

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal

Adriana de Fátima Rocha

**ADAPTABILIDADE DOS JUVENIS DE TILÁPIA NOS
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

Diamantina-MG

2022

Adriana de Fátima Rocha

**ADAPTABILIDADE DOS JUVENIS DE TILÁPIA NOS
DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Área: Sistemática e Ecologia

Orientador: Prof^o Dr. Marcelo Mattos Pedreira

Diamantina-MG

2022

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

R672a Rocha, Adriana de Fátima
2022 Adaptabilidade de juvenis de tilapia nos diferentes
sistemas de cultivo [manuscrito] / Adriana de Fátima Rocha. --
Diamantina, 2022.
96 p. : il.

Orientador: Prof. Marcelo Mattos Pedreira.

Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) -- Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-
Graduação em Biologia Animal, Diamantina, 2022.

1. Bioflocos. 2. Sustentabilidade. 3. Recirculação. 4.
Tilapia. 5. Água. I. Pedreira, Marcelo Mattos. II.
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins
Cruz/CRB6-2886

e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM


"Adaptabilidade de juvenis de tilapia nos diferentes sistemas de cultivo"

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM BIOLOGIA ANIMAL,
nível de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRA EM BIOLOGIA ANIMAL


Orientador (a): Prof. Dr. Marcelo
Mattos Pedreira

Co-orientador: Prof. Dr. Alex Sander
Dias Machado


Data da aprovação : 13/04/2022

Documento assinado digitalmente
 MARCELO MATTOS PEDREIRA
Data: 27/04/2022 21:54:42-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. MARCELO MATTOS PEDREIRA - UFVJM


Documento assinado digitalmente
 Afonso Pelli
Data: 01/05/2022 16:09:36-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. ALEX SANDER DIAS MACHADO - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 ALEX SANDER DIAS MACHADO
Data: 01/05/2022 21:27:03-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. AFONSO PELLI - UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

Prof.Dr.^a DELIANE CRISTINA COSTA - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MATO GROSSO DO SUL

Documento assinado digitalmente
 DELIANE CRISTINA COSTA
Data: 03/05/2022 16:25:25-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

—Os instintos são formas típicas de comportamento e todas as vezes que nos deparamos com formas de reação que se repetem de maneira uniforme e regular, trata-se de um instinto, quer esteja associado a um motivo consciente ou não.

- Carl Jung

Dedicatória

Àqueles que sempre estiveram verdadeiramente
ao meu lado, me apoiando.

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiríssimo lugar.

Ao professor Dr. Marcelo Mattos Pedreira, pela orientação e dedicação;

À técnica de laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática/UFVJM Talita Andrade Ferreira por toda ajuda e carinho;

À técnica de laboratório de Nutrição Animal/Departamento de Zootecnia/UFVJM Elizzandra Marta Martins Gandini.

pelo carinho, paciência e disposição a mim dedicados;

A todos os funcionários ligados ao laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática/ Departamento de Zootecnia/UFVJM;

Ao técnico de laboratório Abraão José Silva Viana da Lipemvale/UFVJM pela colaboração e disponibilidade em ajudar;

Às colegas de laboratório Imaculada M. Carvalho Ananias e Emilene Rodrigues de Souza por toda ajuda e presteza direta nos trabalhos;

À professora Nísia Villela do laboratório de Cafeicultura pelo apoio e auxílios prestados;

Ao técnico Lindomar Gomes de Sousa do laboratório de Fertilidade do Solo/Departamento de Agronomia/ UFVJM pela ajuda nos trabalhos de laboratório;

A UFVJM pela concessão da bolsa institucional de Mestrado;

Ao CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Muito obrigada.

RESUMO

A tilápia *Oreochromis niloticus* é o peixe mais cultivado no Brasil. Com a intensificação da aquicultura os sistemas de cultivo alternativos sustentáveis são essenciais no uso racional da água e vem sendo estudados. O objetivo desse trabalho foi comparar o rendimento de juvenis de tilápia submetidos a quatro diferentes sistemas de recirculação: controle, biofiltro, água verde e bioflocos, com quatro repetições cada, em um delineamento inteiramente casualizado. A qualidade da água manteve-se dentro dos níveis desejados nos diferentes sistemas utilizados. A alcalinidade foi superior, nos sistemas biofiltro ($16,214 \pm 5,869 \text{ mg L}^{-1}$) e bioflocos ($9,536 \pm 2,538 \text{ mg L}^{-1}$) quando comparadas ao controle indicando maior capacidade de tamponamento das flutuações ($P < 0,05$). A dureza ($159,367 \pm 62,692 \text{ mg L}^{-1}$) e o cálcio ($111,554 \pm 51,061 \text{ mg L}^{-1}$) foram mais altos no sistema biofiltro em relação ao controle ($P < 0,05$). A condutividade foi maior no bioflocos ($0,507 \pm 0,193 \text{ mS/cm}$), do que no controle, devido aos flocos em suspensão que servem de alimento ($P < 0,05$). Os valores de peso ($39,35 \pm 14,81 \text{ g}$; $41,22 \pm 14,14 \text{ g}$), ganho de peso ($35,41 \pm 16,07 \text{ g}$; $36,97 \pm 15,66 \text{ g}$) e taxa de crescimento específico ($4,37 \pm 0,87 \text{ g}$; $4,46 \pm 0,81 \text{ g}$), foram maiores para os juvenis sob os sistemas com biofiltro e bioflocos, respectivamente quando comparados com o controle, sendo os resultados do tratamento de água verde intermediários ($P < 0,05$). A conversão alimentar foi menor para os juvenis sob os sistemas com biofiltro ($1,3 \pm 0,1$), água verde ($1,3 \pm 0,3$) e bioflocos ($1,2 \pm 0,3$) quando comparados com o controle ($P < 0,05$). Foram realizados teste de estresse por salinidade e avaliação da cor dos juvenis de tilápia que não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Os sistemas intensivos de recirculação com biofiltro, água verde e bioflocos melhoram as condições de cultivo para juvenis de tilápia do Nilo devendo ser empregadas e aprimoradas como inovações tecnológicas amigáveis ao meio ambiente.

Palavras-chave: Água verde. Biofiltro. Bioflocos. Recirculação. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The tilapia *Oreochromis niloticus* is the most cultivated fish in Brazil. With the intensification of aquaculture, sustainable alternative farming systems are essential in the rational use of water and have been studied. The objective of this work was to compare the yield of juvenile tilapia submitted to four different recirculation systems: control, biofilter, green water and bioflocs, with four replications each, in a completely randomized design. Water quality remained within the desired levels in the different systems used. Alkalinity was higher in the biofilter ($16.214 \pm 5.869 \text{ mg L}^{-1}$) and biofloc ($9.536 \pm 2.538 \text{ mg L}^{-1}$) systems when compared to the control, indicating greater buffering capacity for fluctuations ($P < 0.05$). Hardness ($159.367 \pm 62.692 \text{ mg L}^{-1}$) and calcium ($111.554 \pm 51.061 \text{ mg L}^{-1}$) were higher in the biofilter system compared to the control ($P < 0.05$). The conductivity was higher in the bioflocs ($0.507 \pm 0.193 \text{ mS/cm}$) than in the control, due to the suspended flakes that serve as food ($P < 0.05$). The values of weight ($39.35 \pm 14.81 \text{ g}$; $41.22 \pm 14.14 \text{ g}$), weight gain ($35.41 \pm 16.07 \text{ g}$; $36.97 \pm 15.66 \text{ g}$) and specific growth rate ($4.37 \pm 0.87 \text{ g}$; $4.46 \pm 0.81 \text{ g}$), were higher for juveniles under biofilter and biofloc systems, respectively, when compared to the control, with the results of green water treatment being intermediate ($P < 0.05$). Feed conversion was lower for juveniles under the systems with biofilter (1.3 ± 0.1), green water (1.3 ± 0.3) and bioflocs (1.2 ± 0.3) when compared to the control ($P < 0.05$). The salinity stress test and color test evaluations were performed on the tilapia juveniles and did not show significant difference between treatments. Intensive recirculation systems with biofilter, green water and bioflocs improve cultivation conditions for Nile tilapia juveniles and should be employed and improved as environmentally friendly technological innovations.

Keywords: Green water. Biofilter. Bioflocos. Recirculation. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação simplificada dos principais componentes de um sistema de recirculação.....17

Figura 2 - Papel das comunidades microbianas na tecnologia de bioflocos (BFT) para melhorar a qualidade da água e a produção de peixes em aquicultura de água doce interna e externa.....24

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores médios (\pm desvio padrão) obtidos nos parâmetros de qualidade da água de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) submetidas a diferentes ambientes de criação..... | 30 |
| Tabela 2 - Valores médios (\pm desvio padrão) obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo (<i>O. niloticus</i>) submetidas a diferentes ambientes de criação..... | 31 |
| Tabela 3 - Valores médios (\pm desvio padrão) de parâmetros de cor da pele dos juvenis de tilápia do Nilo submetidas a distintos sistemas de cultivo por 60 dias..... | 32 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Uso da água na produção animal..... | 13 |
| 1.2 Teste de estresse salino | 14 |
| 1.3 Teste de cor | 14 |
| 1.4 Tilápia e ambiente de criação..... | 15 |
| 1.5 Sistema de Recirculação - (RAS)..... | 16 |
| 1.6 Água Verde | 19 |
| 1.7 Bioflocos - (BFT)..... | 21 |
| 2 OBJETIVO GERAL | 25 |
| 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 25 |
| 3 METODOLOGIA | 25 |
| 3.1 Análise estatística..... | 29 |
| 4 RESULTADOS | 29 |
| 5 DISCUSSÃO | 32 |
| 5.1 Qualidade da água | 32 |
| 5.1.1 pH..... | 32 |
| 5.1.2 Alcalinidade | 33 |
| 5.1.3 Cálcio | 34 |
| 5.1.4 Dureza | 36 |
| 5.1.5 Compostos Nitrogenados | 37 |
| 5.1.5.1 Amônia..... | 38 |

| | |
|---|----|
| 5.1.5.2 Nitrito | 39 |
| 5.1.5.3 Nitrato..... | 40 |
| 5.1.6 Fosfato | 41 |
| 5.1.7 Condutividade Elétrica | 41 |
| 5.1.8 Turbidez..... | 42 |
| 5.2 Sólidos Dissolvidos Totais (TDS)..... | 43 |
| 5.3 Temperatura..... | 43 |
| 5.4 Oxigênio Dissolvido (OD) | 44 |
| 5.5 Comparação entre Sistemas Qualidade da água..... | 45 |
| 5.6 Rendimento..... | 46 |
| 5.6.1 Desempenho e Crescimento | 46 |
| 5.6.2 Sobrevivência | 47 |
| 5.6.3 Consumo, Ganho de Biomassa e Ganho de Peso | 48 |
| 5.6.4 Composição Bromatológica | 50 |
| 5.6.5 Crescimento e Taxa de Crescimento Específico (TCE)..... | 52 |
| 5.6.6 Conversão Alimentar (CA)..... | 53 |
| 6 Teste de Estresse..... | 54 |
| 6.1 Salinidade | 54 |
| 7 Fator de Condição Fulton (K)..... | 54 |
| 8 Comparação entre Sistemas Rendimento | 55 |
| 9 Cor do Peixe | 63 |
| 10 CONCLUSÃO | 65 |

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda pública por alimentos de alta qualidade, saudáveis, saborosos e acessíveis é um fator que estimula o crescimento do setor de aquicultura (JONES *et al.* 2020), porém os sistemas de produção convencionais com alto nível de produtividade, também acabam por gerar um sobrecarga de resíduos no meio aquático, em muitas ocasiões prejudicam o meio ambiente.

A produção global de tilápia se elevou, consideravelmente, nas últimas décadas e em particular o ano de 2020 apesar de marcado pelas incertezas e desafios da pandemia, apresentou crescimento de 5,93% (Peixe BR, 2021). A produção de peixes de cultivo saltou para 802.930 t sobre 2019 (758.006 t), sendo este produto valorizado no mercado consumidor (Peixe BR, 2021).

Em sistemas convencionais a dinâmica de criação é caracterizada por produção de organismos aquáticos em que o recurso água é constantemente renovado nos tanques de terra em locais com temperaturas adequadas, para a conservação do sistema de cultivo. Efluentes como alimento não consumido, excretas e demais resíduos presentes nestes ambientes causam elevadas concentrações de fósforo (P) e nitrogênio (N), que são mobilizadas até as bacias hidrográficas por meio de lixiviação e escoamento superficial e podem até ser transportadas da água doce para os sistemas marinhos costeiros (BURFORD *et al.*, 2003).

Os impactos negativos sobre a saúde humana e ao meio ambiente devido a lançamento de efluentes em águas continentais de viveiros de camarão (diretamente nos corpos receptores) podem causar assoreamento e ameaçar os usos prioritários de abastecimento humano e dessedentação animal (DIAZ & ROSENBERG, 2008; BOUWMAN *et al.*, 2009). Além disso, a proliferação de efluentes leva a excessiva floração de algas nocivas e plantas aquáticas, muitas vezes ocasionando o déficit de oxigênio dissolvido na água resultando em hipóxia e morte de peixes, perda de habitat e biodiversidade, caracterizando a eutrofização das águas naturais pelas atividades antrópicas em diversas partes do mundo (KANAKIDOU *et al.*, 2012; SEITZINGER *et al.*, 2005, 2010; WANG *et al.*, 2016; ATWOOD *et al.*, 2003; FIGUEIREDO *et al.*, 2005; SOUSA, 2003).

No entanto, sistemas convencionais enfrentam limitações como a falta de espaço, redução da disponibilidade de água gerando maior instabilidade ecológica. Para uma maior produção de alimentos em uma mesma dimensão de área é necessária uma intensificação

sustentável, a fim de reduzir os impactos ambientais (BADIOLA *et al.*, 2012; GODFRAY *et al.*, 2010).

Os sistemas aquícolas convencionais de produção se tornarão insustentáveis em longo prazo, quer seja por problemas ambientais ou por problemas associados à biossegurança. A insistência de formas insustentáveis de cultivo de peixes pode levar a limitação dos recursos para o crescimento da indústria da aquicultura (TIMMONS & EBELING, 2010), por isso se faz necessário a implementação de novos sistemas de criação.

1.1 Uso da água na produção animal

A água é considerada um recurso natural renovável, apesar de se apresentar, nos últimos tempos, com reservas limitadas. É imprescindível à civilização humana, e a qualidade da água é importante para saúde e desempenho dos peixes, porém tem sido utilizada de forma inadequada, e sua demanda crescente pode levar, até um futuro próximo, esse recurso ao esgotamento. Dados apresentados por Telles (2002) afirmam que, cerca de 70% da água disponível é destinada ao aproveitamento agrícola. Entre as atividades agrícolas que utilizam grandes volumes de água está a aquicultura, que tem se desenvolvido intensamente nas últimas décadas, e é mais uma atividade econômica a competir com inúmeras outras pelo recurso água. O crescimento do mercado aquícola tem como consequência riscos de degradação da qualidade da água residual, podendo contribuir com o declínio dos sistemas ambiental, social e econômico.

Em relação à qualidade de água é de vital importância para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos nos viveiros de cultivos o conhecimento das características físicas e químicas da mesma, pois os peixes dependem da manutenção de uma boa qualidade de água que é essencial para garantir aos animais a realização de todas as suas funções vitais como: trocas gasosas, alimentação, reprodução, equilíbrio osmótico e excreção (LEIRA *et al.* 2017). É necessário, no entanto, certo controle da água quanto aos parâmetros de qualidade físicos que são divididos em temperatura e transparência (cor, turbidez e sólidos) e químicos (oxigênio dissolvido, pH, amônia e salinidade). Além disso, os peixes também influenciam na qualidade da água por meio de processos como eliminação de dejetos e respiração (FERREIRA *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2001).

Condições inadequadas de qualidade e quantidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, à reprodução, à saúde, à sobrevivência e à qualidade dos peixes, comprometendo

o sucesso dos sistemas de aquicultura numa produção economicamente não viável (LEIRA *et al.*, 2017). Os fatores de estresse monitorados nesse experimento foram teste de salinidade e teste de cor.

1.2 Teste de estresse salino

Peixes expostos a situações de estresse apresentam alterações nas respostas fisiológicas modificando mecanismo de homeostase (FURUYA, 2010). Um dos fatores de estresse que pode acontecer às tilápias é o excesso de salinidade. Entende-se por salinidade, a concentração total de íons ou minerais dissolvidos na água e que desempenha importante papel de grande relevância para a aquicultura, pois está relacionada aos processos de osmorregulação em organismos aquáticos (VALENTI, 1998). Além disso, a salinidade pode afetar a solubilidade do oxigênio na água e influencia na escolha de espécies para o cultivo no controle do crescimento dos peixes (RL Souza *et al.* 2019).

1.3 Teste de cor

A sobrevivência de diversas espécies em cativeiro depende das suas características biológicas e da adaptação às condições do ambiente (BARTON, 2000; PEDREIRA *et al.*, 2008b; NAVARRO & NAVARRO, 2012) como, por exemplo, luminosidade, turbidez, transparência e cor da água do tanque, que podem influenciar na cor da superfície do peixe (PEDREIRA *et al.*, 2012).

O sistema CIE desenvolvido em 1976, composto pelo espaço ($L^*a^*b^*$) e espaço $L^*C^*h^\circ$ define uma diferenciação de cores mais precisa em relação à percepção humana (ABBOTT, 1999; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013; CIE, 2017), que é um fenômeno subjetivo, sendo a sensação de cor dependente do observador (LOPES, 2009).

O sistema CIE que reconhece três tipos básicos de cores receptoras—vermelho, verde e azul sendo que todas as outras cores são combinações destas de acordo com as coordenadas: L^* (luminosidade); a^* e b^* (tonalidade) (ABNT, 2004; DOZIC *et al.*, 2003) e C^* (cromaticidade ou saturação) (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013; SHEWFELT; THAI;

DAVIS, 1988). E coordenada (h°) que é o ângulo tomado no espaço $L^*C^*h^\circ$. Para o sistema CIE existem três condições que definem a existência da cor: o objeto, o iluminante e o observador, tamanho da amostra, textura e cores no seu entorno.

1.4 Tilápia e ambiente de criação

Os aspectos do ambiente são determinantes para que indivíduos possam crescer e se reproduzir de maneira satisfatória (VARELA *et al.* 2014).

Tilápia são tolerantes ao baixo nível de oxigênio dissolvido, convivem com uma faixa bastante ampla de acidez e alcalinidade na água, crescem e até mesmo se reproduzem em águas salobras e salgadas, toleram altas concentrações de amônia tóxica comparada à maioria dos peixes cultivados e toleram uma ampla variação de temperatura da água, além de serem resistentes a altas densidades de estocagem (VERAS *et al.*, 2013). Estas características foram decisivas para que as tilápias dividissem com as carpas, o título de um dos peixes de água doce mais cultivado no mundo (Ásia, África, América do Sul e América Latina).

As buscas pelo aumento da produtividade aliado às necessidades de diminuição de impacto ambiental e econômico no consumo de água determinaram a implementação de diferentes modelos de produção que foram idealizados com a função de estabilizar a intensificação da reciclagem de nutrientes e controlar as condições de qualidade da água o que aumentam o bem-estar dos peixes (SEYBOTH *et al.*, 2013; KUBITZA, 2012; HASHIM, 2005).

As ameaças ao ecossistema aquático constituem desafios críticos que podem afetar a biossegurança entre elas o desperdício de ração em viveiros para peixes que ocasiona o excesso de nitrogênio nos efluentes da aquicultura estimulando, direta ou indiretamente, processos de eutrofização no recebimento corpo de água que pode causar efeitos prejudiciais ecológicos e toxicológicos, poluindo a água do ecossistema (BOUWMAN *et al.*, 2011, 2013; BOYD, 1979; DAUFRESNE *et al.*, 2009).

Os sistemas de Recirculação de Aquicultura (RAS), Água Verde e Tecnologia Bioflocos (BFT) (MARTINS *et al.*, 2009; SRI-UAM *et al.*, 2016) nos quais ocorre a redução dos requisitos de bens e serviços ambientais (AVNIMELECH, 1999; AZIM & LITTLE, 2008; LUO *et al.*, 2014) vem sendo utilizados com sucesso para produção de tais espécies e apresentam diversas vantagens como controle sobre a qualidade da água ao intensificar a

reciclagem de nutrientes e permitirem condições ideais de cultura para peixes onde há uma oferta da água que é reutilizada o que aumenta o bem-estar dos peixes (HEINEN *et al.*, 1996).

Na visão de Souza *et al.*, (2013), uma organização para ser sustentável deve buscar em todas as suas ações e decisões a ecoeficiência, procurando produzir mais e com melhor qualidade, gerando menos poluição e utilizando menos recursos naturais.

1.5 Sistema de Recirculação - (RAS)

Sistema de Recirculação de Aquicultura (RAS) – sigla do termo inglês “Recirculating Aquaculture Systems” – é amplamente usado como sistema viável e substituto ecológico para a aquicultura tradicional (ao ar livre) (GUTIERREZ-WING & MALONE, 2006). O sistema de recirculação de aquicultura (RAS) é baseado na alta taxa de recirculação de água (MARTINS *et al.*, 2010) que emprega os princípios de utilização e conservação eficiente da água com o objetivo de maximizar a produção do organismo alvo, minimizando a poluição e os custos da água (LEKANG, 2013).

