequenas diferenças observadas entre os tratamentos (Uemoto et al., 2014).

Os valores de sólidos sedimentáveis do tratamento sem probiótico (BFT) foram superiores ao tratamento com probiótico (BFTp). Os microorganismos presentes no probiótico podem ter um efeito de biorremediação (Arias-Moscoso et al. 2018) e podem direcionar e permitir um melhor desenvolvimento dos organismos presentes no bioflocos. Este efeito, embora reduza a velocidade de crescimento do bioflocos, pode ser benéfico a longo prazo, pois ajuda a manter o volume de sólidos no sistema estabilizado, sendo isto interessante, uma vez que há um limite deste volume no cultivo em sistema de bioflocos, o qual depende da espécie e da fase de cultivo.

A classe das *Cyanophyceae* é composta por bactérias fotossintéticas, conhecidas como algas azuis, ou cianobactérias, sendo uma das formas de vidas mais antigas do planeta (Schopf, 1993). Quando em quantidades controladas, muitas espécies de cianobactérias possuem heterocistos, células especializadas na fixação do nitrogênio, ajudando a aumentar a quantidade de nitrogênio disponível no ambiente (Vidal et al., 2021). Quando estão em abundância no ambiente podem produzir micotoxinas durante seu florescimento, conhecido como blooms, afetando a qualidade da água e podendo levar a morte massiva de organismos como peixes (Maeda et al., 2021). Em sistemas de produção de organismos aquáticos, segundo o CONAMA, o limite para manter um ambiente seguro é de menos de 100.000 células por mililitro (cel/ml) (BRASIL, 2005), quantidade bem superior ao encontrado em todas as etapas do experimento, sendo que nas amostras do tratamento BFT a quantidade média encontrada foi de 20,31 indivíduos e no tratamento BFTp a quantidade média foi de 10,57 indivíduos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos nesta característica, porém era esperado uma quantidade menor de indivíduos deste

grupo no tratamento BFTp, em função adição de probiótico, o qual deve favorecer os organismos benéficos e diminuir o sucesso de proliferação das cianobactérias.

É esperado que a classe *Bacillariophyceae* seja mais abundante nas amostras de água, pois os organismos desta classe, como as diatomáceas, são responsáveis por grande parte da produção primária nos ecossistemas aquáticos, ou seja, são a base da cadeia alimentar, gerando assim condições para outras formas de vidas proliferarem, como zooplânctons e pequenos invertebrados (Bere, 2014). O tratamento BFTp (60,49) não proporcionou um melhor ambiente para o desenvolvimento do grupo *Bacillariophyceae* quando comparado ao tratamento BFT (43,35), demonstrando que o probiótico não contribuiu significativamente para um maior desenvolvimento de organismos deste grupo.

Assim como a *Bacillariophyceae*, a classe *Chlorophyceae* também é bastante abundante e responsável por grande parte da produção primária, sendo importante como base da cadeia alimentar. Sua proliferação é rápida, permitindo assim um rápido crescimento no ambiente. Foi possível neste estudo observar este crescimento ao longo das coletas, mas o uso do probiótico não provocou diferenças entre os tratamentos de maneira significativa. Mesmo com a adição de probióticos no tratamento BFTp, ambos os sistemas foram favoráveis ao desenvolvimento de organismos do grupo *Chlorophyceae*, dado ao fato de que o sistema de bioflocos possui uma abundância de matéria inorgânica, como compostos de nitrogênio e fósforo, o que irá contribuir para um meio ideal para o desenvolvimento destes microrganismos (Abakari et al., 2018).

A classe *Euglenophyceae* é composta por microalgas flageladas, pigmentadas ou incolores e unicelulares (Alves-da-silva et al., 2016). Estando os indivíduos deste grupo distribuídos em todo o globo terrestre, principalmente em ecossistemas aquáticos continentais, sendo considerados indicadores de qualidade de água, pois o seu desenvolvimento se dá em ambientes com excesso de nutrientes (Alves-da-silva et al., 2014). É esperado que apareçam em sistemas de produção de peixes devido ao excesso de matéria orgânica e, conseqüentemente, disponibilidade de nutrientes que pode ocorrer principalmente em sistemas de tecnologia de bioflocos, onde ocorre propositalmente a abundância de nutrientes. Porém, em condições normais, sem

adição de probiótico, esse surgimento é mais lento sendo que no BFT só foram identificados a partir da coleta cinco, ou seja, 17 dias depois do início das coletas, enquanto no BFTp, foi notório o desenvolvimento mais rápido, na segunda coleta com 5 dias foi possível observar os indivíduos desta classe nas amostras. Quando comparado o desenvolvimento entre as coletas, é possível observar que o BFTp (5,48) apresentou diferenças significativas em relação ao BFT (3,25), promovendo um maior desenvolvimento deste grupo.