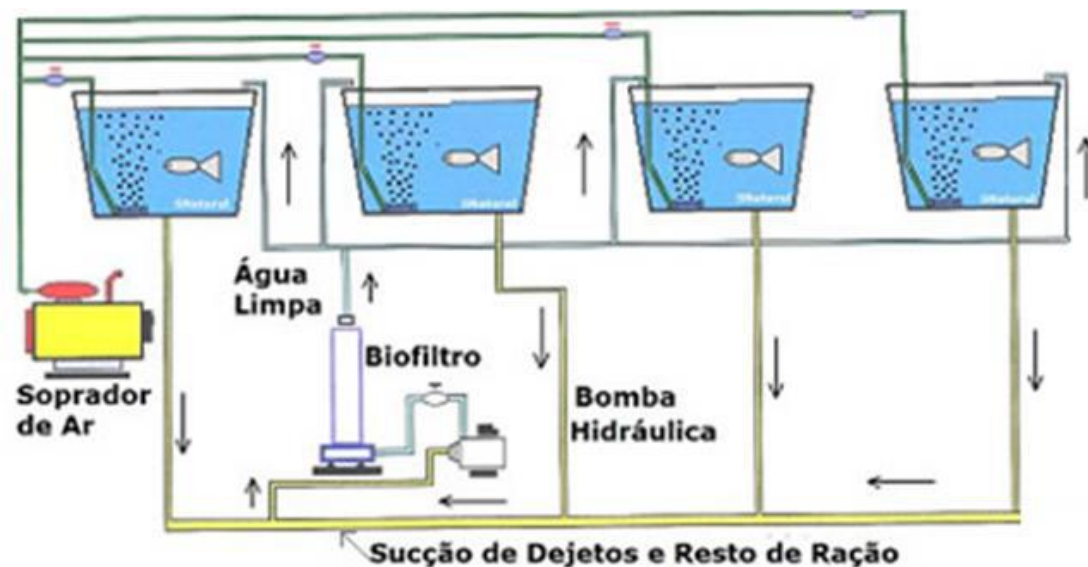
Essa tecnologia Aquicultura de Recirculação (RAS) representa uma inovação para a piscicultura de criação intensiva onde há cultivo de altas densidades em uma unidade central de produção composta por tanques fechados protegidos situados em áreas com menor espaço de terra, em um ambiente mais controlado (HELFRICH & LIBEY, 1991) proporcionando menor impacto ambiental (RAY *et al.*, 2017; VINATEA *et al.*, 2018) em que a água flui continuamente em um circuito fechado onde processos físicos, químicos e biológicos estão envolvidos na gestão níveis qualidade da água dos quais as espécies cultivadas dependem para permanecer produtivas, um aspecto vital da produção (VAN RIJN, 2013).

No tratamento de águas residuais do RAS são compostos por: tanque de produção que abriga os organismos aquáticos (peixes), componentes de filtração (filtros mecânicos e biológicos) que utilizam comunidades microbianas diversificadas (HÜPEDEN *et al.*, 2020; SCHREIER *et al.*, 2010) como bactérias nitrificadoras heterotróficas (TIMMONS & EBELING, 2007; RIJN, 2013) que degradam a matéria orgânica (80% dos sólidos residuais) e substâncias tóxicas (ROJAS-TIRADO, BOVBJERG, VADSTEIN & PEDERSEN, 2019) como amônia e nitrito da água, que são oxidados (KINYAGE, PEDERSEN & PEDERSEN, 2019) a nitrato (NO₃-N) (SHITU *et al.*, 2020, 2021) que é um composto menos prejudicial (HAGOPIAN & RILEY, 1998). O RAS contém também conexão de tubulações e suas

conexões, bombas que tem a função de transporte da água e mecanismos para oxigenação da água (LEKANG, 2013), além da instalação de uma estufa na qual é introduzido o sistema (HÜPEDEN *et al.*, 2020; SCHREIER *et al.*, 2010).

Após essas etapas de remoção dos sólidos orgânicos suspensos e dissolvidos e da nitrificação por processo microbiano, pode ser realizado o condicionamento da água, como desinfecção e oxigenação, assim como processos de remoção de dióxido de carbono (CO₂) (BOAVENTURA *et al.*, 2018; LI, DENG, *et al.*, 2020; LIU, LI *et al.*, 2019). Por fim, após o tratamento da água esta é devolvida aos tanques de peixes para reutilização como é visto na Figura 1. Sendo estes componentes o diferencial do sistema RAS em relação aos sistemas tradicionais de fluxo contínuo, que reduzem o impacto ambiental (AZIM & LITTLE, 2008; BADIOLA *et al.*, 2012).

Figura 1 - Representação simplificada dos principais componentes de um sistema de recirculação



Algumas instalações de aquicultura modernas são tipicamente equipadas com tecnologias primárias como dispositivos de remoção de sólidos com base na sedimentação de partículas (por exemplo, cones de sedimentação) e filtração (por exemplo, filtros de tambor) para remoção de contaminantes da água do efluente (TIMMONS & EBELING, 2010). E outros RAS avançados são equipados com unidades adicionais de desnitrificação (VAN RIJN, 2013; YOGEV, BARNES, GILADI, & GROSS, 2020) como biofiltros desnitrificantes para remover NO₃ -N (BADIOLA *et al.*, 2012; BADIOLA *et al.*, 2018; XIAO *et al.*, 2019; YOGEV *et al.*, 2020).

O tratamento de efluentes no RAS usando um processo de tratamento biológico e/ou mecânico da água tem sido considerado um método viável, principalmente devido à sua vantagem econômica, eficiência e técnica ecologicamente correta (LIU, LI *et al.*, 2019; RAHIMI, MODIN, & MIJAKOVIC, 2020; WAQAS *et al.*, 2020), que contribui tanto para o crescimento sustentável da indústria de aquicultura quanto da sociedade (KOLAREVIC *et al.*, 2012) ao produzir peixes com maiores taxas de rendimento e com menor vulnerabilidade a doenças (BOAVENTURA, MIRANDA-FILHO, OR'EFICE, LUZ, & LUZ, 2018; QI, ZHU, SHITU, YE E LIU, 2020).

O RAS surge da demanda por aumento do controle de danos ambientais, pela necessidade de normas rigorosas sobre o descarte de águas residuais em corpos d'água e da escassez de água na qual exige ações que explorem melhores práticas de gestão da água nas indústrias de aquicultura (DAVIDSON, GOOD, WELSH & SUMMERFELT, 2014; FAO, 2018). Visto que o acúmulo de matéria orgânica em sistemas de recirculação (RAS), é decorrente das excreções de peixes e excesso de ração (SCHUMANN & BRINKER, 2020), aí está um dos maiores desafios da indústria (MARTINS *et al.*, 2010). O estímulo a sistemas de produção que ao invés de descartar a água a obtenham renovada para retorno ao sistema (RAHMAN, VERDEGEM, & WAHAB, 2008), é urgentemente necessário para minimizar o impacto ambiental, reduzindo a entrada de água e a descarga de efluentes para garantir uma produção próxima do ideal (NG, NG, MAHMOUDI, ONG, & MOHAMMAD, 2018).

Por isso, esse cenário possibilitou que os sistemas de aquicultura de recirculação (RAS) ganhassem mais atenção global (CHEN *et al.*, 2021; NG *et al.*, 2018) devido a melhor conservação da água, que em alguns casos é possível a reciclagem de 90-99% da água para reuso em comparação com os sistemas convencionais de aquicultura, um aspecto essencial nas áreas com escassez de água e energia (GICHANA *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2016).

No entanto, apesar de RAS proporcionar muitos benefícios em relação ao reaproveitamento da água no sistema de cultivo aquático, tem várias limitações (PILLAY & KUTTY, 2005). Entre elas são inclusos os custos iniciais de instalação, os custos de operação e manutenção, salientando que o SRA possui custos mais altos devido a filtros biológicos e bombas de água (POLEO *et al.*, 2011) e com aquisição de profissionais qualificados.

Na tecnologia da recirculação (RAS) se vislumbra um grande potencial em relação a um desenvolvimento de aquicultura sustentável devido ao uso eficiente de água que é reutilizada com subsequente diminuição da troca, propiciam a melhor gestão dos resíduos, e

controle sobre as variáveis ambientais, tornando a produção intensiva de peixes compatível com a sustentabilidade ambiental (MARTINS *et al.*, 2010; HELDBO, 2015; BADIOLA, MENDIOLA & BOSTOCK, 2012).

1.6 Água Verde

O sistema Água Verde é uma técnica inovadora conhecida como “crescimento fotossintético suspenso” caracterizado pelo desenvolvimento de microalgas e algas como a *Chlorella* que crescem, abundantemente e de maneira contínua na coluna de água em ambiente marinho e dulcícola (SINGH; SINGH, 2014). Microalgas são organismos microscópicos e unicelulares, que podem formar colônias com pouca ou nenhuma diferenciação celular e participam dos processos de fotossíntese, respiração sendo responsáveis por pelo menos 60% da produção primária de oxigênio no planeta (CHISTI, 2007). Por isso, esse sistema é chamado de "sistema água verde" (SERFLING, 2000; RAKOCY *et al.*, 2004; AL-HAFEDH & ALAM, 2005) ou “crescimento fotossintético suspenso” (HARGREAVES, 2006).

A tecnologia de Água Verde contribui para remoção do acúmulo de amônia da água de cultivo sem o uso de biofiltro onde alguns nutrientes em águas residuais 'sopa nutritiva' são reciclados de volta em sistemas fechados de criação de tilápias do Nilo (DENG *et al.*, 2018; GHIMIRE *et al.*, 2017). Os meios de cultivo podem ser em lagoas com crescimento de microalgas capazes de consumir significantes quantidades de nutrientes reciclados (fezes e ração), suprimindo todas as necessidades nutritivas para síntese do material celular e a produção de metabólitos das mesmas (SINGH; SINGH, 2014; WONG *et al.*, 2017; KIM *et al.*, 2017). As aplicações da água verde na aquicultura são caracterizadas pelas trocas de água de maneira não rotineira, ou seja, a reposição ocorre quando há perda por evaporação e a remoção de partículas suspensas, conforme o necessário (ANDRADE, FILHO-COLOZZI, 2014).

Nesse sistema de cultivo se forma uma biomassa ativa de fitoplâncton, fungos, protozoários, zooplâncton e bactérias livres que se aderem à matéria orgânica (matéria fecal dos peixes e algas mortas) formando partículas suspensas (lamas ou lodo) originadas da reciclagem em águas residuais ricas em nutrientes (NEORI, 2011; AZIM & LITTLE, 2008). De acordo com Rakocy *et al* (2000) a produtividade e a qualidade de biomassa são influenciadas por compostos microbianos, CO₂, fotoperíodo, minerais, O₂, pH, radiação solar, salinidade e temperatura. Porém, algumas partículas diminutas de detritos, fezes e

plâncton podem ficar em constante circulação na água de criação dos peixes transformando-se assim em nutrição suplementar, reduzindo as taxas de conversão alimentar e de custos de alimentação dos peixes. Bactérias nitrificantes colonizam este substrato flutuante e oxidam o nitrogênio amoniacal tóxico (TAN) em nitrato relativamente inofensivo (NO_3^- -N) e em seguida as bactérias heterotróficas proliferam-se no cultivo (RAKOCY *et al.*, 2000).

Os alimentos à base de microalgas oferecem fontes promissoras e valiosas de nutrientes essenciais como carboidratos, lipídeos, proteínas e minerais e dependendo das espécies de algas e condições de crescimento, elas podem conter até 60% de proteína, 60% de carboidratos ou 70% de óleos (DRAAISMA, 2013). Microalgas constituem uma alternativa mais econômica e sustentável de aquicultura em substituição as tecnologias convencionais de tratamento de águas residuais devido a seu potencial para oxigenação gratuita das bactérias, por meio da fotossíntese, no processo de oxidação da matéria orgânica e da NH_4^+ . As microalgas fotossintéticas também consomem NH_4^+ em um processo mais rápido do que a oxidação por bactérias nitrificantes enquanto simultaneamente, os nutrientes são assimilados pela biomassa, como resultado do crescimento auto e heterotrófico combinados (SU *et al.*, 2011). Algumas microalgas também suplementam o CO_2 , que pode garantir relações C/N ideais na biomassa, reduzindo a demanda de oxigênio biológico além de manter níveis adequados de nitrogênio orgânico dissolvido (SU *et al.*, 2012, 2011).

Comparado com a aquicultura de águas claras, lagoas de água verde mostraram-se como fatores benéficos que contribuíram para o bem-estar da comunidade biológica como a alta inibição de patógenos de peixes e camarões (PALMER *et al.*, 2007). Algumas espécies de algas produzem metabólitos secundários que fornecem antioxidantes naturais, antimicrobianos, antiinflamatórios e imunostimulantes para animais aquáticos (GARCÍA-CHAVARRÍA & LARA-FLORES, 2013; MICHALAK & CHOJNACKA, 2015).

A tecnologia da aquicultura água verde foi considerada um método apropriado para atingir altos níveis de produção comercial de tilápia, utilização máxima de nutrientes e descarga mínima de água em locais que possuem restrições como menor espaço e escassez de água (COLE *et al.* 1997; RAKOCY *et al.* 2000). Uma vantagem adicional do processo recirculação de Água Verde é a eliminação da necessidade de um biofiltro, o que minimiza os custos de capital, mas também aumenta as necessidades de gerenciamento e manutenção do sistema (MARTIN, 2000). Cultivar microalgas seria, portanto, alternativa perspicaz à produção de biomassa em efluentes de aquicultura (GUMBI *et al.*, 2017; HEO *et al.*, 2017).

Sistemas de cultivo de água verde são caracterizados pela adição de algas em tanques de peixes e têm os seguintes objetivos: altos níveis de produção, máxima utilização de nutrientes e mínima descarga de água (AL-HAFEDH & ALAM, 2005). E essa mistura resultante pode melhorar a alimentação, comportamento, crescimento e sobrevivência da criação dos animais quando comparada à água limpa (CAHU *et al.*, 1998, COBCROFT *et al.*, 2012, PALMER *et al.*, 2007, PAPANDROULAKIS *et al.*, 2002, STUART & DRAWBRIDGE, 2011, VAN DER MEEREN *et al.*, 2007).

Porém, algumas desvantagens são encontradas no sistema de cultivo água verde como o próprio cultivo das algas vivas, além da possibilidade de introdução de algas mortas no sistema (HARGREAVES, 2006) que podem se decompor e promover o crescimento bacteriano e a contaminação da água (ATTRAMADAL *et al.*, 2012). Outro fator de desvantagem do sistema água verde é a dependência da faixa de temperatura ideal para o processo de biofiltração onde a cinética das reações químicas, a absorção de nutrientes pelo fitoplâncton e o crescimento microbiano requerem temperatura da água controlada. Porém, na maioria dos sistemas “crescimento suspenso fotossintético”, o controle da temperatura da água raramente é possível devido as unidades de produção serem grandes o que prejudica a determinação da quantidade de matéria orgânica residual e dos nutrientes que o sistema pode assimilar (HARGREAVES & TUCKER, 2003).

1.7 Bioflocos - (BFT)

Tecnologia de cultivo em bioflocos ou “BFT” (sigla em inglês para Biofloc Technology), foi desenvolvida na década de 70 pelo instituto francês IFREMER-COP (*French Research*) (Instituto de Exploração do Mar, Centro Oceânico do Pacífico) com diferentes espécies de camarões marinhos (EMERENCIANO *et al.*, 2013), e tem sido empregada com o intuito de aumentar a biossegurança dos cultivos de organismos aquáticos diminuindo o descarte de efluentes ricos em nutrientes nas águas e racionalizando o consumo de água (EMERENCIANO *et al.*, 2013).

A técnica de Bioflocos (BFT) foi investigada nos anos 80 e início dos anos 90, em Israel e EUA (*Waddell Mariculture Center*) onde desenvolveram-se pesquisas envolvendo sistema de cultivo de tilápias e camarão branco *Litopenaeus vannamei*, respectivamente, cujo objetivo era minimizar problemas de limitação de água, preocupações ambientais e custos de terra (SERFLING, 2006; AVNIMELECH, 2009). O sistema de bioflocos foi amplamente utilizado na carcinicultura marinha (HOPKINS *et al.*, 1995; BURFORD *et al.*, 2004;

WASIELESKY *et al.*, 2006a; SCOPEL *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2016), contudo, o uso dessa tecnologia também vem se destacando na piscicultura, principalmente em estudos com tilápia (*Oreochromis niloticus*) (AVNIMELECH, 2007; AZIM & LITTLE, 2008).

O sistema de tecnologia Bioflocos (BFT) é uma técnica baseada no crescimento da comunidade de microrganismos *in situ* predominantemente heterotróficos que compõem os flocos microbianos ou agregados (60 a 70% de matéria orgânica e 30 a 40% de matéria inorgânica) (TIMMONS; EBELING, 2010; VINATEA, 2004). Mantém a qualidade da água, tanto pela remoção dos compostos nitrogenados, como amônia, eliminada nas excretas dos organismos aquáticos quanto por reciclagem de restos de ração dos animais cultivados e de sólidos presentes na água (colóides, polímeros orgânicos, cátions, células mortas, fezes) (EMERENCIANO *et al.*, 2013). A produção de Bioflocos evita, portanto, elevadas concentrações de amônia na água, metabolito tóxico para os peixes, e contribui consequentemente para a diminuição da renovação de água (TIMMONS; EBELING, 2010; VINATEA, 2004).

Comunidades microbianas como algas, microalgas, ciliados, crustáceos, nematóides, fungos, zooplâncton, leveduras, bactérias, protozoários e rotíferos formam o bioflocos (MARTÍNEZ-PORCHAS & MIRANDA-BAEZA, 2017). O processo do metabolismo bacteriano é complexo (AZAM *et al.*, 1983; SAMOCHA *et al.*, 2007) e envolve a participação desses microrganismos no ciclo do nitrogênio onde são responsáveis pelo sequestro da amônia (EBELING, TIMMONS & BISOGNI, 2006), fonte de nitrogênio, necessária para conversão bacteriana de amônia em aminoácidos e proteínas produzindo assim alimento, além de manter qualidade da água (EMERENCIANO *et al.*, 2018). Neste sistema ocorrem interações ecológicas dinâmicas como comensalismo, competição, predação e mutualismo durante o processo de estruturação do bioflocos em que os microrganismos são usados como filtros biológicos no sistema de cultivo com o propósito da reciclagem de nutrientes que converte amônia presente no sistema em biomassa microbiana predominantemente, heterotrófica (AVNIMELECH, 1999).

A formação de biomassa microbiana (agregados) depende da energia obtida a partir da adição de fonte externa de carbono orgânico (dextrose ou açúcares, acetato, glicerol, farinha de tapioca, farelo de trigo, melaço de cana-de-açúcar, celulose, entre outros) (EBELING *et al.*, 2006; AVNIMELECH, 1999; EMERENCIANO *et al.*, 2012). Esses ingredientes funcionam como substrato nos sistemas de produção BFT, sob condições adequadas de

temperatura, relação carbono: nitrogênio, pH etc. Cabe ressaltar que as bactérias heterotróficas têm um crescimento rápido, pois induzem a assimilação do subproduto nitrogenado no bioflocos (AVNIMELECH, 2015).

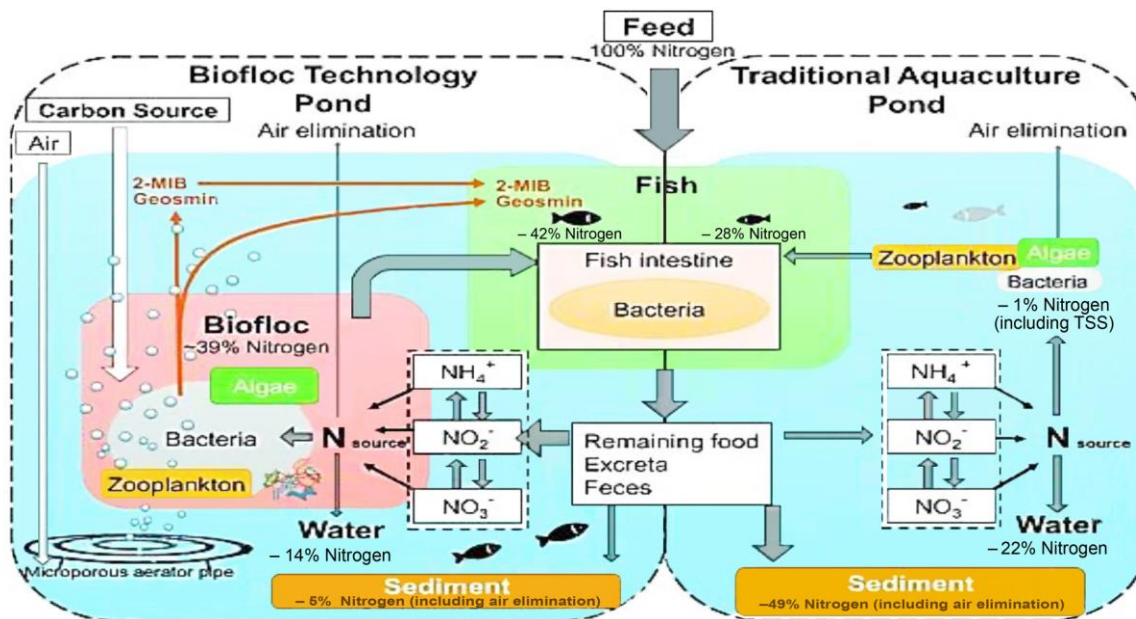
O sucesso do Bioflocos depende da espécie cultivada e da fase de desenvolvimento (BROL *et al.*, 2017; DE OLIVEIRA ALVES *et al.*, 2017; EKASARI *et al.*, 2015; GUTIÉRREZ *et al.*, 2016; SGNAULIN *et al.*, 2020), fonte externa de carbono, parâmetros de qualidade de água e componentes da comunidade. Além disso, BFT depende do gerenciamento da razão carbono/nitrogênio (C/ N) que é normalmente dividido em: (i) fase inicial e de formação, na qual utiliza uma proporção de carbono para nitrogênio de 12-20: 1, e (ii) fase de manutenção, utilizando uma proporção de carbono para nitrogênio de 6: 1, de acordo com valores de nitrogênio amoniacal total (TAN). No início do período de cultura, o alto teor da relação de carbono/nitrogênio (C / N) (12-20: 1) na água é fator chave para promover e estabilizar a comunidade heterotrófica em Bioflocos (EBELING *et al.*, 2006).

Outro fator essencial para induzir a formação e manutenção de macroagregados (bioflocos) é a movimentação e aeração contínua do bioflocos em suspensão na coluna d'água evitando que ocorra sedimentação no ambiente de cultivo e que microrganismos indesejáveis se proliferem (RAY, 2010). O sistema é considerado "Maduro" (~ 30 a 50 dias) quando sólidos suspensos (SS) atinge pelo menos 5 mL/ L (medição feita usando cones de Imhoff) (EMERENCIANO *et al.*, 2017) na água das instalações.

Esta técnica de cultivo permite diminuir o investimento (EMERENCIANO *et al.*, 2012 a; EMERENCIANO *et al.*, 2012b), aumentando a eficiência no uso e manutenção da qualidade da água (EMERENCIANO *et al.*, 2017; SUITA *et al.*, 2015), com aproveitamento dos nutrientes (EMERENCIANO *et al.*, 2017; SÁNCHEZ-ROMERO *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2014), reduzindo o desperdício de nitrogênio (BALOI *et al.*, 2013; FURTADO *et al.*, 2015; GAO *et al.*, 2012), alcançando melhores índices alimentação e crescimento dos organismos SCHVEITZER *et al.*, 2013 ; SUITA *et al.*, 2015; XU & PAN, 2012 ; XU *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2012). O BFT ganhou popularidade por oferecer uma solução prática para manter a qualidade da água e reciclar os nutrientes da ração simultaneamente (EMERENCIANO *et al.*, 2017; GREEN *et al.*, 2019).

Por esses diferentes motivos o sistema Bioflocos possui algumas vantagens quando comparado com os sistemas aquícolas convencionais sendo considerado, portanto, um sistema promissor para uma aquicultura sustentável e com sistema ecologicamente correto.

Figura 2 - Papel das comunidades microbianas na tecnologia de bioflocos (BFT) para melhorar a qualidade da água e a produção de peixes em aquicultura de água doce interna e externa (Liu et al. 2019).



Fonte: JAMAL M.T. et al., 2020.

Mas há algumas desvantagens no Sistema de Bioflocos, tais como os elevados custos operacionais devido à implementação das instalações de energia para mistura e aeração da água, que garantem o floco ativo em suspensão (AVNIMELECH, 2012; HARGREAVES, 2013), e mantem níveis de oxigênio adequados. Também há custos de contratação de profissionais técnicos que são responsáveis pelo controle de parâmetros de água (AVNIMELECH; KOCHVA; DIAB, 1994).

Embora avanços tenham sido alcançados, há questões relacionadas ao manejo da cultura da tilápia na BFT que devem ser esclarecidas como densidade de estocagem adequada, na fase de engorda, e a necessidade de troca de água para o BFT (MANDUCA, *et al.*, 2020). São pontos chave na determinação da produtividade e lucratividade das pisciculturas comerciais, pois a densidade de estocagem acima do ótimo nesse sistema pode reduzir a qualidade da água, causar baixo desempenho de crescimento e alterações fisiológicas nos peixes (ABDEL TAWWAB *et al.*, 2014; NI *et al.*, 2016; QIANG *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2018). Na prática, é essencial que exista uma sustentabilidade econômica em um sistema de produção (RAFATNEZHAD *et al.*, 2008).

Diante do exposto há o questionamento de qual desses diferentes sistemas de cultivo ambientalmente amigáveis tem melhor eficiência na sobrevivência, crescimento e bem-estar dos juvenis de tilápia. Qual seria o ambiente com maior potencial para o processo de intensificação na produção dessa espécie, isto é, condições satisfatórias e adequadas de qualidade da água levando-se em consideração, no entanto, as particularidades de cada um.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar a adaptabilidade, avaliar a dinâmica e o desenvolvimento de juvenis de tilápia criados em Sistema de Recirculação (RAS), Água Verde e Tecnologia Bioflocos (BFT).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desenvolvimento de juvenis de tilápia nos diferentes ambientes;
- Avaliar os parâmetros de qualidade de água e como eles interagem com os juvenis, nos diferentes sistemas;
- Avaliar nos diferentes sistemas de criação o comportamento dos animais em relação ao teste de estresse salino;
- Avaliar nos diferentes sistemas de criação o comportamento dos animais em relação ao teste de cor;
- Analisar em qual/quais sistemas de cultivo os animais apresentaram melhor desempenho, CA, peso, ganho de peso e TCE;

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido durante 60 dias no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática do Departamento de Zootecnia da UFVJM, Campus JK, em Diamantina/MG, (1387 m de altitude; 18° 10' S, 43° 30' W) após aprovação do projeto de pesquisa na Comissão de Ética do Uso Animal/ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (CEUA/UFVJM) registrada com o protocolo nº 001/2021.

Foram utilizados 96 juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) sendo estes distribuídos aleatoriamente em 16 aquários de 100 L, seis indivíduos por aquário, na densidade de 0,06

peixes L⁻¹. Os animais com peso médio inicial de 2,48 g e com comprimento total médio inicial de 50,2 mm passaram por período de aclimatação de sete dias antes do início do experimento. Eles foram mantidos sob aeração média constante de 0,35 L de ar min⁻¹ com a utilização de pedras porosas em cada aquário, fotoperíodo natural, com temperatura da água a 28 ± 1°C mediante a instalação de aquecedores com termostatos 150 W (Duotar), média de fluxo de água de 1,1 L min⁻¹ usando-se uma moto-bomba submersa para a função de recirculação.

Os peixes do experimento foram submetidos a quatro diferentes sistemas de criação: Controle, Recirculação com Biofiltro, Água Verde e Bioflocos com 4 repetições cada um, em um delineamento experimental inteiramente casualizado.

O sistema de criação Controle foi caracterizado por aquários com recirculação de água, porém sem a presença de Biofiltro em que a manutenção da qualidade da água dependia somente do processo de sifonamento de dejetos com reposição do volume de água retirado no processo de limpeza.

O sistema de Recirculação com Biofiltro demandou um período de preparação antes do início do experimento propriamente dito. Previamente, as mídias (substratos) conchas calcárias (diâmetro e peso médio de 1,3 cm e 5,35g), brita tipo 1 (diâmetro e peso médio de 2,1 cm e 6,52g) e cascalho (diâmetro e peso médio de 2,1 cm e 6,69g), na relação 1:1:1, foram lavados com água doce e colocados ao sol para secagem por um período de 24 h, para melhor assepsia. Os substratos foram acondicionados em saquinhos feitos com telas de malha de 0,5 mm e submersos dentro do tanque de 500 L, por 30 dias, onde se acrescentaram ração comercial. O sistema apresentava aeração média constante de 0,29 L de ar min⁻¹ para circular a água e estimular o processo de maturação e fixação das bactérias nitrificantes.

Para a formação e manutenção do sistema de Água Verde o fitoplâncton foi obtido de tanques externos, previamente adubados, de onde as concentrações de células eram mensuradas em câmara de Neubauer e realizadas diluições, se necessário, para manter a concentração média de 92,5 x10⁴ células mL⁻¹ nas unidades amostrais. As avaliações e reajustes eram realizados duas vezes por semana, antes da limpeza dos aquários.

O sistema Bioflocos, também contou com um cultivo antecipado montado em caixa d'água de 1000 L, durante 90 dias, que funcionou como uma matriz "macrocosmo", para a

maturação e estabilização. Deste macrocosmo foi obtido o inóculo na concentração próxima de 50 mg L^{-1} de sólidos totais sendo adicionado nas unidades amostrais, chamadas de “microcosmo”. Para a fase inicial de maturação o “*start*” seguiu uma relação de C/ N de 20:1 usando-se fertilizações a base de açúcar e ração comercial para estimular a conversão do nitrogênio inorgânico presente no sistema de cultivo em biomassa composta por bactérias nitrificantes (AVNIMELECH, 1999). O açúcar foi utilizado como fonte de carbono, e o teor de carbono desse composto foi considerado no cálculo da quantidade adicionada ao sistema. Quanto à fase de manutenção do sistema bioflocos foi adicionado, semanalmente 25 g açúcar em cada caixa para a correção da relação C/ N de 6:1 e acrescentado carbonato de cálcio a $0,3 \text{ g L}^{-1}$ mediante pH abaixo de 6 para manutenção da alcalinidade da água (Ebeling *et al.* 2006). O ajuste da relação C/ N teve como objetivo controlar a qualidade da água do sistema de cultivo diminuindo a concentração de amônia. Ainda como forma de atingir a concentração desejada de sólidos totais, houve a renovação semanal de aproximadamente 10% do volume total de cada caixa d’água.

As amostras de água foram coletadas, antes dos tratamentos e da limpeza por sifonamento, duas vezes por semana para análise dos níveis de NO_3 (nitrato) e NH_3 (amônia). Uma vez por semana os níveis de NO_2 (nitrito) e fosfato (PO_4) (APHA, 2016), usando espectrofotômetro (Kasvi). O pH foi avaliado pelo pHmêtro digital (mPA-210) duas vezes por semana. Níveis de alcalinidade, cálcio e dureza foram analisados uma vez por semana (quarta-feira) (APHA, 2016) fazendo uso da metodologia de titulação. Diariamente foram avaliados a temperatura da água e oxigênio dissolvido (OD) em oxímetro (YSI DO200A), sólidos suspensos totais (TDS) do bioflocos foram determinados pelos métodos padrão (APHA, 2016) de concentração média $45,7 \text{ mg L}^{-1}$. A condutividade elétrica, turbidez, salinidade foram analisadas uma vez por semana fazendo uso da sonda multiparâmetros Horiba U10® e a intensidade luminosa média de $90,097 \pm 71,513 \text{ Lux}$, com luxímetro (Lutron HQ20). A água evaporada foi substituída de volta ao sistema.

Os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada (2,5 mm) de composição: 360 g kg^{-1} de proteína bruta (máx.), 40 g kg^{-1} de extrato etéreo (mín.), 55 g kg^{-1} de fibra bruta (máx.), 120 g kg^{-1} de matéria mineral (máx.), 20 g kg^{-1} de cálcio (mín.) e 120 g kg^{-1} de umidade. Três refeições (8, 12 e 16 h) foram ofertadas aos peixes diariamente, até a saciedade aparente (*ad libitum*) sendo estas pesadas, para cálculo da conversão alimentar aparente ao final do ensaio experimental.

Ao término do experimento os animais foram anestesiados em banho de imersão contendo 1 L de água com solução de eugenol na dosagem de 5 ml de óleo de cravo para 95 ml de álcool absoluto, quando foi quantificado o número de indivíduos e feita biometria dos juvenis para obtenção dos comprimentos total (CT), padrão (CP) e a altura do corpo utilizando-se um paquímetro digital (0,01 mm), ganho da biomassa, ganho de peso $GP = (Pf - Pi)$ por uma balança de precisão (0,01 g) e consumo de ração (g). A partir desses dados foram calculados a Altura CT^{-1} (%), Altura CP^{-1} (%) a taxa de sobrevivência = $100 (Nf - Ni) Ni^{-1}$, o fator de condição de Fulton (K), que é igual ao peso x 100 x comprimento total⁻³, a taxa de crescimento específico (TCE) = $100 (\ln P_{tf} - \ln P_{ti}) \Delta t^{-1}$, ganho de biomassa (g) e a conversão alimentar (CA) que é igual a razão da quantidade de ração (g) ingerida dividida pelo ganho⁻¹ da biomassa de peixes (g) também foram calculados. Após a biometria os peixes retornaram aos seus respectivos aquários, nas mesmas condições, onde permaneceram por dois dias até o teste estresse salino.

O tamanho do bioflocos foi mensurado sob microscópio estereoscópico e sistema analisador de imagem com câmara apresentando valor médio aproximado de 0,43 cm². A composição bromatológica do bioflocos; níveis de matéria seca, proteína bruta, fibras, extrato etéreo, matéria mineral (cinzas) e umidade foi obtida de cinco amostras ao longo do período experimental (AOAC, 2016) tendo sido realizada no Laboratório de Nutrição Animal - UFVJM.

Amostras de três a quatro juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) de cada aquário foram submetidos a um teste estresse agudo por salinidade, no último dia do ensaio, sendo colocados em baldes com 2 L de água salinizada (40 g L⁻¹ de NaCl), sendo medido o intervalo tempo que cada indivíduo começava a expressar comportamento desorientado, tombamento na coluna d'água onde foi avaliado a adaptação dos animais a altas concentrações de sal. Após o teste os animais eram devolvidos a seus respectivos aquários de origem, nas mesmas condições onde permaneceram por três dias.

Em seguida foi realizada a avaliação da cor das tilápias usando-se o instrumento Colorímetro Minolta CR400. As medidas de cor eram feitas na base da nadadeira peitoral de oito exemplares de cada tratamento, e os resultados foram interpretados por meio do sistema subtrativo de cores CieLab cuja metodologia empregada é recomendada pela *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE) (1978).

No sistema Lab, o L^* representa a luminosidade da cor numa escala de 0-100 pontos de preto para branco; a^* é a posição entre vermelho (+) e verde (-) e b^* é a posição entre o amarelo (+) e azul (-), sendo a^* e b^* as coordenadas de cromaticidade. De acordo com as diretrizes do sistema Lab a intensidade da cor é expressa pelo valor de saturação da cor denominado chroma (C^*_{ab}). Portanto, uma cor é tanto mais saturada quanto menor a quantidade de branco ou preto tiver (PAVLIDIS *et al.*, 2006). Estes valores foram calculados de acordo com as fórmulas:

$$H^{\circ}_{ab} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad Chroma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$Whiteness = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

O H°_{ab} corresponde ao tom da cor, é a variação pela extremidade do círculo, seu valor é expresso em graus.

3.1 Análise estatística

Os parâmetros de qualidade da água e biométricos considerando fatores de desempenho de tilápias obtidos ao final do experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Foram aplicados os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) das variâncias, respectivamente. As variáveis analisadas que atenderam as pressuposições foram submetidas por um teste de comparação de médias de Tukey com significância de $P < 0,05$. Os valores de sobrevivência foram transformados em arco-seno, para análise estatística, porém apresentados em porcentagem. Todos os testes foram realizados no programa estatístico SigmaPlot 12. Os resultados são apresentados como média \pm desvio padrão.

4 RESULTADOS

Os parâmetros da qualidade da água apresentam-se na tabela 1. A alcalinidade, dureza, cálcio, condutividade e pH diferiram entre os sistemas. O controle apresentou níveis estatisticamente mais elevados de pH ($6,125 \pm 0,346$) em comparação aos demais tratamentos, apesar de serem muito próximos. Já a alcalinidade foi superior, nos sistemas biofiltro ($16,214 \pm 5,869 \text{ mg L}^{-1}$) e bioflocos ($9,536 \pm 2,538 \text{ mg L}^{-1}$). O sistema biofiltro, também apresentou a mais elevada dureza ($159,367 \pm 62,692 \text{ mg L}^{-1}$) e níveis de cálcio ($111,554 \pm 51,061 \text{ mg L}^{-1}$) e o bioflocos maior condutividade ($0,507 \pm 0,193 \text{ mS cm}^{-1}$). Os valores de

amônia, nitrito, nitrato, fosfato, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais em suspensão não diferiram entre si.

Tabela 1 - Valores médios (\pm desvio padrão) obtidos nos parâmetros de qualidade da água de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidas a diferentes ambientes de criação.

| Parâmetros | Controle | Biofiltro | Verde | Bioflocos |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| pH | 6,125 \pm 0,346 ^a | 5,902 \pm 0,471 ^b | 6,058 \pm 0,259 ^{ab} | 5,963 \pm 0,245 ^{ab} |
| Alcalinidade (mg L ⁻¹) | 9,064 \pm 2,953 ^b | 16,214 \pm 5,869 ^a | 8,942 \pm 2,191 ^b | 9,536 \pm 2,538 ^a |
| Cálcio (mg L ⁻¹) | 22,398 \pm 12,721 ^b | 111,554 \pm 51,061 ^a | 32,861 \pm 19,752 ^b | 51,719 \pm 29,134 ^b |
| Dureza (mg L ⁻¹) | 75,711 \pm 21,965 ^b | 159,367 \pm 62,692 ^a | 79,178 \pm 29,205 ^b | 110,478 \pm 37,202 ^b |
| Amônia (mg L ⁻¹) | 0,063 \pm 0,02 ^a | 0,046 \pm 0,008 ^a | 0,058 \pm 0,025 ^a | 0,066 \pm 0,055 ^a |
| Nitrito (mg L ⁻¹) | 0,147 \pm 0,028 ^a | 0,034 \pm 0,010 ^a | 0,092 \pm 0,26 ^a | 0,108 \pm 0,091 ^a |
| Nitrato (mg L ⁻¹) | 49,753 \pm 24,012 ^a | 36,326 \pm 16,599 ^a | 45,354 \pm 17,385 ^a | 48,740 \pm 22,547 ^a |
| Fosfato (mg L ⁻¹) | 1,218 \pm 1,323 ^a | 0,850 \pm 0,782 ^a | 1,356 \pm 0,689 ^a | 2,809 \pm 2,055 ^a |
| Condutividade (mS cm ⁻¹) | 0,099 \pm 0,073 ^b | 0,22 \pm 0,102 ^{ab} | 0,307 \pm 0,101 ^{ab} | 0,507 \pm 0,193 ^a |
| Turbidez (NTU) | 158,481 \pm 37,778 ^a | 126,037 \pm 58,665 ^a | 184,564 \pm 71,202 ^a | 210,18 \pm 48,132 ^a |
| TDS (g L ⁻¹) | 0,072 \pm 0,054 ^a | 0,134 \pm 0,067 ^a | 0,19 \pm 0,055 ^a | 0,29 \pm 0,114 ^a |
| Temperatura manhã (°C) | 23,583 \pm 1,289 ^a | 23,698 \pm 0,998 ^a | 23,602 \pm 1,014 ^a | 24,006 \pm 0,916 ^a |
| Temperatura tarde (°C) | 27,357 \pm 1,231 ^a | 26,715 \pm 1,128 ^a | 27,545 \pm 1,196 ^a | 27,608 \pm 1,302 ^a |
| OD manhã (mg L ⁻¹) | 6,865 \pm 0,715 ^a | 7,255 \pm 0,801 ^a | 7,048 \pm 0,662 ^a | 6,758 \pm 0,722 ^a |
| OD tarde (mg L ⁻¹) | 5,819 \pm 1,080 ^a | 5,979 \pm 1,115 ^a | 5,785 \pm 1,045 ^a | 5,804 \pm 1,055 ^a |

Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. Em cada uma das linhas, as médias significativamente iguais possuem as mesmas letras sobrescritas ($p > 0,05$). Legenda: pH= Ponto hidrogeniônico; TDS=Sólidos dissolvidos totais; OD= Oxigênio dissolvido.

Fonte: Próprio Autor

Os valores de peso (39,35 \pm 14,81 g; 41,22 \pm 14,14 g), ganho de peso (35,41 \pm 16,07 g; 36,97 \pm 15,66 g) e a taxa de crescimento específico (4,37 \pm 0,87%; 4,46 \pm 0,81%) dos animais submetidos ao biofiltro e ao bioflocos, respectivamente, foram maiores que os observados nos animais submetidos ao sistema controle (Tabela 2). Os valores destes mesmos parâmetros,

dos peixes submetidos ao sistema verde foram intermediários, não diferindo nem do controle, nem do biofiltro nem do bioflocos $P < 0,05$. Já a conversão alimentar do controle foi maior que a dos demais sistemas. Os demais parâmetros: sobrevivência, consumo, biomassa, ganho de biomassa, comprimento total, comprimento padrão, altura, altura/comprimento total e altura/comprimento padrão, fator de condição de Fulton e tempo de tombamento, não diferiram entre si.

Tabela 2 - Valores médios (\pm desvio padrão) obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) submetidas a diferentes ambientes de criação.

| Parâmetros | Controle | Biofiltro | Verde | Bioflocos |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Sobrevivência (%) | 91,7 \pm 9,6 ^a | 95,8 \pm 8,3 ^a | 100,0 \pm 0,0 ^a | 100,0 \pm 0,0 ^a |
| Peso (g) | 26,60 \pm 14,77 ^b | 39,35 \pm 14,81 ^a | 30,66 \pm 10,89 ^{ab} | 41,22 \pm 14,14 ^a |
| Ganho de peso (g) | 23,25 \pm 14,98 ^b | 35,41 \pm 16,07 ^a | 28,18 \pm 10,89 ^{ab} | 36,97 \pm 15,66 ^a |
| Consumo (g) | 276,7 \pm 70,7 ^a | 272,2 \pm 92,5 ^a | 242,1 \pm 84,4 ^a | 273,6 \pm 143,4 ^a |
| CA | 2,0 \pm 0,3 ^a | 1,3 \pm 0,1 ^b | 1,3 \pm 0,3 ^b | 1,2 \pm 0,3 ^b |
| Biomassa (g) | 141,5 \pm 52,9 ^a | 202,9 \pm 61,2 ^a | 184,0 \pm 43,5 ^a | 224,6 \pm 62,3 ^a |
| Ganho de biomassa (g) | 115,60 \pm 57,92 ^a | 163,97 \pm 56,48 ^a | 153,32 \pm 45,77 ^a | 183,86 \pm 67,31 ^a |
| Comprimento total (mm) | 11,07 \pm 1,90 ^a | 12,27 \pm 1,70 ^a | 11,56 \pm 1,58 ^a | 12,42 \pm 1,52 ^a |
| Comprimento padrão (mm) | 9,02 \pm 1,60 ^a | 10,04 \pm 1,25 ^a | 9,32 \pm 1,10 ^a | 10,31 \pm 1,37 ^a |
| Altura (mm) | 2,75 \pm 0,60 ^a | 3,05 \pm 0,49 ^a | 2,94 \pm 0,49 ^a | 3,28 \pm 0,45 ^a |
| Altura/CT (%) | 25,1 \pm 3,1 ^a | 25,1 \pm 2,4 ^a | 25,4 \pm 2,3 ^a | 26,3 \pm 2,1 ^a |
| Altura/CP (%) | 30,9 \pm 3,4 ^a | 30,6 \pm 2,7 ^a | 32,0 \pm 4,3 ^a | 31,6 \pm 2,5 ^a |
| TCE (% dia ⁻¹) | 3,61 \pm 1,03 ^b | 4,37 \pm 0,87 ^a | 4,09 \pm 0,61 ^{ab} | 4,46 \pm 0,81 ^a |
| Fulton (K) | 3,27 \pm 0,43 ^a | 4,18 \pm 3,29 ^a | 3,86 \pm 1,66 ^a | 3,66 \pm 0,46 ^a |
| Tempo de tombamento (mín.) | 135,8 \pm 87,1 ^a | 116,4 \pm 51,3 ^a | 96,8 \pm 42,1 ^a | 101,3 \pm 55,7 ^a |

Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. Legenda: CA= conversão alimentar; CT= Comprimento total; CP= Comprimento padrão; TCE= taxa de crescimento específico.