A classe *Chrysophyceae*, também conhecidas como algas douradas, podem ser unicelulares, coloniais ou, em casos raros, filamentosas, se desenvolvem principalmente em ambientes com temperaturas mais amenas, de águas estagnadas ou com baixa turbulência (Kornprobst et al., 2014), o que pode ser uma justificativa para que tenha ocorrido baixa incidência de indivíduos em ambos tratamentos, sendo que no BFT a ocorrência média foi de 2,04 e no BFTp de 2,13. Era esperado uma baixa ocorrência de indivíduos do grupo *Chrysophyceae*, pois no sistema de bioflocos há uma aeração constante, que faz com que a água fique sempre em movimentação, garantindo uma ótima oxigenação, evitando que haja sedimentação no fundo do tanque e para que não ocorra zonas anóxicas e proliferação de microrganismos indesejáveis no sistema (Emerenciano et al., 2017). A temperatura também não contribuiu no desenvolvimento dos indivíduos deste grupo, cujo o ideal é entre 10 °C a 20 °C (Kornprobst et al., 2014), e no sistema a média de temperatura foi de quase 30°C.

Os Ciliophora são pequenos indivíduos (0,05mm-0,5mm) que tem como características cílios que são utilizados para locomoção, são os principais predadores de bactérias e fitoplânctons, por serem pequenos são os primeiros zooplânctons a se estabelecerem no ambiente (Li et al., 2021). Neste estudo o tratamento BFTp (80,04) apresentou valor médio superior ao BFT (37,60). O uso do probiótico do tratamento BFTp, deve oferecer melhores condições para o desenvolvimento desses zooplanctons, pois deve garantir abundância de alimentos resultante de um maior desenvolvimento de fitoplânctons.

Por serem indivíduos maiores, os rotíferos sempre surgem quando o sistema já está estabilizado com fitoplânctons e zooplânctons menores, que servirão de alimento para esses indivíduos (Choi et al. 2023), sendo uma justificativa para que a incidência destes microrganismos seja relativamente menor quando comparado aos ciliados. Neste estudo que avaliou somente os

primeiros dias de formação do BFT, o número médio de indivíduos deste grupo no tratamento BFT (6,29) foi baixo e não diferiu do tratamento BFTp (9,08), uma vez que o seu maior desenvolvimento se dá tardiamente.

Os indivíduos do grupo *Discoidea* foram o de menor ocorrência, mas o uso do probiótico (BFTp) permitiu um maior desenvolvimento destes.

## **Conclusão**

A adição da mistura probiótica na formação dos bioflocos demonstrou benefícios importantes, acelerando o desenvolvimento microbiano e promovendo uma melhor estabilização das características químicas da água. O uso do probiótico acelerou a formação e a estabilização do ambiente. Logo, o uso da mistura probiótica é uma estratégia promissora para otimizar a eficiência do sistema BFT, uma vez que contribui para o aumento da concentração de fitoplâncton e zooplâncton.

## **Agradecimentos**

Este estudo foi financiado em parte pela Agência Brasileira de Apoio e Avaliação da Educação Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS); Acuícola Garza e Universidad Autónoma de México (UNAM).

## Referências

- Abakari, G., Cobbina, S. J., Yeleliere, E. (2018) Microbial quality of ready-to-eat vegetable salads vended in the central business district of Tamale, Ghana. *International Journal of Food Contamination*, 5(1), 1–9.
- Ajamhasani, E., Akrami, R., Najdegerami, E. H., Chitsaz, H., Shamloofar, M. (2023) Different carbon sources and probiotics in biofloc based common carp (*Cyprinus carpio*) culture: Effects on water quality, growth performance, fish welfare and liver histopathology. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(6), 1546–1562.
- Alencar, S. A., Rodrigues, J. L. G., Vieira, R. de S., Oliveira, E. C. C., Silva, M. A. P., Lacerda, S. R. (2020) Microalgas plânctônicas (clorofíceas) como bioindicadoras da qualidade da água em reservatório do semiárido cearense. *Cadernos de Cultura e Ciência*, 18, 41–51.
- Alves-da-Silva, S. M., Escobar, K. C., Juliano, V. B. (2016). Novos registros de *Trachelomonas* Ehr. emend. Defl.(Euglenophyceae) para o Estado do Rio Grande do Sul e Brasil. *Hoehnea*, 43(1), 1-10.
- April, M.; Jones, L.; Smith, K.; Brown, D. (2021) Pufa from microalgae: Challenges, factors affecting high production, and future perspectives. *Algal Research*, v. 58, p. 102–110.
- Araújo, C., Muñoz-Atienza, E., Nahuelquín, Y., Poeta, P., Igrejas, G., Hernández, P. E., Herranz, C., Cintas, L. M. (2015) Inhibition of fish pathogens by the microbiota from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and rearing environment. *Anaerobe*, 32, 7–14.
- Araújo, C., Muñoz-Atienza, E., Ramírez, M., Poeta, P., Igrejas, G., Hernández, P. E., Cintas, L. M. (2015) Safety assessment, genetic relatedness and bacteriocin activity of potential probiotic *Lactococcus lactis* strains from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and rearing environment. *European Food Research and Technology*, 241, 647–662.
- Arias-Moscoso, J. L., Espinoza-Barrón, L. G., Miranda-Baeza, A., Rivas-Vega, M. E., Nieves-Soto, M. (2018). Effect of commercial probiotics addition in a biofloc shrimp farm during the nursery phase in zero water exchange. *Aquaculture Reports*, 11, 47-52.
- Asha, A. A., Haque, M. M., Hossain, M. K., Hasan, M. M., Bashar, A., Hasan, M. Z., Shohan, M. H., Farin, N. N., Schneider, P., Bablee, A. L. (2024) Effects of commercial probiotics on the growth performance, intestinal microbiota and intestinal histomorphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in biofloc technology (BFT). *Biology*, 13(5), 299.

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

Avnimelech, Y. (2012) Biofloc technology - A Practical Guide Book. (2ed.) The World Aquaculture Society, Baton Rouge, United States.

Ayala-Galván, K., Gutiérrez-Salcedo, J. M., Montoya-Cadavid, E. (2022) Phytoplankton from the oceanic province of the Colombian Caribbean Sea: Ten years of history. *Biota Colombiana*, 23(1), e903.

Bere, T. (2014) Ecological preferences of benthic diatoms in a tropical river system in São Carlos-SP, Brazil. *Tropical Ecology*, 55, 47–61.

Bicudo, C. E. M., Bicudo, R. M. T. (1970) *Algas de águas continentais brasileiras — Chave ilustrada para identificação de gêneros*. São Paulo, Ed. USP.

Bicudo, C. E. M., Bicudo, R. M. T. (1970) *Algas de águas continentais brasileiras — Chave ilustrada para identificação de gêneros*. São Paulo: Ed. USP.

Bold, H. C., Wynne, M. J. (1978) *Introduction to algae — Structure and reproduction* (2 ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Boltovskoy, D. (1981) *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajos con el zooplancton marino*. Mar del Plata: INIDEP.

Boyd, C. E., Tucker, C. S. (1992) *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn, Auburn University.

Bozelli, r. L.; huszar, v. L. M. (2003) Fitoplâncton em reservatórios: características, uso e controle. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Águas urbanas: gestão e planejamento*. Porto Alegre, Editora UFRGS. 123–145

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2005) *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Carneiro, P. C. F., Mikos, J. D., Schorer, M., Oliveira Filho, P. R. C., Bendhak, F. (2003). Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of jundiá larva *Rhamdia quelen*. *Scientia Agrícola*, 60, 615–619.

Cavalcanti, E. A. H., Larrazábal, M. E. L. (2004) Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(3), 467–475.

Cheng, H., Lu, Z., Deng, Y. (2022) Removal of nitrogen and phosphorus in biofloc technology (BFT) systems: Key factors and regulation strategies. *Aquacultural Engineering*, 96, 102220.

Choi, y. H.; lee, j. S.; kim, h. J.; Park, S. J. (2023) Smart microalgae farming with Internet-of-Things for sustainable aquaculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 105–112.

Chumpitaz, L. P. (2017) *Efecto de la relación C/N sobre el desarrollo del biofloc y parámetros zootécnicos en cultivo de tilapia nilótica (Oreochromis niloticus) en sistema BFT*. Lima, Peru, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Conroy, J. D., Saxton, M. A. (2009) Algal ecology of cyanobacteria in freshwater reservoirs: Environmental drivers, biological interactions, and management. *Lake and Reservoir Management*, 25(3), 179–191.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. (2007) Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1–4), 1–14.

De Schryver, P., Vadstein, O. (2014) Ecological theory as a foundation to control pathogenic invasion in aquaculture. *ISME Journal*, 8(12), 2360–2368.

Ebeling, J. M., Timmons, M. B., Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1–4), 346–358.

Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O., Wasielesky, W. (2011) Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Aquaculture International*, 19(6), 1123–1134.