Fonte: Próprio Autor

A coloração dos peixes apresentou diferença entre os tratamentos detectados pelas coordenadas b* e C (Tabela 3)

Tabela 3 - Valores médios (\pm desvio padrão) de parâmetros de cor da pele dos juvenis de tilápia do Nilo submetidas a distintos sistemas de cultivo por 60 dias.

| Parâmetros | Controle | Biofiltro | Verde | Bioflocos |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| a* (cromaticidade) | 29,0 \pm 13,4 ^a | 34,8 \pm 0,9 ^a | 33,3 \pm 1,0 ^a | 30,7 \pm 1,5 ^a |
| b* (cromaticidade) | 15,2 \pm 8,0 ^{ab} | 15,9 \pm 2,0 ^a | 10,1 \pm 3,5 ^{ab} | 9,5 \pm 1,1 ^b |
| L (luminosidade) | 14,4 \pm 6,7 ^a | 13,0 \pm 0,9 ^a | 11,6 \pm 0,9 ^a | 10,1 \pm 0,7 ^a |
| C (croma) | 35,8 \pm 2,2 ^b | 38,3 \pm 1,6 ^a | 34,9 \pm 1,6 ^b | 32,1 \pm 1,5 ^c |
| H (tom) | 29,7 \pm 27,0 ^a | 24,5 \pm 2,3 ^a | 16,7 \pm 5,5 ^a | 17,2 \pm 1,8 ^a |

Médias seguidas por letras distintas, na mesma linha, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. Legenda: Sistema de análise instrumental cores CieLab, definido pelas coordenadas regulares L*, a* e b*, onde: L* mede a luminosidade e varia de 100 (cem) para superfícies perfeitamente brancas até 0 (zero) para o preto; a* mede a intensidade de vermelho (+) e verde (-); e b* mede a intensidade de amarelo (+) e azul (-); C representa a saturação e h é o ângulo de tonalidade.

Fonte: Próprio Autor

5 DISCUSSÃO

Os parâmetros da água mantiveram-se dentro do intervalo de conforto para a espécie (BOYD, 2015) e considerados adequados em diversos experimentos com juvenis de tilápia em tanques tradicionais (HU *et al.*, 2015), de recirculação (RAY *et al.*, 2017), de água verde ((DENG *et al.*, 2018) e de bioflocos (ZABLON *et al.*, 2022), indicando boas condições para o desenvolvimento dos juvenis de tilápias nos tratamentos testados.

5.1 Qualidade da água

5.1.1 pH

Os valores de pH oscilaram pouco nesse experimento, o que se mostra positivo para o cultivo da espécie, já que o estresse com comprometimento do crescimento ou bem-estar dos animais tem sido associado às variações do pH (MARTINS *et al.*, 2017) e dos demais parâmetros ambientais (MARTINS *et al.*, 2019; ZABLON *et al.*, 2022). Isso é corroborado pelos valores de sobrevivência (100%) e dos demais de crescimento do sistema biofiltro, onde

se verificou o menor pH ($5,902 \pm 0,471$), apesar dos valores estarem abaixo do recomendado, 6,8 a 8,0 (EMERENCIANO *et al.*, 2017) e verificado em diferentes sistemas com biofiltro (EKASARI & MARYAM, 2012), bioflocos (MARTINS *et al.*, 2019; ZABLON *et al.*, 2022), água verde (SUAREZ-PUERTO *et al.*, 2021), mas similar ao encontrado em um sistema controle (EKASARI & MARYAM, 2012). Indicando que os diferentes sistemas são eficazes na manutenção desses valores.

As tilápias *O. niloticus* apresentam desempenho no pH entre 7-9 a faixa ideal para sistemas BFT's, podendo oscilar ao longo do dia pelo processo de nitrificação (AVNIMELECH, 2012). Além disso, a manutenção do pH na faixa de 7 a 9 favorece o desenvolvimento de bactérias nitrificantes responsáveis pelo processo de oxidação da amônia em nitrito e nitrato proporcionando um ambiente com qualidade de água e equilíbrio na toxicidade de substâncias nocivas ao crescimento dos peixes (FURTADO *et al.*, 2013). No sistema bioflocos foi observado média pH ($5,963 \pm 0,245$), sendo que o pH geralmente diminui quando o potencial redox diminui como resultado da atividade de bactérias nitrificantes (RITVO *et al.*, 1998; ALI *et al.*, 2020).

Al-Hafedh & Alam (2005) durante experimento no sistema de água verde identificou valores médios de pH relativamente baixos entre 6,15 e 7 durante a noite quando o dióxido de carbono aumenta. Semelhantes ao valor médio pH ($6,058 \pm 0,259$) encontrado no sistema de água verde no presente estudo, em que não interferiu negativamente em processos fisiológicos dos peixes garantindo sobrevivência (100%) das tilápias nesse ambiente.

5.1.2 Alcalinidade

Os maiores valores de alcalinidade do biofiltro ($16,214 \pm 5,869$ mg L⁻¹) e bioflocos ($9,536 \pm 2,538$ mg L⁻¹), quando comparados ao controle, explicam o maior peso dos juvenis no sistema biofiltro, quando comparado com o controle, tendência também observada ao se comparar bioflocos contra controle. Apesar dos níveis médios de alcalinidade estarem abaixo dos valores preconizados para o cultivo de tilápias que é acima de 100 mg L⁻¹ de CaCO₃ (VAN WYK & SCARPA, 1999) e ao dos encontrados como adequados (61,95 e 43,09 mg CaCO₃ L⁻¹) para juvenis de tilápias em sistemas de bioflocos alojados em diferentes densidades de (20 e 40 peixes m⁻³) (MANDUCA, *et al.*, 2020). Os níveis de alcalinidade desse experimento estiveram adequados, pois as flutuações de pH foram mínimas entre os tratamentos do presente estudo. O poder tampão da alcalinidade, capacidade da água em minimizar oscilações de pH, mantendo o equilíbrio ácido-base (ARANA, 2002; VINATEA,

2004; FURTADO *et al.* 2011; FURTADO *et al.*, 2013; EMERENCIANO *et al.* 2017), também foi descrita proporcionando um sistema mais estável o que melhorou a produção de tilápia em BFT (MARTINS *et al.*, 2017).

A maior alcalinidade do sistema de biofiltro resultou também nos menores níveis de amônia e nitrito. Godoy-Olmos *et al.* (2016) também descreveram que a alcalinidade influencia a eficiência do biofiltro na recirculação. Altas concentrações de alcalinidade auxiliam bactérias heterotróficas na assimilação de nitrogênio (EMERENCIANO *et al.*, 2017) bem como favorecem bactérias quimioautotróficas no processo de nitrificação (SUMMERFELT *et al.* 2015).

O sistema Água Verde apresentou uma alcalinidade similar ao observado no tratamento controle em que uma parcela da alcalinidade neste sistema pode ser devido ao fato das algas removerem dióxido de carbono (VINATEA, 2004). Entretanto, apesar do sistema de água verde ser predominantemente autotrófico ele apresenta bactérias heterotróficas, que segundo Ebeling *et al.* (2006) diminuem a alcalinidade, sendo demandada a adição de carbonatos para manter a alcalinidade em níveis aceitáveis. Portanto, o baixo valor de alcalinidade pode ser explicado pela não adição de carbonato no sistema de água verde deste experimento.

5.1.3 Cálcio

A composição calcárea do biofiltro proporcionou uma maior concentração de cálcio no sistema biofiltro do que nos demais, contribuindo para o maior ganho de peso e TCE, quando comparado ao sistema controle.

A adição de cálcio de diversas fontes (calcáreo agrícola- CaCO_3 , NaHCO_3 , Ca(OH)_2) na água vem sendo usada e recomendada para correção de alcalinidade e pH no cultivo de tilápia do Nilo (MARTINS *et al.*, 2017, OPIYO *et al.*, 2019 e WACHIRA *et al.*, 2021), e tem resultado em maior crescimento, sobrevivência e lucratividade, como se verifica em sistemas de bioflocos (MARTINS *et al.*, 2017). A adição de cálcio (CaO - óxido de cálcio) também tem sido descrito por reduzir a toxicidade, aumentando a sobrevivência de tilápias do Nilo submetidas ao aporte de vinhaça na água ao diminuir a proliferação de microrganismos esgotando o oxigênio dissolvido na água (CORREIA *et al.*, 2017).

A ação do cálcio no peixe pode ser de forma indireta, agindo sobre a qualidade da água, que irá influenciar o peixe ou pode ser direta, via alimentação ou pela absorção desse elemento na água.

No peixe o cálcio atua na contração muscular, coagulação sanguínea, transmissão de impulsos nervosos por meio da produção de acetilcolina, na integridade da membrana, na divisão celular, manutenção do equilíbrio ácido-base e na ativação enzimática dos peixes (PATERSON, 1978; FRACALOSSO & CYRINO, 2013). Além de participar dos diversos processos fisiológicos dos peixes, o cálcio está diretamente envolvido no desenvolvimento e manutenção do sistema esquelético, sendo encontrado em maior teor nos ossos e escamas (FLIK *et al.*, 1986).

Larvas de tilápia *Oreochromis mossambicus* são capazes de modular seu mecanismo de captação de cálcio para manter o conteúdo de cálcio corporal normal e o crescimento em ambientes com diferentes níveis de cálcio (HWANG *et al.*, 1996). Entretanto, os níveis necessários de cálcio dependem da espécie como verificado em espécies do Rio Negro, Amazonas – Brasil sob baixos níveis pH, como piranha preta *Serrasalmus rhombeus*, piranha branca *Serrasalmus cf. Holandi*, aracu, *Leporinus fasciatus*. Para estas espécies o aumento de cálcio na água não proporcionou efeito nas taxas de perda de Na^+ e Cl^- , o que sugere uma alta afinidade branquial para Ca^{2+} , ou que o Ca^{2+} pode não estar envolvido na regulação da permeabilidade iônica branquial. Entretanto, o aumento de cálcio foi importante para o tambaqui *Colossoma macropomum*, que foi obtido da aquicultura e para o pacu *Myleus* sp. (VAL *et al.*, 1988).

Portanto, os peixes podem absorver o cálcio da água, por meio das brânquias, para sua regulação do cálcio fisiológico (HANSSEN *et al.*, 1991; FLIK *et al.*, 1995), os quais podem cumprir total ou parcialmente a sua exigência durante a privação alimentar (KUBITZA, 2004). O aproveitamento de cálcio da água varia de acordo com a capacidade da espécie de peixe e a suplementação na dieta pode ser necessária, principalmente em águas com baixos teores de cálcio dissolvido (FRACALOSSO & CYRINO, 2013).

Em sua revisão Hossain & Yoshimatsu (2014) verificam que os peixes de água doce podem absorver eficientemente o cálcio disponível da água, mas águas com baixas concentrações deste elemento podem comprometer o crescimento dos peixes, sendo que alguns deles precisam de uma suplementação de cálcio no alimento, como se verifica em sistemas de cultivo. Segundo Steffens (1987), o cálcio procedente da água é utilizado mesmo quando disponível no alimento, sendo sua captação quantitativamente tão alta quanto à do alimento (MIRANDA *et al.*, 2000). No entanto, segundo Kubitza (2004) as exigências da

maioria dos minerais são satisfeitas através dos compostos presentes nos alimentos naturais e rações balanceadas. Portanto, a necessidade de cálcio na dieta é afetada pela composição química da água e pelas diferenças entre espécies (LALL & MCCREA, 2007).

Apesar de receber carbonato de cálcio para manutenção da alcalinidade, as concentrações de cálcio no Bioflocos não diferiram das encontradas no sistema controle e no da água verde, mas tenderam a ser maiores, o que pode ter influenciado no melhor peso, ganho de peso, CA e TCE, além da alta sobrevivência. Já a menor concentração de cálcio no bioflocos em comparação com o biofiltro pode ser explicada pelo consumo de cálcio no sistema de bioflocos, pois o cálcio contribui na composição dos flocos (LUO *et al.*, 2013), sendo um dos minerais importantes para a sua composição (SOBECK; HIGGINS, 2002), por atuar na formação de pontes de cálcio na matriz do bioflocos (NGUYEN; HANKINS; HILAL, 2007). O cálcio ainda auxilia no aumento da taxa de sedimentação dos compostos orgânicos promovendo maior estabilidade do ambiente (PEETERS *et al.*, 2011), mas diminuindo sua disponibilidade na água.

O cálcio também é importante para a tilápia do Nilo por equilibrar as relações entre a dureza e a alcalinidade da água (CAVALCANTE *et al.*, 2014), onde Liu *et al.* (2021) verificaram que uma elevada relação dureza alcalinidade tem um efeito protetor, diminuindo a capacidade toxológica do ácido peracético, um desinfetante (biocida), empregado na aquicultura.

5.1.4 Dureza

O aporte de cálcio do substrato do biofiltro deste experimento proporcionou o maior nível de dureza ($159,367 \pm 62,692 \text{ mg L}^{-1}$), que pode ser classificada de "água dura" (150 a $300 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$), geralmente proporcionadas por quantidades de carbonato de cálcio (CaCO_3) ou de magnésio (MgCO_3) dissolvida na água (BOYD, 1990). Nos demais sistemas deste experimento as águas podem ser classificadas como moderadamente dura nos tratamentos controle ($75,711 \pm 21,965 \text{ mg L}^{-1}$); verde ($79,178 \pm 29,205 \text{ mg L}^{-1}$) e bioflocos ($110,478 \pm 37,202 \text{ mg L}^{-1}$).

Neste experimento, o maior nível de dureza e alcalinidade, em pH moderado foram observados no sistema biofiltro, o que pode explicar os bons resultados das tilápias. A exposição de peixes a águas muito ácidas ou alcalinas é letal, mas a sobrevivência é maior

quando os peixes estão em águas duras do que em águas moles. O crescimento da maioria das espécies é afetado quando são expostas a pH abaixo de 6,0 ou acima de 9,0. Aparentemente o efeito da dureza da água no crescimento varia de acordo com o estágio de vida, espécie e qualidade da água. Para espécies cujo habitat natural possui água dura, esse tipo de água é necessário para um bom desenvolvimento, e para outras, a água dura pode reduzir o impacto negativo de condições não ótimas (BALDISSEROTO, 2011). Essa afirmação ratifica a conclusão de que estes parâmetros foram adequados para a espécie sendo ligeiramente melhor no sistema biofiltro. Contudo, diversas condições são observadas.

Quanto ao efeito da dureza sobre os peixes Seals *et al.* (1994) afirmam que a dureza da água de 12,5 a 200 mg L⁻¹ CaCO₃ não afetou significativamente o peso, conversão alimentar após 42 dias de criação de peixes. Por outro lado, Rajkumar *et al.* (2018) submetendo uma carpa indiana *roho labeo (Labeo rohita)* a diversos níveis de dureza (225, 200, 175, 150, 125 mg L⁻¹), observaram melhores resultados de desenvolvimento e sobrevivência no nível 150 mg L⁻¹, entretanto os autores sugerem que estes resultados dependem da interação dos parâmetros limnológicos e destacam que as demais condições da água permanecerem adequadas ao cultivo da espécie. Por conseguinte, fica a sugestão que o efeito da dureza depende da espécie, fase de desenvolvimento, e da interação dos parâmetros de qualidade de água, mas que os valores observados neste experimento estiveram dentro do habitualmente encontrados e considerados como adequados.

Parra & Baldisserotto (2019) descrevem o efeito protetor da dureza onde a maioria dos teleósteos de água doce expostos a águas ácidas ou alcalinas apresentou maior sobrevivência em águas duras do que em águas moles. Os autores avaliam que a maioria das espécies de teleósteos sobrevive a mudanças agudas de pH até 4,0-5,0 ou até 9,0-10,0, mas a exposição a águas mais ácidas ou alcalinas é letal em poucas horas, o que parece estar relacionada a uma diminuição de cerca de 50% dos íons plasmáticos, principalmente Na⁺ e Cl⁻.

5.1.5 Compostos Nitrogenados

Amônia e nitrito (NO₂⁻), são as formas nitrogenadas que se originam principalmente de sólidos de aquicultura e metabolismo animal, e são dois compostos com potencial tóxico agudo, perigoso e letal para animais aquáticos (CRAB *et al.*, 2007; AVNIMELECH, 2012). Esses compostos são os primeiros a limitar a sobrevivência dos organismos aquícolas cultivados (BARBIERI, 2010; XIAN *et al.*, 2011; SANTACRUZ-REYES & CHIEN, 2012),

vindo em seguida o oxigênio dissolvido. Estes compostos presentes na água, são oriundos da ração não consumida totalmente pelos peixes e decomposição da matéria orgânica o que gera efluentes ricos em nitrogênio e fósforo (BOYD *et al.*, 2020) gerados do catabolismo das proteínas (EL-SAYED, 2006; CRAB *et al.*, 2007).

Dependendo do sistema e manejo adotado, esses nutrientes podem se tornam poluentes ao meio ambiente, devendo ser reduzidos (FAO, 2016; DAUDA *et al.*, 2018), pois causam problemas ambientais como eutrofização dos corpos d'água e perda de biodiversidade (VALENTI *et al.*, 2018). Os sistemas de aquicultura devem, portanto, avançar para modelos de produção mais sustentáveis como os sistemas de recirculação que podem reciclar 90% a 99% da água, reduzindo assim a poluição (BADIOLA *et al.*, 2012).

A implementação de sistemas de recirculação que contêm biofiltros nitrificantes (SHITU *et al.*, 2020; SHITU *et al.*, 2021) e dispositivos de remoção de sólidos (BADIOLA *et al.*, 2012 ; BADIOLA *et al.*, 2018 ; XIAO *et al.*, 2019 ; YOGEV *et al.*, 2020), e da tecnologia de bioflocos são responsáveis por manter a qualidade da água e reciclar os nutrientes da ração, simultaneamente (EMERENCIANO *et al.*, 2017; GREEN *et al.*, 2019), pois possuem o potencial de tratar compostos nitrogenados tóxicos e fósforo, bem como reciclar os poluentes para nitrogênio (HARGREAVES, 2006; LIU *et al.*, 2016 a; LI *et al.*, 2019).

Nesses sistemas de reciclagem as formas nocivas de nitrogênio (amônia e nitritos) passam por processo de nitrificação realizado por bactérias nitrificantes autotróficas (oxidantes de amônia e nitrito) (SOUZA *et al.*, 2019) no qual ocorre transformação para formas menos tóxicas (nitratos), o que minimiza o impacto de efeitos prejudiciais sobre espécies cultivadas (BARBIERI, 2010; ROMANO & ZENG, 2013; WASIELESKY, *et al.*, 2017).

5.1.5.1 Amônia

A amônia é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos e a toxicidade desse composto pode resultar das formas ionizada e não ionizada (NH_4^+ e NH_3) (WRIGHT & WOOD, 2012). Mas a forma não ionizada (NH_3) tende a ser mais tóxica, embora ambas possam existir em equilíbrio na água de cultivo (EL-SHAFAI *et al.*, 2004, JIMÉNEZ-OJEDA, *et al.*, 2018).

Os valores médios das concentrações para amônia total, ionizada e não-ionizada, registrados nesse estudo permaneceram substancialmente abaixo dos níveis letais para

produção de juvenis de tilápias, que é no máximo de 1 mg L^{-1} de amônia não-ionizada (EMERENCIANO *et al.*, 2017) e dos níveis considerados prejudiciais à tilápia, indicados como valores limites de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ (EL-SAYED, 2006) e $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ de amônia não ionizada (N-NH_3) (SÁ, 2012). Os valores da amônia não ionizada também foram abaixo dos observados por Manduca *et al.* (2020) no cultivo de tilápia em bioflocos, com valores $0,17$ a $0,55 \text{ mg L}^{-1}$ de amônia não ionizada, onde não houve associação de perda de rendimento em função dos níveis de amônia, apesar de amônia total não ionizada apresentar picos, inferiores a $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, momento em que os autores adicionavam melão, para a diminuição das concentrações (MANDUCA *et al.*, 2020), prática também adotada neste experimento, porém com açúcar cristal. Além disso, maiores concentrações de amônia podem provocar lesões branquiais e pode afetar a função de transporte de oxigênio da hemoglobina (ALABASTER & LLOYD, 1982) comprometendo a sobrevivência dos organismos aquáticos (SANTACRUZ REYES & CHIEN, 2012), o que também não foi observado.