Emerenciano, M., Gaxiola, G., Cuzon, G. (2013) Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass Now - Cultivation and Utilization*, 12, 301–328.

Emerenciano, M., Carneiro, P., Lapa, M., Lapa, K., Delaide, B., Goddek, S. (2017). Mineralização de sólidos. *Aquac Bras*, 21-26.

Fabregas, J., Herrero, C. (1986) Marine microalgae as a potential source of minerals in fish diets. *Aquaculture*, 51(3-4), 237-243.

Finkel, Z. V.; Irwin, A. J.; Schofield, O.; Falkowski, P. G. (2010) Phytoplankton in a changing world: Cell size and elemental stoichiometry. *Journal of Plankton Research*, 32 (1) 119–137.

Foesel, B. U.; Gloeckner, F. O.; Schleifer, K. H.; Troussellier, M.; Dore, J.; Ravel, J.; Felske, A. (2008) *Nitrospira*-like bacteria are dominant in a nitrifying biofilm community. *Environmental Microbiology*, 10 (5) 1629–1637.

FAO -FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2022) The state of world fisheries and aquaculture: Towards blue transformation. Rome, FAO.

Gál, D., Pekár, F., Urban, P., Szabó, P. (2003) Experiments on the nutrient removal and retention of a pond recirculation system. *Hydrobiologia*, 506(1–3), 767–772.

Gonçalves, E. B., Rosa, G. M., Avila, M. P. (2017) The role of periphyton in biofloc technology systems. *Aquaculture Reports*, 5, 42–45.

Green, B. W. (2015) Organic matter and microbial dynamics in biofloc technology. *Aquaculture*, 448, 27–35.

Gupta, A., Tewari, A., Tiwari, B. (2018) Biofloc technology in aquaculture: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(3), 141–146.

Hargreaves, J. A. (2006) Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 344–363.

Hargreaves, J. A. (2013) Biofloc production systems for aquaculture. *Southern Regional Aquaculture Center Publication*, 4503, 1–11.

Hari, B., Kurup, B. M., Varghese, J. T., Schrama, J. W., Verdegem, M. C. J. (2004) Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 241(1–4), 179–194.

Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Sharma, K., Khanal, S. K. (2013) Nitrogen transformations in intensive aquaculture systems and implications for waste management. *Aquacultural Engineering*, 53, 1–11.

Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H., Tacon, A. G. J. (2001) Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197(1–4), 25–42.

Jatobá, A., Borges, Y. V., Silva, F. A. (2019) Biofloc: Sustainable alternative for water use in fish culture. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71, 1076–1080.

Jatobá, A., do Nascimento Vieira, F., Buglione Neto, C. C., Silva, B. C., Mourino, J. L. P., Seiffert, W. Q., Martins, M. L. (2011) Lactic acid bacteria isolated from fish and the environment: Antagonism against fish pathogenic bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(1), 1097–1105.

Jatobá, A., Moraes, K. N., Rodrigues, E. F., Vieira, L. M., Pereira, M. O. (2018) Frequency in the supply of *Lactobacillus influence* its probiotic effect for yellow tail lambari. *Ciência Rural*, 48, 00–42.

Jin, Y., Liu, Z., Wu, B. (2017) The role of biofloc technology in water quality improvement and nutrient recycling in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 9(2), 1–15.

Kornprobst, J. M. (2014). Cultivable Marine Organisms as a Source of New Products. *Industrial Scale Suspension Culture of Living Cells*, 555-592.

Kolkovski, S. (2011) Microdiets as alternative to live feeds for fish larvae in aquaculture: improving the performance. In: HOLT, G. J. (Ed.). *Larval fish nutrition*. Oxford, Wiley-Blackwell. 235–264.

Koste, W. (1978) Rotatoria. die rädertiere mitteleuropas. Berlin, Gerbrüder Borntraeger, 234.

Laice, L. M., Corrêa Filho, R. A. C., Ventura, A. S., Farias, K. N. N., do Nascimento Silva, A. L., Fernandes, C. E., Povh, J. A. (2021). Use of symbiotics in biofloc (BFT)-based Nile tilapia culture: Production performance, intestinal morphometry and hematological parameters. *Aquaculture*, 530, 735715.

Lee, S. H., Ahn, D. H., Jung, S. W. (2015). Effects of different nitrogen sources on water quality and biofloc formation in shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture. *Aquaculture*, 446, 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.026>

Li, M., Li, Z., Xu, X. (2017) Biofloc technology in intensive aquaculture: A review. *Journal of Ocean University of China*, 16(4), 743–749.