Apesar de não diferir entre os tratamentos, o valor médio de concentração de amônia no sistema biofiltro ($0,046 \pm 0,008 \text{ mg L}^{-1}$), este promover melhor qualidade da água e bem-estar aos peixes expressado no maior ganho de peso e menor conversão alimentar em comparação ao controle e ambiente verde.

5.1.5.2 Nitrito

As concentrações de nitrito na água dos ambientes testados no experimento foram satisfatórias para a criação de juvenis de tilápias baseado em recomendações de Stone & Thomforde (2004) e Emerenciano *et al.* (2017) no qual o valor máximo para nitrito deve ser $< 1 \text{ mg L}^{-1}$, apesar de autores considerarem que o limite de acúmulo de concentrações de nitrito é de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ em sistemas aquícolas intensivos (LIMA, 2016). Elevados níveis de nitrito não são recomendados, pois causam toxidez aos organismos do cultivo, ao converter a hemoglobina do sangue em metahemoglobina, molécula incapaz de transportar oxigênio, causando asfixia nos organismos (VINATEA, 2004) e a morte dos mesmos (RAKOCY, 1989).

Sendo os valores médios de nitrito de ($0,147 \pm 0,028 \text{ mg L}^{-1}$) no controle, ($0,034 \pm 0,010 \text{ mg L}^{-1}$) biofiltro, ($0,092 \pm 0,26 \text{ mg L}^{-1}$) sistema de água verde e ($0,108 \pm 0,091 \text{ mg L}^{-1}$) no bioflocos estiveram abaixo dos considerados limites, verificando-se as boas condições de cultivo que são refletidas no melhor crescimento e sobrevivência dos peixes. Corroborando

com esses resultados Liu *et al.* (2022) encontraram níveis seguros do nitrito inferiores a 1 mg L⁻¹ de aquicultura de BFT. Manduca *et al.* (2020) cultivando tilápias em sistema de bioflocos descreveram que valores de nitrito variando de 0,25 a 0,45 mg L⁻¹, não comprometeram o crescimento dos peixes, apesar de que, quando as concentrações oscilaram de 0,25 a 0,32 mg L⁻¹, nas densidades de 20 e 40 indivíduos por 1000 L⁻¹, os animais cresceram mais, mas devido a menor densidade, do que quando estavam submetidos sob às maiores densidades (60 a 80 indivíduos 1000 L⁻¹), com concentrações de nitrito variando de 0,40 a 0,45 mg L⁻¹. Os autores utilizaram água salinizada em 4 g L⁻¹ para minimizar a toxidez do nitrito, alegando que o cloreto possa diminuir a absorções nitrito pelas brânquias. Portanto, os níveis de nitritos deste experimento não foram preocupantes.

5.1.5.3 Nitrato

Ao longo do período experimental a concentração média do nitrato na água dos tratamentos se manteve em níveis considerados menos tóxico para peixes e camarões (< 100 mg L⁻¹) (LEKANG, 2007), quando se verifica efeitos deletérios resultantes da ação combinada de nitratos e outras substâncias nitrogenadas (WASIELESKY *et al.*, 2017).

Entretanto, Chai & Wang (2019) afirmaram que exposição de nitrato acima 50 mg L⁻¹ pode afetar a capacidade osmorregulatória e aumentar a taxa de mortalidade (STEINBERG *et al.*, 2018). No entanto, os ambientes, controle (49,753 ± 24,012 mg L⁻¹), biofiltro (36,326±16,599 mg L⁻¹), verde (45,354 ± 17,385 mg L⁻¹) e bioflocos (48,740± 22,547 mg L⁻¹) apresentaram carga de nitrato bem próxima do limite recomendado pelos autores, apesar de não ter afetado a criação que alcançaram taxas de sobrevivência e crescimento adequado.

Apesar dos níveis ficarem abaixo dos valores considerados tóxicos para alguns autores, eles ficaram acima do indicado por estudos com cultivo de juvenis de tilápias realizados por Emerenciano *et al.* (2017) em que valor máximo para nitrato é em torno de 0,5–20 mg L⁻¹ e dos valores observados para tilápia cultivas em bioflocos, que oscilaram entre 0,25 e 0,35 mg L⁻¹ (MANDUCA *et al.*, 2020). Contudo, eles ficaram próximos dos obtidos por Alam & Al-Hafedh (2006) em trabalho investigando a variação em 24 horas em sistemas de Água Verde, quando encontraram a concentração de NO₃ oscilando entre 31,51 e 61,04 mg L⁻¹, não comprometendo o crescimento e a sobrevivência dos peixes.

5.1.6 Fosfato

Kubitza (2000), considera a concentração de fosfato entre 0,005 e 0,020 mg L⁻¹ favorável na criação de peixes, raramente atingindo valores acima de 0,100 mg L⁻¹. Porém nenhum dos valores médios de fosfato (fósforo inorgânico) encontrados no presente estudo ficou dentro desta faixa preconizada. Apesar disso, mesmo o sistema bioflocos apresentando níveis médios de fosfato (2,809±2,055 mg L⁻¹) mais alto do que o recomendado, não se verificou o comprometimento do desenvolvimento das tilápias que obtiveram ganho de peso e TCE consideráveis.

A principal inclusão de fósforo no ambiente aquático pela piscicultura é por meio de rações e, conseqüentemente, da excreção dos animais (ODUM & BARRETT, 2007). Tilápias alimentadas com rações deficientes em fósforo disponível resulta em redução do consumo e do ganho de peso, piora na conversão alimentar (PEZZATO *et al.*, 2006), causa deformidades em diversas regiões do corpo (FURUYA *et al.*, 2001b), o que pode estar relacionado com a pior relação cálcio e fósforo (FRACALOSSO & CYRINO, 2013). A exigência em fósforo para as diversas espécies de peixes varia entre 0,25 e 1,0% da dieta, sendo esta variação relacionada à fase de crescimento e constituição corporal como, por exemplo, os ossos, principais tecidos formadores dos organismos vivos (MIRANDA *et al.*, 2000; DOUGALL *et al.*, 1996).

5.1.7 Condutividade Elétrica

Condutividade elétrica é caracterizada pela presença de íons e partículas carregadas eletricamente dissolvidas na água. Na piscicultura, ela fornece importantes informações sobre a qualidade dos ambientes aquáticos, ajudando a detectar fontes poluidoras nos sistemas (VARGAS & PEREIRA, 2020).

No presente estudo, os valores de condutividade na água nos sistemas controle (0,099±0,073 mS/cm), biofiltro (0,22±0,102 mS/cm) e verde (0,307±0,101 mS/cm) se apresentaram dentro na faixa desejável de 0,06 a 0,5 mS/cm, de acordo com Silva *et al.* (2013) para cultivos de peixes. Os altos índices de condutividade elétrica na água indicam elevado grau de decomposição o que é benéfico para os animais do BFT. Foi observado no cultivo das tilápias no bioflocos (0,507±0,193 mS/cm) valor mais elevado de condutividade

entre os diferentes sistemas, que auxiliou no bem-estar, conforto e alimentação (próprio bioflocos).

Reduzidos valores de condutividade elétrica podem ser devido a acentuada produção primária (algas e microrganismos aquáticos), como no sistema de água verde, aumentando a disponibilidade de alimentos e seus nutrientes para os organismos aquáticos (MINELLO *et al.*, 2010). Nesse estudo a condutividade elétrica no sistema verde foi a segunda maior, o que estimulou a produção de microrganismos, pois o desempenho das tilápias nesse ambiente se mostrou favorável.

5.1.8 Turbidez

A turbidez é um fator inversamente proporcional à transparência, uma vez que se refere ao grau de redução da penetração da luz na água, portanto, quanto mais turva a água for menor será a penetração de luz (PINHEIRO & LOLIS, 2012). Isto ocorre devido à presença de sólidos em suspensão e/ou ao florescimento de microrganismos aquáticos que se tornam alimentos naturais para o desenvolvimento dos peixes num ambiente favorável o que pode ser comprovado nos sistemas de criação verde e bioflocos.

O monitoramento da turbidez é importante em ambientes aquáticos porque ela representa o grau de interferência da passagem da luz através da água (SPERLING, 2018), ou seja, uma água muito turva pode dificultar ou até mesmo impedir a fotossíntese (FUNASA, 2013; ALVES, MARTINS & JESUS, 2019), causando baixa produtividade primária no meio, prejudicando a alimentação dos organismos ali presentes, como os peixes. Apesar disso, a alta turbidez pode ser causada pela grande proliferação de algas (EMBRAPA, 2006). Ademais, águas muito turvas dificultam a visualização da ração, o que afeta ainda mais o crescimento do animal (EMBRAPA, 2016).

O limite máximo de turbidez desejável à aquicultura é de 100 NTU, segundo orientações da CONAMA 357/COPAM/CERH-MG nº 01 (BRASIL, 2005; MINAS GERAIS, 2008), sendo encontrados níveis maiores no presente estudo. As faixas médias de turbidez no controle ($158,481 \pm 37,778$ NTU), biofiltro ($126,037 \pm 58,665$ NTU), verde ($184,564 \pm 71,202$ NTU) e bioflocos ($210,18 \pm 48,132$ NTU), no entanto, não prejudicaram o processo de alimentação dos peixes que consumiram quantidades equivalentes de ração ofertada (Tabela

2). Além disso, no sistema bioflocos a alta taxa de turbidez não influenciou negativamente na CA ($1,2\pm 0,3$) mais baixa em relação aos outros sistemas testados.

5.2 Sólidos Dissolvidos Totais (TDS)

Os níveis médios de sólidos dissolvidos totais de água para cultivo tilápia do Nilo nesse estudo foram de ($0,072\pm 0,054$ g L⁻¹) no controle, ($0,134\pm 0,067$ g L⁻¹) no biofiltro, ($0,19\pm 0,055$ g L⁻¹) no sistema verde e ($0,29\pm 0,114$ g L⁻¹) no bioflocos. Os níveis de sólidos totais dissolvidos (STD) apresentaram valores dentro dos limites normais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que considera a concentração máxima permitida de (TDS) de 0,50 g L⁻¹.

5.3 Temperatura

As temperaturas médias no ensaio, tanto de manhã como a tarde ficaram próximas do intervalo preconizado por Leira et al. (2017) (24 a 28°C) e por Wambua *et al.* (2021) ($26,5 \pm 2,55$ °C) avaliando a tilápia do Nilo em um sistema de recirculação. Apesar de, até mesmo larvas de tilápia do Nilo poderem se desenvolver em temperaturas consideradas baixas para a espécie (23 °C) (Silva *et al.*, 2017), Santos, Mareco & Silva (2013), submetendo três linhagens de tilápias, Vermelha, Supreme e GIFT, a três temperaturas (22, 28 e 30 °C), verificaram que as submetidas a menor temperatura cresceram menos, a ponto de não diferirem em peso entre as linhagens, diferença observada ao se elevar a temperatura. Portanto, a temperatura observada neste experimento pode explicar em parte a similaridade da biomassa, ganho de biomassa, comprimento total e padrão e da altura, que tenderam ser menores no tratamento controle.

Similarmente como para o crescimento dos peixes, alguns parâmetros de qualidade de água não devem ter diferido devido as menores temperaturas, já que a temperatura também é fator importante na atividade bacteriana no sistema de cultivo de recirculação, água verde e BFT (ZHANG *et al.*, 2018), e o sucesso do funcionamento nos sistemas depende da capacidade do metabolismo desses microrganismos (JIMÉNEZ-OJEDA *et al.*, 2018). Deve-se considerar ainda que, a temperatura mais elevada resultaria em um maior crescimento dos peixes, como observado por Santos, Mareco & Silva (2013), demanda de ração e metabólitos, ocasionando diferenças na qualidade da água entre os sistemas.

5.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

No geral os níveis de oxigênio dissolvido monitorados nos tratamentos diariamente (manhã e tarde) ficaram dentro do recomendado por Emerenciano *et al.* (2017) que indica a faixa ótima entre 5 e 10 mg L⁻¹. De acordo com Ngugi *et al.* (2008) e Sri-uam *et al.* (2016), a tilápia do Nilo é um pouco resistente e pode sobreviver a baixas concentrações de oxigênio a níveis abaixo de 3 mg L⁻¹. Os níveis de oxigênio dissolvido mínimo e máximo (5,785±1,055; 7,255±0,801 mg L⁻¹), respectivamente alcançados neste estudo se tornam bastante adequados para a sobrevivência da tilápia do Nilo.

Para Santos *et al.* (2013) o oxigênio dissolvido acima de 6,0 mg L⁻¹ se encontra na faixa ideal para o crescimento de tilápias do Nilo (*O. niloticus*). Para Tran-Duy, Dam & Schrama (2012) o intervalo ótimo de oxigênio dissolvido foi de 4-7 mg L⁻¹ para manter a sobrevivência e o crescimento de tilápias. Para Al-Hafedh & Alam (2005) uma concentração mínima de oxigênio dissolvido de 5 mg L⁻¹ é necessária para o funcionamento adequado do sistema de recirculação dos peixes (GREINER & TIMMONS, 1998).

Segundo Boyd & Teichert-Coddington (1992), em um sistema de bioflocos, as fontes de oxigênio são o fitoplâncton, oxigênio atmosférico (difusão) e oxigênio a partir dos aeradores mecânicos. Concentrações elevadas de oxigênio dissolvido (5-8 mg L⁻¹) é fundamental em bioflocos devido à necessidade de constante aeração e movimentação da água para manter os flocos microbianos suspensos para consumo de tilápias e microrganismos, enquanto o nitrogênio dissolvido, incluindo o nitrato, é reciclado (HARGREAVES, 2013; BOSSIER & EKASARI, 2017). O sistema bioflocos desse estudo proporcionou condições adequadas para que os flocos microbianos se mantivessem em suspensão ao demonstrar médias de oxigênio dissolvido de (6,758±0,722 mg L⁻¹ e 5,804±1,055 mg L⁻¹) manhã e tarde, respectivamente.

O oxigênio é o parâmetro mais importante do sistema de cultivo, pois mantém a respiração das espécies de cultivo, assim como dos microrganismos que compõem os sistemas de cultivo (HARGREAVES, 2013). Níveis críticos de oxigênio dissolvido são extremamente prejudiciais ao sistema, pois comprometem a sobrevivência e o crescimento dos animais. Mesmo que as tilápias tolerem níveis menores de oxigênio (0,5 mg L⁻¹), ou até mesmo utilizem do ar da superfície, é adequado manter níveis acima de 2-3 mg L⁻¹ para limitar o

estresse nos animais (POPMA & LOVSHIN, 1996), sendo ideal acima 4 mg L⁻¹ para sistemas BFT (AVNIMELECH, 2012).

5.5 Comparação entre Qualidade da água dos Sistemas

Fleckenstein *et al.* (2018) comparando sistemas de biofiltração com água clara, contra o sistema de bioflocos e um sistema híbrido, no cultivo de tilápia do Nilo pelo período de 63 dias (9 semanas) verificou uma similaridade das concentrações de amônia total e nitrato, assim como verificado para este experimento. Entretanto, os autores observaram que o nitrito foi significativamente maior no sistema com bioflocos do que no de recirculação com água limpa, durante as últimas 4 semanas, e que essa concentração mais elevada possivelmente foi crônica podendo ter um efeito sobre a saúde da tilápia, explicando o menor crescimento. Apesar, do nitrito não ter diferido entre o sistema de recirculação e do biofiltro a tendência dos resultados foi a mesma, tendência essa que não se verificou para o crescimento da tilápia. A diferença entre as concentrações de nitrito e no crescimento da tilápia, observada por Fleckenstein *et al.* (2018) provavelmente se deve a maior eficiência do sistema de recirculação utilizado por eles, composto por água limpa (transparente), onde os aquários apresentavam uma câmara de decantação, um fracionador de espuma além do reator de biofilme de leito móvel (MBBR). Já a similaridade dos resultados de nitrito e de crescimento deste experimento pode ser explicada por ele contar apenas com o biofiltro formado por *bioballs* e pela água com o passar dos dias apresentar uma cor verde, devido ao processo de eutrofização. Isso também pode explicar a similaridade da concentração de ortofosfato, condutividade, sólidos dissolvidos totais e turbidez entre os dois sistemas de cultivo, apesar da tendência desses parâmetros serem maiores no sistema de bioflocos, como se verifica para turbidez (RAY *et al.*, 20017; FLECKENSTEIN *et al.*, 2018 & TIERNEY *et al.*, 2018) ortofosfato (LIMA *et al.*, 2019), condutividade ((VARGAS & PEREIRA, 2020), sólidos dissolvidos totais (TIERNEY *et al.*, 2018), quando comparados aos encontrados em sistema de biofiltro.

Por fim, neste experimento o sistema com biofiltro mantém uma melhor qualidade de água, indicados pelas diferenças de dureza e cálcio e a tendência observada para a alcalinidade, enquanto o bioflocos apresenta uma maior disponibilidade de alimento, indicado pelas concentrações de bioflocos em suspensão e tendências de turbidez, sólidos totais dissolvidos e condutividade. Isso é corroborado por Tierney *et al.* (2018), ao descrever que o biofiltro remove os resíduos sólidos e diminuem a concentração de amônia mantendo de

forma mais eficiente, uma água de melhor qualidade, enquanto os sistemas de bioflocos disponibilizam mais alimento. Para Fleckenstein *et al.* (2018) apesar da maior disponibilidade de alimento, o bioflocos, a melhor qualidade de água no sistema com biofiltro e água clara resultou em um maior crescimento da tilápia do Nilo. Contudo, muitos dos resultados desses sistemas são similares, e na tentativa de associar o melhor de cada um desses sistemas, já começam a aparecer sistemas híbridos, para aproveitar as melhores características de cada um desses dois sistemas, bioflocos e biofiltro, como verificado com jade perch (*Scortum barcoo*) (Liu *et al.*, 2020, 2021; Liu *et al.*, 2022) e com tilápias (Fleckenstein *et al.*, 2018).

Já no experimento realizado por Khanjani *et al.*, (2021d) o sistema de bioflocos, apresentou flutuações dos parâmetros da qualidade da água significativamente menores do que as dos sistemas de aquicultura convencionais com troca de água.

No presente estudo os níveis de amônia, nitrito, nitrato e fosfato nos tratamentos Biofiltro e Bioflocos foram estatisticamente iguais, diferentemente do ocorrido no ensaio realizado por Khanjani *et al.*, (2021d), em que a NH₃ foi consistentemente maior nos sistemas BFT, em comparação com RAS, e foi sugerido que esse achado pode ter induzido estresse nas espécies avaliadas e, portanto, afetou negativamente a sobrevivência e crescimento. De fato, níveis de amônia-N ligeiramente elevados não são incomuns em sistemas baseados em bioflocos em comparação com RAS (VERDE, 2015; LONG *et al.*, 2015; RAY & LOTZ, 2017). As concentrações de nitrito e nitrato foram significativamente iguais, porém numericamente menores no tratamento BFT do que no controle ($p < 0,05$).

5.6 Rendimento

5.6.1 Desempenho e Crescimento

O desempenho pode ser entendido como o conjunto de características naturais, selecionadas ou adicionadas geneticamente, e está ligado diretamente ao potencial produtivo, capacidade de rendimento e ambiente ou ao tipo de cultivo de um determinado animal (LIANG *et al.*, 2017).

Ao final do período experimental os juvenis da tilápia do Nilo foram submetidos às análises de desenvolvimento e crescimento mensurando-se a taxa de sobrevivência, consumo

alimentar diário, ganho de peso e de biomassa, taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar e biometria (comprimento total, comprimento padrão, altura e peso) (KANYILMAZ, 2015).

5.6.2 Sobrevivência

As taxas médias de sobrevivência (100%) dos animais criados em sistema com bioflocos e água verde são semelhantes às relatadas por (AZIM & LITTLE, 2008) de 100% e (MIRZAKHANI *et al.* 2019) 100% para tilápia no sistema de bioflocos. As taxas de sobrevivência em tratamentos com bioflocos são geralmente mais altas do que aqueles em grupos de controle (KUHN *et al.*, 2008; WASIELESKY *et al.*, 2006; KHANJANI *et al.*, 2017). Neste experimento as taxas de sobrevivências foram semelhantes entre si, apesar do tratamento controle apresentar uma tendência de queda na taxa de sobrevivência (91,7 %), que também foi satisfatório no que se refere aos aspectos de crescimento e bem-estar de tilápia do Nilo cultivada.

O sucesso da sobrevivência e crescimento dos peixes no ambiente de bioflocos além de ser proporcionado por nutrientes (NGUYEN, 2018), que inclui aminoácidos essenciais, ácidos graxos e outros (XU & PAN, 2013), é devido a efeitos adicionais de grande importância como efeito probiótico que auxilia na digestão e absorção de dietas dos peixes (AGUILERA-RIVERA *et al.*, 2014), e pode funcionar como barreira de transmissão de patógenos na maior defesa do organismo dos peixes ao contribuir para maior ganho de peso como observado nesse trabalho no ambiente bioflocos (AVNIMELECH, 2015). O aumento da imunidade e da sobrevivência dos peixes pode ser dado também pela presença de imunostimulantes como peptidoglicanos, de probióticos beta-glucanos e lipopolissacarídeos na parede celular de bactérias de bioflocos (KIM *et al.*, 2014; SUPONO *et al.*, 2014; WALKER *et al.*, 2020).

As elevadas taxas de sobrevivência da espécie *O. niloticus* (SILVA *et al.*, 2019), no sistema bioflocos, se deve a possibilidade de redução de estresse devido a maior turbidez da água que gera maior conforto e bons níveis de qualidade da água (SANTACRUZ-REYES & CHIEN, 2012; AVNIMELECH, 2012), do que nos sistemas convencionais com troca de água (KHANJANI *et al.*, 2021d). E como no caso deste trabalho, pelo fato do sistema de produção estar protegido por estrutura com estufas, são reduzidas assim as ações de predadores naturais

como, por exemplo, pássaros (BELINTANO *et al.*, 2020). Além disso, a característica de rusticidade da espécie *O. niloticus* (SILVA *et al.*, 2019) minimiza a mortalidade.

Quanto às taxas médias de sobrevivência (100%) na água de cultura verde se deve, as microalgas nas dietas auxiliarem na utilização eficaz de nutrientes pelas tilápias, como assimilação proteína, metabolismo lipídico, função hepática, resposta ao estresse e no aumento da taxa de crescimento dos peixes (MUSTAFA & NAKAGAWA, 1995). Microalgas fornecem nutrição suplementar e benefícios para a saúde e o crescimento da tilápia, além do mais, a composição nutricional das dietas com adição de microalgas afetam positivamente o incremento dos teores de nutrientes da ração (JU, 2017; DOS SANTOS *et al.* 2019). Todos esses aspectos tenderam a contribuir nos bons resultados obtidos no parâmetro relacionado à sobrevivência nos tratamentos do experimento.

5.6.3 Consumo, Ganho de Biomassa e Ganho de Peso

O consumo de ração comercial foi semelhante entre os sistemas de criação com pouca variação, de $242,1 \pm 84,4$ a $276,7 \pm 70,7$ g, verde e controle, respectivamente. Contudo o bioflocos e ambiente verde lançam mão de artifícios que suplementam a alimentação dos peixes.

A tilápia do Nilo por ser uma espécie com comportamento alimentar omnívoro oportunista e eficiente filtradora (AZIM E LITTLE, 2008; AVNIMELECH & KOCHBA, 2009; EKASARI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2018, 2019), principalmente na fase juvenil (ALVES *et al.* 2017; BOSSIER & EKASARI, 2017; SOUSA *et al.* 2019), quando têm a capacidade de aproveitamento *in situ* próprias partículas de floco microbiano que podem ser utilizadas como alimento (ZABLON *et al.*, 2022) e atender até 50% das necessidades de proteína (AZIM E LITTLE, 2008; AVNIMELECH & KOCHBA, 2009; EKASARI *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2018, 2019; KHANJANI *et al.*, 2021c). Além disso, os bioflocos são fontes ricas em nutrientes como ácidos graxos, aminoácidos essenciais, minerais e vitaminas (VERSTER, 2017) e imunoestimulantes (MARTÍNEZ-CÓRDOVA *et al.*, 2017; MORENO-ARIAS *et al.*, 2018). Portanto, os animais criados em sistema bioflocos considerado um ambiente mais estável (MARTINS *et al.*, 2017; ZABLON *et al.*, 2022) são propensos a se desenvolver com mais eficácia do que num sistema de troca de água convencional (KHANJANI *et al.*, 2020c). Outra vantagem, da substituição das dietas comerciais pelo

sistema de bioflocos está na segurança alimentar ao minimizar riscos de contaminação por micotoxinas e fatores antinutricionais na dieta (KHANJANI & SHARIFINIA, 2020; LUO *et al.*, 2020), contribuindo substancialmente para o crescimento e produção de tilápia (AVNIMELECH, 2007; AZIM; PEQUENO, 2008; LITTLE *et al.*, 2008; YUAN *et al.*, 2010). Esse fato pode ter auxiliado no ganho de peso maior ($36,97 \pm 15,66$ g) no tratamento bioflocos ao confrontar com outros ambientes avaliados.

Quanto aos peixes cultivados no ambiente verde, estes podem se alimentar de grande quantidade de microrganismos suspensos como as microalgas. Ju (2017) num estudo que avaliou efeitos de três dietas com adição de macroalgas (*Haematococcus* e *Spirulina*) e uma dieta comercial no crescimento e desempenho de tilápia (*O. mossambicus*). Dietas à base de macroalgas obtiveram maior crescimento de peso do que a ração comercial, embora as com adição de macroalgas contivessem menores níveis de proteína (36,9% a 37,7%) e lipídios (7,1% a 8,1%), do que a ração comercial (42,3%; 8,6%). A inclusão de ingredientes à base microalgas melhoram os efeitos de crescimento dos animais aquáticos (JU, FORSTER, CONQUEST & DOMINY, 2008; JU *et al.* 2009, 2012), reforçam o sistema imunológico (HAYASHI & KATOH, 1994), anti-inflamatório (JENSEN, GINSBERG & DRAPEAU, 2001) e antiviral (HAYASHI & HAYASHI, 1996). As microalgas em dieta são essenciais no aproveitamento de nutrientes pelos peixes, pois podem melhorar o desempenho de produção/crescimento, reduzir custos (~ 15%) e aumentar lucratividade (~25%) em comparação com sistema tradicional (KHANJANI *et al.*, 2020c). Essas atribuições complementam de maneira considerável os resultados positivos conquistados nesse trabalho com juvenis de tilápia, em particular, nos sistemas de criação bioflocos e verde.

A produção (biomassa final) foi estatisticamente igual entre os tratamentos, porém numericamente mais elevada nos tratamentos com biofiltro ($163,97 \pm 56,48$ g) e bioflocos ($183,86 \pm 67,31$ g) provavelmente, pela contribuição de substratos diversos, na estabilização da qualidade da água no biofiltro e de partículas suspensas na água de cultivo no bioflocos conferindo um ambiente de melhor qualidade. Apesar do ganho de peso médio revelar diferenças significativas entre os ambientes, no tratamento verde não houve aumento de biomassa mesmo com a atuação de microalgas no incremento alimentar. O aumento de biomassa, apresenta relação direta com a taxas de sobrevivência no cultivo de tilápias (BOSCOLO *et al.*, 2001; MEURER *et al.*, 2003) e para outras espécies (LUZ & DOS SANTOS, 2008; BITTENCOURT *et al.*, 2010), o que pode ter acontecido neste experimento, onde a sobrevivência (100%) no bioflocos significativamente foi maior que no controle.

O aumento de produtividade ou biomassa pode ser potencializado pela integração entre bioflocos e recirculação (RAS) (ELAYARAJA *et al.* 2020) devido a conversão dos excessos de ração destinados ao crescimento dos animais cultivados no sistema recirculação (RAS) em biomassa microbiana, que pode ser utilizada como alimento pelos animais de ambos os sistemas (CHOO & CAIPANG, 2015).

5.6.4 Composição Bromatológica

Devido à escassez e da competição por água e terra, o sistema do bioflocos vem se destacando por produzir um ambiente sustentável. Com pouca troca de água, utilizando espaços reduzidos, e o próprio bioflocos servindo de alimento aos organismos por 24 horas, esse sistema se mostra bastante produtivo, tanto no cultivo de camarão (EL-SAYED, 2021) como no de peixes, como a tilápia (KHANJANI *et al.*, 2021b), alcançando produções entre 20 e 40 kg m⁻³ de tilápia (AVNIMELECH, 2007), dependendo da composição do bioflocos, do peixe, do ambiente e de suas interações.

A boa qualidade nutricional do bioflocos é um dos motivos para que esse potencial de produtividade seja alcançado (KHANJANI *et al.*, 2021). No presente estudo a análise de composição bromatológica do bioflocos apresentou os seguintes valores médios: níveis de proteína bruta ($31,3 \pm 3,5$ %), extrato etéreo ou lipídio ($5,3 \pm 0,3$ %), fibra bruta ($16,9 \pm 1,3$ %), cinza ($19,3 \pm 0,9$ %), matéria seca ($90,9 \pm 0,3$ %) matéria orgânica ($80,7 \pm 0,9$ %) e umidade ($9,2 \pm 2,5$ %).

O nível de proteína bruta dos flocos pode apresentar uma ampla variação de 13,20% a 53,5%, o que depende das condições do ambiente (AZIM & LITTLE, 2008; AZIM *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018), quando o nível mais adequado para o crescimento também vai depender de uma série de interações.

Neste estudo o nível de proteína bruta ($31,3 \pm 3,5$ %) do bioflocos esteve na faixa considerada adequada para tilápias, entre 26,64 e 32,14% (KHANJANI *et al.*, 2021c), 24,18 a 31,09% (KHANJANI *et al.*, 2021b) e 25 e 30% (CHOU & SHIAU, 1996; JAUNCEY, 2000), apesar de ter ficado um pouco abaixo do encontrado por Azim & Little (2008) (37,93 e 38,41%) e Long *et al.* (2015) (41,13 %), e um pouco acima dos valores encontrados por Manduca *et al.* (2017) em que a média proteína bruta variou de 22,3 a 27,98% em tratamentos

com diferentes densidades de cultivo tilápias, e acima também do observado por Silva (2016) (14,23 a 21,28%) ao avaliar duas fases de crescimento tilápias e por López-Elías *et al.* (2014) (23,7 a 25,4%) . Em todos estes ensaios o crescimento da tilápia também foi considerado adequado. Os resultados variados e de bom crescimento com diversos níveis de proteína podem ser explicados pelos bioflocos apresentarem composição diversa, e nesses sistemas os peixes serem alimentados com ração, sendo o bioflocos um alimento complementar (MIRZAKHANI *et al.*, 2019; MABROKE *et al.*, 2021; KHANJANI *et al.*, 2021c; ZABLON *et al.*, 2022).

O nível de lipídios ($5,3 \pm 0,3$ %) achado no tratamento bioflocos está de acordo com (LIM *et al.*, 2009), que menciona a exigência de 5 a 12% de lipídios na dieta de tilápia. Entretanto maiores teores de lipídeos no bioflocos foram observados por Manduca *et al.* (2020) (12,93 a 15.3%), assim como menores teores foram observados em experimentos; 1,03% (LONG *et al.*, 2015), 2 a 5% (LUO *et al.*, 2014; AZIM & LITTLE, 2008 , AZIM *et al.*, 2008), 1,92 a 2,35 % (KHANJANI *et al.*, 2021c) e 0,5 a 3,5% (MABROKE *et al.*, 2021), 2,6 a 3,5 (LÓPEZ-ELÍAS *et al.*, 2014), 2,15 a 3,89 (KHANJANI *et al.*, 2021a), onde a ração torna-se necessária para compensar a demanda por lipídio.

O teor médio de cinzas ($19,3 \pm 0,9$ %) do experimento com bioflocos foi superior ao sugerido para a dieta de peixes, que deve ser inferior a 13% (CRAIG & HELFRICH, 2009, TACON & MACIOCCI, 1988). Na composição do bioflocos em cultivos de tilápia esse parâmetro também se mostra bastante variável, com valores abaixo e acima do encontrado neste experimento, variando de 0,47% (EMERENCIANO *et al.*, 2012), 6,07 % (LONG *et al.*, 2015), 2,31 a 3,16% (LÓPEZ-ELÍAS *et al.*, 2014), de 21,30 a 31,55 % (MANDUCA *et al.*, 2021), 23,41 a 32,79% (KHANJANI *et al.*, 2021b), 27,39 a 31,92% (KHANJANI *et al.*, 2021c), dentre outros (AZIM *et al.*, 2007; EKASARI *et al.*, 2010; LÓPEZ-ELÍAS & MORENO-ARIAS, 2015)

Verifica-se que a composição bioquímica do bioflocos é bastante variável, podendo ser influenciada pelo peixe, como se observa no cultivo da tilápia do Nilo (ZABLON *et al.*, 2022), pela frequência de alimentação, pela espécie e seus hábitos alimentares (AVNIMELECH, 2007, KHANJANI *et al.*, 2016). Pode ser influenciado também pelo tipo de fonte carbono utilizado para a manutenção do bioflocos (KHANJANI *et al.*, 2017), pela razão carbono/nitrogênio (MINABI *et al.*, 2020) e pela própria densidade microbiana (AHMAD *et al.*, 2017). Outros fatores que influenciam a sua composição são a intensidade de luz,

salinidade, densidade de estocagem, comunidades bacterianas e fitoplanctônicas e suas proporções (KHANJANI *et al.*, 2016, 2020 a, b; EMERENCIANO *et al.*, 2013). Por fim, a composição do bioflocos varia em função de uma série de interações e dificilmente será controlada, sendo necessário por isso o seu monitoramento, a fim de entender a sua contribuição para o desenvolvimento do peixe e do sistema como um todo.

5.6.5 Crescimento e Taxa de Crescimento Específico (TCE)

Os valores médios da TCE foram maiores no bioflocos ($4,46 \pm 0,81\%$) e biofiltro ($4,37 \pm 0,87\%$) em relação ao controle. Esses achados corroboram com estudos de (AZIM E LITTLE, 2008; LUO *et al.*, 2014; MIRZAKHANI *et al.*, 2019; KHANJANI *et al.*, 2021b) que relatam a melhora acentuada do crescimento da tilápia do Nilo criada no sistema de bioflocos quando comparado com grupo controle e mesmo contra o com recirculação (DURIGON *et al.*, 2020), tendência observada neste experimento, quando se observa os dados de crescimento e conversão alimentar, apesar de não ser observada diferença significativa. O autor atribuiu a referida diferença a uma ótima qualidade da água e ao consumo e produção contínua de bioflocos (EKASARI *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2016). Além do mais, o bioflocos proporciona TCE maior que no controle devido à característica de alimento complementar protéico bacteriano (KHANJANI & SHARIFINA, 2020), e ao estímulo de efeitos dos simbióticos quando adicionados no sistema que podem promover o maior desempenho de crescimento dos animais da aquicultura (LAICE *et al.*, 2021).

Ao comparar o crescimento de *L. vannamei* entre o sistema de bioflocos e sistema de recirculação de água clara, o coeficiente de crescimento diário e a sobrevivência foram significativamente maiores no sistema de bioflocos do que no sistema de águas claras (CHAN-VIVAS *et al.*, 2018). Essas observações são consistentes com a sugestão de que o BFT confere melhor crescimento em animais que estão melhor adaptados ao consumo de pequenas partículas (AVNIMELECH, 2012; EMERENCIANO *et al.*, 2013; BURFORD *et al.*, 2004) descobriram que mais de 29% dos alimentos consumidos diariamente por *L. vannamei* podem ser bioflocos.

Tilápias cultivadas em sistema de bioflocos, heterotrófico controle, quimioautotrófico e verde (*Chlorella* sp.), revelaram que o melhor crescimento com desempenho produtivo

aconteceu no sistema verde denunciando o efeito benéfico dependente do metabolismo de bactérias (FIMBRES-ACEDO *et al.*, 2020).

Quanto as maiores TCE no biofiltro do que no controle, possivelmente se deva a colaboração da comunidade microbiana diversificada existente nesse ambiente (HÜPEDEN *et al.*, 2020; SCHREIER *et al.*, 2010), incluindo grande quantidade de micróbios heterotróficos que degradam a matéria orgânica. Além do substrato do biofiltro, os micróbios podem habitar todo o ambiente de cultivo, flutuando como flocos ou células de vida livre ou formando biofilmes nas superfícies do sistema (BARTELME *et al.*, 2019).

5.6.6 Conversão Alimentar (CA)

A taxa conversão alimentar é expressa ao dividir a quantidade de ração total ingerida por um lote de animais de cultivo pelo ganho de peso total (SALHI *et al.*, 2004), ou seja, quanto pior a conversão alimentar, maior o gasto com ração. As médias das taxas de CA encontradas nos tratamentos foram (2,0±0,3) controle, (1,3±0,1) biofiltro, (1,3±0,3) verde e (1,2±0,3) no bioflocos. Segundo Kubitzka (1999), a conversão alimentar depende do sistema de produção, idade e tamanho dos peixes, sendo que os melhores índices estão na faixa de 1,4 a 1,8. Assim, de acordo com o autor, a conversão alimentar média mais elevada no controle (2,0±0,3) provavelmente, se deve a diferenças existentes desse cultivo dos peixes quando comparado aos ambientes biofiltro, verde e bioflocos do experimento que tiveram similar aproveitamento dos nutrientes.

Bioflocos promovem redução da conversão alimentar de juvenis de tilápia, que podem atingir uma taxa máxima de ~1,1 (MARTINS *et al.* 2017 & ALVES *et al.*, 2017), aumento no peso em animais filtradores (LUO *et al.*, 2014 e AZIM & LITTLE, 2008) e eficiência alimentar entre 20 e 25% maior do que no sistema convencional com troca de água (AZIM & LITTLE, 2008; KHANJANI *et al.*, 2021b). Os valores nesta pesquisa podem comprovar essa evidência, pois no bioflocos a conversão alimentar se apresentou menor do que no controle e o ganho de peso tendeu a ser o maior entre os tratamentos. Baixas taxas de conversão alimentar também foram encontradas na criação tilápias em bioflocos com fonte de carbono melação (KHANJANI *et al.* 2021c), resultando em menor taxa de conversão alimentar quando comparado ao tratamento controle sem bioflocos. Há relatos também da melhor eficiência protéica na combinação de bioflocos com alimentos artificiais (KHANJANI *et al.*, 2020a;

MIRZAKHANI *et al.*, 2019; WASIELESKY *et al.*, 2006). Nguyen *et al.*, (2018) compararam regimes de criação de peixes no bioflocos com de água limpa, onde observaram menor taxa de conversão alimentar no cultivo com bioflocos. Tendências semelhantes ao ocorrido no experimento.

6 Teste de Estresse

6.1 Salinidade

As médias do teste de estresse por salinidade não apresentaram diferença estatística significativa com (135,8±87,1 min) no controle, (116,4±51,3 min) no biofiltro, (96,8±42,1 min) no verde e (101,3±55,7 min) no bioflocos evidenciando que os animais submetidos aos diferentes sistemas de cultivo são capazes de se adaptar ao ambiente salino.

Apesar dos juvenis de tilápia terem sofrido um choque osmótico, peixes apresentam uma capacidade de se adaptar, até podendo ser criados sob distintas salinidades (ESTEVES, 1998), se ajustando fisiologicamente para suportar as variações de salinidade na água de criação (NAVADA *et al.*, 2019), principalmente quando estão sujeitos a boas condições de cultivo, o que pode justificar a similaridade dos resultados. Ao longo do tempo trabalhos têm relatado que a *O. niloticus* apresenta bom desenvolvimento em salinidades de até 18 g L⁻¹ sem prejudicar a sobrevivência (AL-AMOUDI, 1987; SCHOFIELD *et al.*, 2011), no entanto, podem reduzir crescimento em 60% (CNAANI; HULATA, 2011), e em água com teor de sal (> 30 g L⁻¹). Há relatos de salinidades acima de 20 g L⁻¹ causando prejuízos, à espécie (KAMAL; MAIR, 2005), enquanto em outros estudos os peixes se adaptaram a salinidades de até 25 g L⁻¹ (PEREIRA *et al.*, 2016).

7 Fator de Condição Fulton (K)

Fator de condição é um indicativo quantitativo que permite avaliar o bem-estar do peixe (LE CREN, 1951), e pode ser utilizado na piscicultura para certificar o adequado manejo produtivo dos peixes (SALARO *et al.*, 2015). De acordo com Gomiero *et al.* (2010),

este fator deve permanecer constante, independentemente do tamanho que o peixe possa atingir em um determinado período.

Os fatores de condição dos juvenis desse estudo não apresentaram diferença significativa entre o controle ($3,27 \pm 0,43$), biofiltro ($4,18 \pm 3,29$), verde ($3,86 \pm 1,66$) e o bioflocos ($3,66 \pm 0,46$). Resultados similares do fator de condição de Fulton de *O. niloticus* também foram observados para diferentes condições de produção, desde que os peixes estivessem sob boas condições de cultivo (BLUM, 2018; BAILEY *et al.* 2000; MAEDA *et al.* 2006; PEDREIRA *et al.*, 2012) denunciando a adaptabilidade dos peixes.

8 Comparação entre Rendimento dos Sistemas

Ao comparar os níveis médios de sobrevivência dos animais criados entre os quatro ambientes: Controle (91,7%), Biofiltro ($95,8 \pm 8,3$), Verde e Bioflocos (100,0%) esses mostraram-se estatisticamente iguais nesse experimento. Sendo a sobrevivência no BFT (100,0%), numericamente, maior do que no tratamento controle (91,7%) e os valores médios de sobrevida no Biofiltro ($95,8 \pm 8,3$) similares aos índices (95%) encontrados em outros trabalhos envolvendo o cultivo com tilápia *O. niloticus* em sistema de recirculação (RAKOCY, 2012; COELHO *et al.*, 2014; MOYA *et al.*, 2014; LAM *et al.*, 2015). Outros ensaios com biofiltro contendo substratos diversos, também não apresentaram diferença significativa nos resultados de sobrevivência no cultivo de tilápia (RHIDA & CRUZ, 2001; PEDREIRA *et al.*, 2009).

As taxas médias de sobrevivência (100%) dos animais criados em ambientes Água Verde e Bioflocos foram semelhantes às encontradas por Luo *et al.* (2014), que abordaram os aspectos de crescimento e bem-estar de tilápia do Nilo cultivadas em sistema de recirculação e em bioflocos.

Os percentuais de sobrevivência média foram satisfatórios principalmente, nos sistemas Água Verde e Bioflocos apesar de ocorrerem baixos índices de temperatura (23 a 24°C), ao longo do período de estudo, entre os tratamentos. A faixa de temperatura, embora seja um pouco abaixo da temperatura ótima para o cultivo de larvas de tilápia de 28°C proposta por El-Sayed & Kawanna (2008), proporcionou boas taxas de crescimento e

sobrevivência aos juvenis de tilápia. Portanto, acredita-se que estes parâmetros de baixa temperatura não limitaram o crescimento e a sobrevivência dos animais cultivados nesse ensaio em razão do potencial de tolerância dos peixes (GRAEFF & AMARAL JÚNIOR, 2004) As altas taxas de sobrevivência de tilápia encontradas no estudo de Souza et al., (2019) em BFT foram justificadas como um fator de tolerância dos peixes à permanência em diferentes concentrações de salinidades e comprovam os benefícios do bioflocos no cultivo da espécie *O. niloticus*.