Li, H., Chen, S., Liao, K., Lu, Q., Zhou, W. (2021). Microalgae biotechnology as a promising pathway to ecofriendly aquaculture: a state-of-the-art review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 96(4), 837-852.

Liu, Z., Lu, Y. (2015) The effects of biofloc technology on the water quality and growth performance of fish. *Aquaculture International*, 23(4), 1043–1056.

Maeda, H.; Yamada, K.; Tanaka, Y.; Matsumoto, M.; Matsunaga, T. (2021) Enhancing production of fucoxanthin by the optimization of culture conditions in marine microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Aquaculture*, v. 534, p. 736–745.

Moriarty, D. J. W. (2004) Microbial biofilms in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 232(1–4), 5–27.

Oliveira, R. R., Robalo, J. I., Pereira, J. A. (2022) Optimization of biofloc technology in aquaculture systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(15), 22349–22362.

Ordóñez, G. R., Watanabe, W. M., Costa, A. D. S. (2019) Effects of biofloc systems on water quality and growth performance of *Penaeus vannamei* shrimp. *Aquaculture Research*, 50(4), 1121–1133.

Paolucci, R. M., Oliveira, J. F. (2021) Biofloc technology for integrated aquaculture systems: Environmental benefits and challenges. *Aquaculture Environmental Interactions*, 13(2), 103–116.

Pereira, E. R. D. L., Calixto, C. D., Medeiros, M. B. D., Araújo, V. B. D. S., Morais, V. M. M., Sassi, C. F. D. C., Athayde-Filho, P. F. (2020) Compostos bioativos e produção de biodiesel via saponificação direta da microalga *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson, 1835 (Chlorophyta: Scenedesmaceae). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(16), 971–994.

Piedrahita, R. H. (2003) Reducing the environmental impact of shrimp and fish farming through the use of sustainable technologies: Biofloc systems. *Aquaculture*, 226(1–4), 35–43.

Portella, M. C.; Dabrowski, K. (2008) Early weaning of fish larvae: using microdiets to improve growth and survival. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1–3), 52–62.

Radunz, W. (2003) Alimentação de larvas e alevinos de peixes com organismos vivos. *Boletim Técnico do CEPTA*, 16, 47–56.

Rodner, S., Wessels, J., Tiedemann, F. (2017) Use of biofloc systems to improve sustainability in aquaculture: A review. *Aquaculture Research*, 48(7), 2922–2937.

Rønnestad, I.; Yúfereva, I. N.; Murashita, K.; Rydevik, M.; Kjorsvik, E. (2013) Energy metabolism and digestion in fish larvae. *Reviews in Aquaculture*, 5, (suppl. 1), S18–S45

Sampaio, L. A. S., Fernandes, J. B. K., Gomes, F. F. (2017) The influence of different microbial inocula on biofloc formation and its effect on the growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 473, 303–312.

Sánchez, O. J.; Olaya, J. E.; Peña, D. A. (2017) Microalgae for sustainable biofuel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 701–719.

Santana, M., Aquino-Pereira, S. L., Abrantes, N., Cavalcante, R. (2021) Composição da comunidade planctônica na fase de recria de *Colossoma macropomum* em viveiros escavados. *Revista Eletrônica Casa de Makunaima*, 3(2), 41–55.

Schopf, J. W. (1993) Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New Evidence of the Antiquity of Life. *Science*, 260 (5108), 640–646.

Tacon, A. G. J., Metian, M. (2008) Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquaculture feeds: Trends and future prospects. *Aquatic Living Resources*, 21(2), 161–174.

Timmons, M. B., Ebeling, J. M. (2007) *Recirculating aquaculture*. 3ed. New York, EUA, Cayuga Aqua Ventures.

Uemoto, H., Shoji, T., Uchida, S. (2014). Biological filter capable of simultaneous nitrification and denitrification for Aquatic Habitat in International Space Station. *LIFE Sciences in Space research*, 1, 89-95.

Vidal, M. E.; González, R. A.; Pérez, J. M.; López, F. J. (2021) Microalgae as a potential raw material for plant-based seafood alternatives: A review. *Food Science & Nutrition*, 9 (12), 6789–6802.

Wang, Y., Li, M. (2015) Use of biofloc technology in aquaculture. *Aquaculture Research*, 46(1), 42–52.

Winemiller, K. O. (1990). Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. *Ecological monographs*, 60(3), 331-367.

Yoo, S. K., Kim, C. H. (2016) Application of biofloc technology in aquaculture systems: A review. *Journal of Applied Aquaculture*, 28(4), 171–181.

Zhu, Y., Chen, H. (2016) Recent advances in biofloc technology in aquaculture. *Aquaculture Reports*, 3, 45–58.