Estudos de Ekasari *et al.* (2015) monitoraram a criação de larvas de tilápia em ambiente BFT (melaço com 53% de carbono, relação de C/N (10:1) e em sistema convencional de cultivo (controle) em que a sobrevivência das larvas criadas em BFT foi maior (90-98%) do que no tratamento controle (67-75%) onde foi visto uma menor uniformidade nas larvas. Pérez-Fuentes *et al.* (2016), também utilizando melaço como fonte de carbono em BFT, analisaram diferentes proporções na relação C/N (10:1; 15:1 e 20:1) em sistema bioflocos de alta densidade e concluíram que a taxa de sobrevivência dos juvenis de tilápia criados em BFT na razão C/N (10:1) foi de 10% a mais que o tratamento controle (sistema convencional). Semelhante ao presente experimento onde os níveis sobrevivência de juvenis de tilápia criados no controle foi de 91,7% e no BFT de 100%. Lima *et al.* (2018), no cultivo de tilápia *O. niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes fontes de carbono orgânico, obteve uma taxa de sobrevivência entre 80,3 e 99,1%.

Gallardo-Collí *et al.* (2019) evidenciaram em trabalho que o cultivo intensivo de tilápia do Nilo pode ser estabelecido usando água reutilizada de sistemas de bioflocos durante o período de crescimento sem que haja efeitos negativos na sobrevivência e desempenho produtivo dos peixes. Além disso, os sistemas BFT são adequados para alcançar aumento de desempenho de crescimento e da taxa de sobrevivência da tilápia do Nilo ao utilizar fonte de carbono à base de jaggery (açúcar de palmeira), sendo assim, o BFT é considerado como um sistema de aquicultura seguro e integrado (ELAYARAJA *et al.* 2020).

Na aquicultura, uma das principais razões para a redução da sobrevivência dos peixes é o estresse resultante das altas flutuações nos parâmetros de qualidade da água, como oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito e TAN (SANTACRUZ-REYES & CHIEN 2012; AVNIMELECH, 2012). E isso não ocorreu nesse estudo sendo que as concentrações de amônia, nitrito, nitrato, fosfato e oxigênio dissolvido foram estatisticamente iguais.

Os valores médios de consumo de ração comercial nos quatro tratamentos apresentaram-se estatisticamente iguais no presente estudo. Apesar das tilápias encontrarem no ambiente do Bioflocos organismos como, por exemplo, fitoplâncton e bactérias floculadas dos quais se alimentam por meio de processo da filtração, diferente do ambiente de água limpa, não houve diferença no consumo (AVNIMELECH, 2015; BHUJEL, 2014). O resultado desse parâmetro pode indicar que as necessidades nutricionais para o crescimento dos juvenis de tilápias foram igualmente satisfeitos em todos os sistemas avaliados.

Porém, é interessante notar que no ensaio de Nguyen, (2018) o ambiente de floco contribuiu para a sobrevivência significativamente maior dos peixes e pôde proporcionar efeitos adicionais (probiótico, barreiras de transmissão de patógenos) que minimizam a vulnerabilidade dos animais aquáticos a doenças (BOAVENTURA, *et al.*, 2018; QI, *et al.*, 2020), além do estritamente nutricional como sugerido por Avnimelech (2015). Além disso, em estudos Ekasari *et al.* (2015) encontraram dados em que sistema BFT proporcionou maior sobrevivência dos animais (75-80%) quando infectados por *Streptococcus agalactiae* em relação ao tratamento controle (55%). Isso se deve ao fato de o BFT também ser capaz de atuar como fonte de bioativos compostos que melhoram os mecanismos de defesa de animais aquáticos (EKASARI *et al.*, 2015a; LONG *et al.*, 2015; MENAGA *et al.*, 2019).

Os efeitos dos componentes de bioflocos, incluindo substâncias como enzimas digestivas e hepáticas (MOHAMMADI *et al.*, 2020a; MOHAMMADI *et al.*, 2020b; MIRZAKHANI *et al.*, 2019), no sistema imunológico da tilápia do Nilo, têm sido investigadas em vários estudos, (KHANJANI *et al.*, 2021b; KHANJANI & SHARIFINIA, 2021a; ANUSHA *et al.*, 2020).

Bioflocos é notado como sistema de aquicultura seguro e com potencial de integração com outros sistemas que pode trazer vantagens aos animais de cultivo (ELAYARAJA *et al.* 2020). Um exemplo de benefício da integração entre sistema de BFT e RAS está na dinâmica da conversão dos excessos de ração usadas para o crescimento de animais cultivados no RAS, em biomassa microbiana, que por sua vez pode ser consumida como alimento pelos animais resultando em menor poluição da água (CHOO & CAIPANG, 2015). Já em relação aos peixes cultivos em “água verde”, o recurso alimentar alternativo está nas microalgas que compõem esse ambiente (CADIZ *et al.*, 2016).

A criação de larvas peixes em “água verde”, feita pela adição de diferentes concentrações de espécies de microalgas vivas (CHEN *et al.*, 2020) diluídas na água de

cultivo (MAJORIS *et al.*, 2018; MEIRELLES *et al.*, 2009; MOORHEAD & ZENG, 2011) beneficia o aumento da sobrevivência dos peixes na fase larval (NAAS *et al.*, 1992; PALMER *et al.*, 2007; STUART & DRAWBRIDGE, 2011), além de colaborar com o maior crescimento (COBCROFT *et al.*, 2012; NAAS *et al.*, 1992) e resposta alimentar desses animais (DEGIDIO *et al.*, 2018; PEREIRA-DAVISON & CALLAN, 2018).

No presente experimento não houve diferença estatística relacionada ao peso e ganho de peso em tilápias do Nilo nos ambientes Biofiltro e Bioflocos. De maneira contrária, tanto Luo *et al.* (2014) quanto Azim & Little (2008) relataram em trabalhos um melhor desempenho de crescimento em tilápias (*O. niloticus*) criadas em BFT em comparação com RAS. Ambos os autores atribuíram esses achados à capacidade da tilápia de consumir e utilizar efetivamente os nutrientes adicionais fornecidos pelos bioflocos de acordo Avnimelech (2015) que não estavam disponíveis no RAS.

Na comparação entre Bioflocos e Controle o peso e ganho de peso dos juvenis de tilápia foram maiores no Bioflocos (41,22±14,14 g; 36,97±15,66 g) em relação ao Controle (26,60±14,77 g; 23,25±14,98 g). Similar ao ensaio conduzido por Tavares *et al.* (2021) em que foi constatado o maior peso final individual dos peixes (9-10%) e maior produção líquida (45%) nos tanques BFT do que nos tanques de controle (sistema tradicional). Já, Long *et al.* (2015) ao fazerem um paralelo entre o peso individual de tilápias geneticamente melhoradas GIFT (*Improved Farmed Tilápia*) cultivadas em tratamento BFT e grupo controle obtiveram um aumento de 12,54% sistema Bioflocos. Esses pesquisadores também compararam ganho de peso e razão de eficiência protéica dos peixes no tratamento BFT com o grupo controle, e os resultados foram 9,46% e 22,2% maiores no BFT, respectivamente, indicando que o bioflocos o pode melhorar o crescimento, as atividades das enzimas digestivas e a resposta imune de tilápia do Nilo geneticamente melhoradas GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilápia*) (LONG *et al.*, 2015).

Em achados de Azim & Little (2008) e Luo *et al.* (2014) o desempenho de juvenis de tilápia do Nilo mostraram-se mais eficientes no BFT, corroborando com os resultados observados no presente estudo no qual o peso médio dos animais do BFT foi significativamente maior que do controle e essa vantagem pode ser atribuída ao consumo dos microrganismos presentes no BFT (AVNIMELECH, 2007; 2015).

No trabalho de Pérez-Fuentes *et al.*, (2016), que durou 6 meses, juvenis de tilápia do Nilo cultivados no tratamento BFT nas razões C/N (10:1 e 15:1) apresentaram após o quarto mês de cultivo aumento de peso dos peixes quando o sistema apresentava menor quantidade de sólidos suspensos e mais oxigênio dissolvido, estimulando o desempenho de crescimento (PÉREZ-FUENTES *et al.*, 2016). Semelhantemente ao encontrado no presente estudo, verificou-se um maior peso dos juvenis de tilápia no bioflocos do que no ambiente controle, contudo aqui a taxa de oxigênio dissolvido não diferiu entre os tratamentos, provavelmente pela manutenção da relação C/N de 6:1.

No estudo Huang *et al.*, 2021, avaliou-se o desempenho de crescimento e peso corporal final do camarão *Penaeus vananmei* (PL) na fase pós-larval (~0,72 g) no sistema de bioflocos de reuso de água (RS) e no sistema com renovação de água (ESPARZA-LEAL *et al.*, 2016, LUO *et al.*, 2019, PONCE-PALAFOX *et al.*, 2019, REZENDE *et al.*, 2018). Os melhores resultados, no entanto, foram obtidos nas pós-larvas no sistema com renovação de água onde parâmetros foram significativamente maiores do que no bioflocos ($p < 0,05$) (Huang *et al.*, 2021). Em contrapartida, Krummenauer *et al.* (2014) demonstraram que o crescimento de juvenis de camarão foi melhor no sistema de bioflocos com reuso de água do que no controle. Isso se deve, possivelmente, a capacidade que os juvenis de camarão (0,40–3,43 g) de se alimentar de detritos presentes em sistema de bioflocos, de forma eficiente, e pelo motivo de se adaptarem com sucesso às condições de desenvolvimento em espaços com água reutilizada (RS).

Em outro estudo Laice *et al.* (2021), durante 40 dias, examinaram o efeito dos simbióticos associados ao sistema de bioflocos no desempenho da fase inicial de crescimento de tilápia do Nilo (30 a 35 g) e demonstraram que esse tipo de filiação tem potencial para melhorar o crescimento de desempenho (77,28 g). Microrganismos contidos no BFT como as bactérias probióticas *B. subtilis* e *B. megaterium* foram capazes de aumentar o desempenho de crescimento e a taxa de sobrevivência de tilápias do Nilo geneticamente melhoradas GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilápia*), a medida que capacidade antioxidante e imunológica dessas duas cepas contribuíram para o cultivo dos animais (MENAGA *et al.* 2020).

No experimento conduzido por Furuya (2010) houve diferença no fator de conversão alimentar entre peixes em tratamentos com bioflocos com 30% e 50% de adição de melão, sendo que o tratamento com maior aplicação de melão influenciou negativamente no resultado da conversão alimentar dos animais que apresentaram sinais de estresse. Nesse

sentido, o fator de conversão alimentar pode ser aumentado em sistemas de criação onde exista elevado nível amônia não ionizada ($> 0,144 \text{ mg L}^{-1}$), refletindo assim em baixa sobrevivência dos peixes (EL-SHAFI *et al.*, 2004).

Ahmad *et al.* (2017) afirmam que o aumento de nutrientes resultante da formação de biomassa microbiana na tecnologia BFT, seja responsável pelo maior potencial de alimento nesse ambiente em relação a sistemas tradicionais de cultivo (CRAB *et al.*, 2007; DE SCHRYVER *et al.*, 2008). Essa realidade conseqüentemente gera mais uma fonte de alimento aos animais cultivados (AVNIMELECH, 2006) causando melhoria da taxa de conversão alimentar pela utilização da alimentação natural *in situ* (KRUMMENAUER *et al.* 2014).

Long *et al.* (2015) comparou a conversão alimentar entre tilápias geneticamente melhoradas GIFT, alocadas no tratamento BFT com um grupo controle, e os resultados obtidos foram favoráveis aos animais criados no BFT onde a taxa de conversão alimentar foi 17,5% menor que no controle.

Brol *et al.* (2017) e Martins *et al.* (2017) ao conduzirem a criação tilápia do Nilo em BFT com pesos iniciais de aproximadamente 3,1 e 3,7 g, e duração de 42 e 60 dias, respectivamente encontraram valores semelhantes entre si, com conversão alimentar de 1,2, 5% dia^{-1} e sobrevivência de 80%, aproximadamente. A conversão alimentar média de 1,2 % dia^{-1} e sobrevivência de 100% obtidas em BFT no presente estudo foram correlatas ao resultado dos pesquisadores. É razoável supor que o crescimento de peixes em sistemas BFT se deva às concentrações de alimentos suplementares (ou seja, bioflocos microbianos) (EMERENCIANO *et al.*, 2017). Visto que grande percentual do aumento da taxa de eficiência protéica dos peixes criados nesse sistema, provavelmente, seja efeito da recirculação do nitrogênio perdido na água de cultivo que é recapturado pelos micróbios e depois re-ingrido pelos peixes (RAY & LOTZ, 2017).

Caldini *et al.* (2015) constataram uma menor taxa de conversão alimentar (1,25) e a maior produção diária ($23 \text{ g m}^{-3} \text{ dia}^{-1}$) de juvenis de tilápia do Nilo alimentados com dietas compostas por 75% de dieta concentrada e 25% de bioflocos úmidos em comparação com aqueles que consumiram bioflocos seco.

O fator de condição pode ser afetado por fatores como a diferença de salinidade e essa situação foi constatada por Luo *et al.* (2017) ao avaliar o crescimento de tilápias cultivadas

em sistema de bioflocos nas seguintes salinidades de 0, 10 e 20 g L⁻¹, obtendo uma conversão alimentar de 1,4, 1,39 e 1,46, respectivamente.

Quanto aos valores médios do TCE esses foram maiores no biofiltro (4,37±0,87 % dia⁻¹) e bioflocos (4,46±0,81% dia⁻¹) em comparação ao controle (3,61±1,03b % dia⁻¹). Semelhantes taxas de crescimento de animais criados em sistemas de bioflocos (e seus controles) também foram relatados em cultivos de camarão branco (XU *et al.*, 2012) e *rohu* (MAHANAND *et al.*, 2013). No presente estudo, houve também um ligeiro aumento no peso corporal e comprimento dos juvenis de tilápias criados em bioflocos em comparação aos juvenis de tilápias criados em água controle estando o peso com diferença significativa e o comprimento dos juvenis sem diferença significativa.

Luo *et al.* (2017) registraram valor para taxa de crescimento específico em tilápias alocadas em sistema de bioflocos acima de 1,75% ao dia, inferior ao encontrado no presente estudo com TCE média de 4,46% ao dia. Lawson & Anetekhai, (2011) obtiveram baixas taxas de crescimento para indivíduos da espécie *O. niloticus* quando expostos a salinidades de 8 e 10 g L⁻¹, sendo que aqueles expostos a salinidade de 8 g L⁻¹ também apresentaram baixo apetite. Em não conformidade com esses relatos Alvarenga *et al.* (2018), registraram as melhores taxas de crescimento em salinidades de 4 e 8 g L⁻¹ para alevinos de tilápia (*O. niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos. Mena-Herrera *et al.* (2002) não encontraram em experimento nenhuma diferença significativa na taxa de crescimento específico de tilápias cultivadas em ambientes com as salinidades entre 0 e 15 g L⁻¹.

No estudo de Long *et al.*, (2015) o BFT aumentou significativamente a taxa de crescimento específico dos peixes e o rendimento líquido em comparação ao tratamento controle. Por outro lado, em trabalho de Ray & Lotz, (2017) com RAS e bioflocos foi encontrado melhor crescimento e maior taxa da sobrevivência em camarão branco (*L. vannamei*) criado no RAS em relação ao bioflocos, apesar do próprio bioflocos ser considerado fonte nutricional a estes animais. Um achado um tanto semelhante foi encontrado com juvenis de tainha (*Mugil cephalus*) e tenca (*Tinca tinca*), nos quais BFT diminuiu significativamente a sobrevivência e crescimento desses indivíduos em comparação com RAS (Vinatea *et al.*, 2018). Ray & Lotz (2017) e Vinatea *et al.* (2018) sugeriram que os achados de baixo desempenho de animais cultivados em sistemas BFT podem ser justificados por níveis, consistentemente, mais altos de amônia-N e/ou nitrito-N que, possivelmente, foram mais bem gerenciados com animais criados RAS.

Um estudo comparativo sobre o papel de RAS e BFT no crescimento de alevinos de *Tinca tinca* revelou que a comunidade microbiana era relativamente melhor no RAS do que no BFT, possivelmente em razão da maior diferença e diversidade microbiana encontrada no primeiro sistema (VINATEA *et al.* 2018). Em outro estudo, foi relatado que o BFT oferece melhor desempenho de crescimento para tilápia do Nilo, *O. niloticus* em mono e policultura com camarão gigante de água doce, *Macrobra chium rosenbergii*. em comparação com o RAS (HISANO *et al.* 2019). No entanto, o melhor desempenho de crescimento dos animais da aquicultura pode ser o resultado do adequado valor nutricional do biofloco, principalmente pelo alto teor de proteínas e gordura, pois seu peso seco varia de 25 a 50% e 0,5 a 15%, respectivamente. Também é uma boa fonte de vitaminas e minerais, particularmente fósforo (VERSTER, 2017). Assim, os sistemas RAS e BFT desempenham um papel significativo na otimização do desempenho de crescimento de animais aquáticos, resultando na redução dos gastos de produção (FLECKENSTEIN *et al.* 2018).

Quanto ao fator de condição, ou seja, indicadores de bem-estar também foram comparados entre os quatro tratamentos e não registraram diferença significativa onde os valores mínimo e máximo, ficaram entre (3,27±0,43) Controle e (4,18±3,29) Biofiltro, respectivamente. Os resultados obtidos nesse estudo são semelhantes aos encontrados por Blum (2018), Bailey *et al.* (2000) e Maeda *et al.* (2006) que também não verificaram alterações no fator de condição de *O. niloticus* em tanques de cultivo em diferentes densidades de estocagem.

Os resultados promissores do fator de condição Fulton no biofloco podem ser explicados pelo fato desse sistema de cultivo ser fonte de compostos orgânicos, incluindo carotenóides, clorofilas, bromofenóis, fitoesteróis e antibacterianos que têm um efeito positivo sobre os fatores imunológicos de espécies aquáticas cultivadas (CRAB *et al.*, 2010; JU *et al.*, 2008; NAJDEGERAMI *et al.*, 2016; BAKHSHI *et al.*, 2018; MIRZAKHANI *et al.*, 2019).

Tavares *et al.*, 2021 conduziram um estudo comparativo com os índices do fator de Fulton de tanques de controle e bioflocos nos quais não foram apresentadas diferenças significativas entre os dois ambientes, indicando a baixa carga de estresse dos peixes na presença de bioflocos. Para Becerril-Cortés *et al.* (2017) os benefícios dos insumos nutricionais (bioflocos) se refletem não somente no sucesso da sobrevivência nas culturas de

espécies, mas também, em maiores taxas de crescimento, melhoria na alimentação e fatores de conversão.

Os níveis do parâmetro tempo de tombamento entre os quatro tratamentos mostraram-se estatisticamente iguais. Estes resultados podem ter sido encontrados devido a capacidade de tolerância a salinidade das tilápias. Mena-Herrera *et al.* (2002) não encontraram diferença significativa para o peso final, ganho de peso diário de tilápias cultivadas em ambientes com as salinidades entre 0 e 15 g L⁻¹, onde a maior salinidade apresenta uma menor concentração de oxigênio. Apesar deste resultado neste experimento Tavares *et al.* (2021) realizaram também um teste de estresse por salinidade e as larvas criadas em BFT tiveram sobrevivência de 72% e 42% em 1 h e 24 h, respectivamente, sendo este tempo significativamente maior do que para as larvas do tratamento controle, que mostraram uma sobrevivência de 33% e 5% nestes respectivos momentos. Os autores chegaram a conclusão portanto, que a tecnologia (BFT) pode proporcionar melhores índices de desempenhos durante a larvicultura em comparação aos sistemas convencionais de criação de peixes, o que indica também melhorias no desempenho econômico da atividade (TAVARES *et al.*, 2021).

Esses pontos analisados corroboram com o fato de que o BFT aumenta a taxa de sobrevivência, o desempenho de crescimento e a conversão alimentar em sistemas de piscicultura, sugerindo sua aplicação como uma alternativa mais econômica a outros sistemas de cultivo.

9 Cor do Peixe

Nesse estudo as médias relacionadas à coordenada regular b* (luminosidade) do teste de cor apresentaram diferenças significativas entre o biofiltro (15,9±2,0) e o bioflocos (9,5±1,1).

A diferença da pigmentação da pele nos juvenis pode ser relacionada aos sólidos suspensos, no sistema bioflocos, ambiente mais turvo e marrom-esverdeado, indicativo de atividade heterotrófica segundo Khanjani & Sharifinia (2020), se comparado ao biofiltro. Isso pode ser observado no sistema água verde, quando comparado ao biofiltro, devido a presença de organismos planctônicos que também deram ao sistema uma tonalidade de verde turva, porém menos acentuada que no bioflocos. E essa capacidade do indivíduo de modificação da cor de acordo com o ambiente é caracterizada como mimetização.

O valor do C* dos juvenis foi maior biofiltro (38,3±1,6), seguido de controle (35,8±2,2) e verde (34,9±1,6), que foram similares entre si seguidas dos valores observados para os juvenis mantidos no bioflocos (32,1±1,5).

Peixes têm a capacidade de mudar a coloração da sua pele em função da cor do ambiente, como se verifica para larvas de piabanha do pardo *Brycon vonoi* (COSTA *et al.* 2013) e de pacamã *Lophiosilurus alexandri* (PEDREIRA *et al.* 2018), juvenil de pacamã *L. alexandri* (COSTA *et al.* 2017), adultos de goldfish, *Carassius auratus* (ESLAMLOO *et al.*, 2013) dentre outras várias espécies e fases de desenvolvimento (MCLEAN, 2020). A claridade do ambiente também pode afetar a coloração da pele do peixe, como se verifica para juvenis de Chinese longsnout catfish *Leiocassis longirostris* Günther (HAN *et al.*, 2005), do cavalo marinho *Hippocampus erectus* Perry, 1810 (LIN *et al.*, 2009) e do peixe palhaço *Amphiprion clarkii* (UTHAYASIVA *et al.*, 2014). Contudo, por vezes essa diferença pode não ocorrer como no caso de juvenil de pacamã *L. alexandri* (SANTOS *et al.* 2019). A turbidez também tem sido associada à mudança de intensidade luminosa e da cor da pele do peixe, como observado neste experimento e descrito para goldfish (*Carassius auratus*) (DA CUNHA *et al.*, 2020) submetido ao sistema de água clara e ao de bioflocos, onde os animais submetidos ao bioflocos apresentaram sua pele mais escura, como observado para a tilápia do Nilo neste experimento.

Segundo Vera *et al* (2009), os peixes de água doce apresentam maior plasticidade de adaptação às variações ambientais, provavelmente em razão da instabilidade de seus ambientes.

Estudos sobre o processo de pigmentação da pele dos peixes são complexos e apresentam grande importância ao permitir melhor camuflagem, o que provavelmente dificulta o canibalismo (VOLPATO *et al.*, 2004), favorece a sobrevivência e o desempenho dos animais (PEDREIRA *et al.*, 2008, 2012). Algumas espécies de peixes teleósteos, ajustam a cor sua pele em resposta a mudanças na cor de fundo (SUGIMOTO *et al.*, 2000), o pode ocorrer como resultado de mecanismos de defesa (BOND, 1996). A pigmentação mais escura das larvas de peixes permite maior sobrevivência, uma vez que esta é fortemente relacionada à camuflagem (STUART-FOX & MOUSSALLI, 2008).

A coloração do ambiente pode influenciar em aspectos biológicos do animal (VOLPATO *et al.*, 2004), como na eficiência do comportamento predatório (SOARES *et al.*, 2001), no comportamento natatório (SANTOS *et al.* 2019), crescimento, comportamento agonístico (FANTA, 1995; MERIGHE *et al.*, 2004; MCLEAN *et al.*, 2008), atividades metabólicas (SOARES *et al.*, 2001; MERIGHE *et al.*, 2004; PEDREIRA *et al.*, 2008b; PEDREIRA *et al.*, 2012) e nível de estresse (MERIGHE, 2004) que podem ter efeito positivo ou negativo.

Neste estudo onde a taxa de sobrevivência foi máxima tanto no bioflocos quanto no tratamento verde, a água estava bem turva, o que pode ser positivo para o bem-estar dos juvenis de tilápias.

10 CONCLUSÃO

Todos os sistemas de cultivo de juvenis da tilápia do Nilo apresentam igual eficiência na sobrevivência. Os sistemas de recirculação com biofiltro, água verde e bioflocos melhoram as condições de cultivo para os animais à medida que proporcionam um ambiente com qualidade da água satisfatória o que reflete no bem-estar. A adaptabilidade dos peixes foi semelhante em todos os sistemas, o que significa que, independentemente do ambiente todos são indicados para o processo de intensificação na produção de juvenis de tilápia, pois apresentam potencial. Porém, houve diferença nos resultados de alguns parâmetros nos diferentes ambientes.

Os maiores ganho de peso, TCE e a melhor conversão alimentar foram encontrados nos sistemas com biofiltro e no bioflocos, que incrementam resultados de desempenho e crescimento, quando comparados ao sistema controle.

Os resultados dos testes de estresse por salinidade e de cor indicam uma boa adaptação dos animais as condições adversas em cultivos nos quatro tratamentos avaliados.

O sistema de recirculação e o bioflocos possuem potencial para compor um sistema híbrido ao diminuir a concentração de amônia e outros compostos tóxicos as tilápias mantendo a qualidade da água no primeiro e a melhor disponibilidade de alimento, o próprio bioflocos, rico em nutrientes, principalmente proteína e a um ambiente mais estável no segundo.

O biofiltro apresenta alto potencial para intensificar a produção por contribuir com substratos que auxiliam na manutenção dos parâmetros da qualidade da água. Já, o sistema de água verde obteve melhor conversão alimentar em relação controle devido, provavelmente à presença de microalgas, que também beneficiam na sobrevivência dos animais aquáticos.

Portanto, os sistemas de recirculação com biofiltro, água verde e bioflocos devem ser empregados e aprimorados, para o cultivo intensivo de juvenis da tilápia do Nilo.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technol.**, v. 15, p. 207–225, 1999.

ABDEL-TAWWAB, M. et al. Dissolvido Efeitos do nível de oxigênio e da densidade de estocagem no crescimento, utilização da ração, fisiologia e imunidade inata de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. **J. Appl. Aquac.** 26, 340-355, 2014. <https://doi.org/10.1080/10454438.2014.959830a>.

AGUILERA-RIVERA D, et al. Probiotic effect of floc on vibrios in the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 424: 215–219, 2014.

AHMAD, I.; et al. Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. **Aquaculture. Int.**, v.25, p.1215-1226, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0108-8>.

AL-HAFEDH, Y. S. & ALAM, A. Operation of a Water Recirculating Greenwater System for the Semi-Intensive Culture of Mixed-Sex and All-Male Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, **J. Appl. Aquaculture.**, 17:4, 47-59, 2005. DOI: 10.1300/J028v17n04_03.

ALABASTER, J. S. & LLOYD, R. 'Water quality criteria for freshwater fish. Elsevier, Butterworths, London, 1982.

ALAM, A. & AL-HAFEDH, Y. Diurnal dynamics of water quality parameters in an aquaculture system based on recirculating green water technology. **J. Appl. Sci. Environ. Mgt.** Vol. 10, n. 2, p. 19 – 21, 2006. ISSN 1119-8362.

ALI, M. A. et al. Efeitos da densidade no desempenho de crescimento e utilização alimentar de alevinos de tilápia do Nilo sob bioflocos sistema. **J. Egípcio de Nutrição e Alimentação**, v. 23, n.1, p. 183-195, 2020.

AL-AMOUDI, M. M. Aclimação de espécies de *Oreochromis* cultivadas comercialmente à água do mar - um estudo experimental. **Aquicultura.**, v. 65, n. 3, pág. 333-342, 1987.

ALVES, G. F. O. et al. Effect of the transfer at different moments of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to the biofloc system in formation. **Aquaculture.**, 479, 564–570, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.06.029>.

ALVES, L. S., MARTINS, L. A., JESUS, L. B. Avaliação da qualidade da água na bacia do rio Camarajipe (Salvador – Brasil): diagnóstico dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e determinação do IQA. **Rev. Brasileira de Meio Ambiente**, v.6, n.1, p.71-80, 2019.

ALVARENGA, E. R. et al. Moderate salinities enhance growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in the biofloc system. **Aquac. Res.** v 49, p. 2919–2926, 2018. <https://doi.org/10.1111/are.13728>.

ANUSHA S, N. T, HARIBABU P, AKSHAYA P Efeito de diferentes culturas baseadas em bioflocos no crescimento e resposta imune de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 8, n. 6, p. 176-180, 2020.

ANDRADE, D. S. & FILHO-COLOZZI, A. Microalgas de águas continentais, potencialidades e desafios do cultivo. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2014. ISBN: 978-85-88184-49-7.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA- PEIXE BR. Brasília: ACEB, n.1, 133 p., 2021.

AOAC INTERNATIONAL - Association of Officiating Analytical Chemists (2016). **Official Methods of Analysis**, In: Horwitz, W., Latimer Jr., G.W. (Orgs.), 20 ed., Washington. 2 v.

APHA, Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, DC, 2016.

ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura, Editora UFSC, 133p, Florianópolis, 2002.

ATTRAMADAL, K. J. K, et al. The effects of moderate ozonation or high intensity UV-irradiation on the microbial environment in RAS for marine larvae. **Aquaculture**, 330-333, 121-129, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.042>.

ATWOOD, H. L, et al. Tolerância a baixas temperaturas da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*: efeitos de fatores ambientais e dietéticos. **Aquaculture. Research**, 34.3: 241-251, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114512000025>.

AVNIMELECH Y, KOCHVA M, DIAB S. Desenvolvimento de sistemas de aquicultura intensivos controlados com troca de água limitada e relação carbono-nitrogênio ajustada. **Isr J Aquacult Bamidgeh**, v. 46, n.3, p.119–131, 1994.

AVNIMELECH, Y. Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquacult.**, v.176 n.99, p.227–235,1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)085-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)085-X).

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for a new comprehensive approach. **Aquaculture**, 34:172-178, 2006.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture.**, v.264, p.140–147, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>.

AVNIMELECH, Y. & KOCHBA, M. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15 653 N tracing. **Aquaculture.**, v.287, p.163-168, 2009.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology—A Practical Guide Book, **The World Aquaculture. Society**, 3rd ed., Baton Rouge, Louisiana, EUA, 2015. ISBN: 978-188880-7226.

AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology—A Practical Guide Book, 2nd ed. Baton Rouge, LA: **The World Aquaculture. Society**, 2012.

AZAM, F. et al. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series*, p. 257-263, 1983. doi: 10.3354 / meps010257.

AZIM, M. E, & LITTLE, D. C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture.**, v. 283, n 2935, p.1-4, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036>.

AZIM, M. E., LITTLE, D. C., BRON, J. E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresour Technol.**,v. 99, n.9, p.3590–3599, jun. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.063>.

BADIOLA, M. et al. Análise de Sistemas Recirculantes de Aquicultura (RAS): Principais questões de gestão e desafios futuros. **Aquac. Eng.**, v. 51: n. 26-35, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>.

BADIOLA, M. et al. Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. **Aquacult. Eng.**, v. 81, 2018.<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.03.003>.

BADIOLA, M., MENDIOLA, D., BOSTOCK, J., 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. **Aquac. Eng.** 51, 2635. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>.

BALDISSEROTTO, B. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *Rev. Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 138-144, 2011. ISSN 1806-9290.

BALOI, M. et al. Performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc systems with varying levels of light exposure. **Aquac. Eng.**, v. 52, p. 39–44, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.003>.

BAKHSHI, F., NAJDEGERAMI, E. H, MANAFFAR, R., TOKMECHI, A., FARAH, K. R., JALALI, A. S. Crescimento desempenho, hematologia, status antioxidante, resposta imune e histologia de carpa (*Cyprinus carpio* L.) alimentada com bioflocos cultivados em diferentes fontes de carbono. **Aquicultura Pesquisa** v. 49, p. 393-403, 2018.

BARBIERI, E. Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. **Aquaculture.**, v. 306, n.32, p.1–4, 2010. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.06.009.

BARTON, R. & HARVEY, P. Mosaic evolution of brain structure in mammals. **Nature**, v. 405, p.1055–1058, 2000. <https://doi.org/10.1038/35016580>.

- BAILEY, D. S. et al. Intensive production of tilapia fingerlings in a recirculating system. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE*, 5., 2000, Rio de Janeiro. Proceedings. Rio de Janeiro: **Pan. Aquic.**, v.2, p.328-333, 2000.
- BARTELME, R. P. et al. Component microenvironments and system biogeography structure microorganism distributions in recirculating aquaculture and aquaponic systems *Sphere*, v.4, n. 4, art. no. e00143-19, 2019. doi: 10.1128/mSphere.00143-19
- BECERRIL-CORTÉS et al. Importância nutricional para a aquicultura e função ecológica de dos microrganismos que compõem o Biofloc, uma revisão. **Int. J. Aqu. Sci**; 8 (2): 69-77, 2017, 2017.
- BELINTANO, A. L. O. et al. Sistema de aquaponia em escada: um estudo de caso. **Pubvet**, 14(1), 1-9, 2020. 10.31533/pubvet.v.14n1a500.
- BHUJEL, R. C. *Aquaculture and Aquatic Resources Management (AARM)*, School of Environment, Resources and Development (SERD), Asian Institute of Technology (AIT), Pathumthani, Thailand. Year of Publication. 2014. ISBN: 9781780641362. DOI:10.1079/9781780641362.0000.
- BITTENCOURT, F. et al. Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2323-2329, 2010.
- BOAVENTURA, T. P. et al. Influence of porosity of low-density polyethylene media on the maturation process of biofilters used in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture International**, 26, 1035–1049, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0266-y>
- BOSCOLO, W. R. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Rev. Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.
- BOND, C.E. *Biology of fishes*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1996. 750p.
- BOUWMAN, A. F. et al. Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 23, n.4, 2009. <https://doi.org/10.1029/2009GB003576>.
- BOYD, C. E. *Water quality in warmwater fish ponds*. AUBURN UNIVERSITY, 1979. ISBN:0817300554, 9780817300555.
- BOYD, C. E. *Qualidade da Água em Lagoas para Aquicultura*. Alabama: Birmingham Publishing Co. 482p., 1990.
- BOYD, C.E. & TEICHERT-CODDINGTON, D. Relationship between wind speed and reaeration in small aquaculture ponds. **Aquacult. Eng.**, v.11, p.121-131, 1992.
- BOYD, C. E. et al. Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. **J. World Aquacult. Soc.** 2020. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>.
- BOYD, C. E. & MC NEVIN, A. A. *Aquaculture, resource use, and the environment*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2015. 368p.doi:10.1002/9781118857915.

BOSSIER, P. & EKASARI, J. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. **Microb Biotechnol.**, 2017. Sep. v.10, n.5, p.1012–1016. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12836>.

BROL, J. et al. Desempenho de tilápias em tecnologia de bioflocos sob diferentes densidades de estocagem. **Arch. Zootec.** V.66, n.254, p.229-235, 2017

BURFORD, M. A. et al. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture.**, v.219, p.393-411. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00575-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00575-6).

BURFORD, M. A., et al. Uma síntese dos processos ecológicos dominantes em tanques de camarão intensivos e ambientes costeiros adjacentes no NE da Austrália. **Boletim de Poluição Marinha**, v.46, n.11, p.1456-1469, 2003.

BURFORD, M. A., et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero exchange system. **Aquaculture**, v.232, p.525–537, 2004. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00541-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00541-6).

CADIZ, et al. Comparative efficacies of green water tilapia and biofloc technology (BFT) in suppressing population growth of green Vibrios and *Vibrio parahaemolyticus* in the intensive tank culture of *Penaeus vannamei*. **ACL Bioflux**, 2016, Volume 9, Issue 2.

CALDINI, N. N. Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass, ISSN printed: 1806-2636. ISSN on-line: 1807-8672. **Acta Scientiarum.** Animal Sciences Maringá, v. 37, n. 4, p. 335-341, Oct.-Dec., 2015. Doi: 10.4025/actascianimsci.v37i4.27043.

CAVALCANTE, D. H. et al. Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. **Acta Scientiarum**, v.36, n.1, p.49-54, 2014. Doi: 10.4025/actascitechmol.v36i1.18995. C

CNAANI, A. & HULATA, G. Improving salinity tolerance in tilapias: past experience and future prospects. **The Israeli J. Aquacult.**, v. 63, n. 1, p. 1-21, 2011.

CIE-COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE, CIE 041-1978. Light as a true visual quantity: Principles of measurement, 1978.

CIE-COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ECLAIRAGE, 2017. Disponível em: <http://www.cie.co.at/>.

CHAN-VIVAS, E. et al. Does Biofloc Improve the Energy Distribution and Final Muscle Quality of Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1883). **J. World Aquacult. Society**, 2018.

CHENG, Y. M. et al. Effects of salinity and alkalinity on growth performance and muscle nutritional value and flavor of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fisheries Sciences*, 39(3), 341–349, 2020. <https://doi.org/10.16378/j.cnki.1003-1111>

CHEN, Z. Effects of flow velocity on growth and physiology of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture Research**, p.1–8, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15153>.

- CHEN, X.; LI, F.; LI, X.; HU, Y.; HU, P. Evaluating and mapping water supply and demand for sustainable urban ecosystem management in Shenzhen, China. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 251, p.119754-119765, abr. 2020.
- CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnol. Advances**, New York, v. 25, n. 3, p. 294–306, 2007. doi:10.1016/j.biotechadv.2007.02.001.
- CHOO, H. X. CAIPANG, C. M. A. Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture. A. A. C. L. I. **Bioflux Soc.** v.8, p. 362-366, 2015.
- CHOU, B.S. & SHIAU, S.Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. **Aquaculture.**, v.143, n.2, p.185-195, 1996.
- CRAB, R. et al. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 270, p. 1-14, 2007. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.05.006.71
- CRAB, R. et al. O efeito de diferentes carbonos fontes sobre o valor nutricional de bioflocos, um alimento para *Macrobrachium rosenbergii* pós-larvas. Pesquisa de Aquicultura, v. 41, p.559–567, 2010.
- COBCROFT, J.M. et al. The effects of tank colour, live food enrichment and greenwater on the early onset of jaw malformation in striped trumpeter larvae. **Aquaculture**, v.356–357, p.61–72, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.035>.
- COÊLHO, A. A. C., et al. Growth performance of Nile tilapia cultured in a recirculating water system with microalgae “*Spirulina platensis*” **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.15, n.1, p.149-159 jan/mar., 2014 <http://www.rbspa.ufba.br>. ISSN 1519 9940.
- COLE, W. M. et al. Effects of solids removal on Tilapia Production and water quality in continuously aerated, Outdoor tanks. In: Fitzsimmons K. (ed) Tilapia Aquaculture. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York, p. 373-384, 1997.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005. Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n.357, de 17 de março de 2005.
- CORREIA, J. E. et al. Comet assay and micronucleus tests on *Oreochromis niloticus* (Perciforme: Cichlidae) exposed to raw sugarcane vinasse and to physicochemical treated vinasse by pH adjustment with lime (CaO). **Chemosphere**, v.173, p.494-501, 2017. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.01.025.
- COSTA, D. C. et al. Larvicultura de piabanha-do-pardo em aquários de cores diferentes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48, 1005-1011, 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000800028.
- COSTA, D. C. et al. The effect of environmental colour on the growth, metabolism, physiology and skin pigmentation of the carnivorous freshwater catfish *Lophiosilurus alexandri*. **J. Fish Biology**, v. 90, n.3, p. 922-935, 2017. <https://doi.org/10.1111/jfb.13208>
- CRAIG. S. & HELFRICH, L.A. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 2009.

DA CUNHA, L. et al. Biofloc technology (BFT) improves skin pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*). **Aquaculture**, n.735132, 2020. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735132.

DRAAISMA, R. B. et al. Commodities alimentares de microalgas. **Curr. Opiniões Biotechnol.**, v.24, p.169-177, 2013. DOI: 10.1016 / j.copbio.2012.09.012.

DAUFRESNE, M. et al. O aquecimento global beneficia os pequenos nos ecossistemas aquáticos. Proceedings of the National Academy of Sciences, v.106, n.31, p.12788-12793, 2009. DOI: 10.1073 / pnas.0902080106.

DAUDA, A. B. et al. Produção de resíduos em aquicultura: fontes, componentes e manejos em diferentes sistemas de cultivo. **Aquacult. Peixe**, v. 4, p. 81-88, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>.

DIAZ, R. J. & ROSENBERG, R. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. **Science**, v.321, n.5891, p.926-929, 2008. DOI: 10.1126/science.1156401.

DAVIDSON, J. et al. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. **Aquacult. Eng.** v. 59, p. 30–40, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.aquacult.2014.05.002>.

DEGIDIO, J.M.L.A. et al. First feeding parameters of the milletseed butterflyfish *Chaetodon miliaris*. **Aquac. Res.** 49, 1087–1094, 2018.. <https://doi.org/10.1111/are.13558>.

DENG, X. et al. Growing *Chlorella vulgaris* on mixed wastewaters for biodiesel feedstock production and nutrient removal. **J. Chemical Technology & Biotechnology**, Amsterdam, v. 93, n.9, p. 2748–2757, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.171>.

DE SCHRYVER, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture** 277, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>.

DOS SANTOS, S. K. A. et al. Evaluation of growth and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with *Schizochytrium* sp. *Aquaculture Research*, v. 50, n.4, p.1068-1074, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.13979>.

DOUGALL, D. S. et al. Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass, *Morone saxatilis*. *J. World Aquaculture Soc.*, v. 27, p. 82-91, 1996.

DOZIC, A. et al. Kleverlaana CJ, Aartmanb IHA, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. **J. Prosthet Dent.**, v. 90 p. 563-70, 2003.

DURIGON, E. G. Biofloc technology (BFT): Adjusting the levels of digestible protein and digestible energy in diets of Nile tilapia juveniles raised in brackish water. **Aquacult. and Fisheries**, v.5, n.1, p.42-51, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.07.001>.

EBELING, J. M. et al. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquacult.** v.257, p.346-358, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>.

EKASARI, J., CRAB, R., VERSTRAETE, W. Primary Nutritional Content of Bio-Flocs Cultured with Different Organic Carbon Sources and Salinity. **Hayati: J. Biosciences**, 17, 125-130, 2010. <https://doi.org/10.4308/hjb.17.3.125>.

EKASARI, J., & MARYAM, S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. **Hayati: J. Biosciences**, v.19, n.2, p.73-80, 2012. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>

EKASARI, J. et al. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. **Aquaculture**, n 426-427, p. 105-111, 2014a. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.023>

EKASARI, J. et al. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. **Fish and Shellfish Immunology**, v.41, p. 332-339, 2014b. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.004>.

EKASARI, J. et al. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, v.441, p. 72-77, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.019>.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CABI Publishing, Oxfordshire, Reino Unido, p. 277, 2006. DOI: 10.1079/9780851990149.0000.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture (Second Edition) Academic Press, Elsevier Inc. Page, 358, Book, 2020. ISBN 978-0-12-816509-6, <https://doi.org/10.1016/C2017-0-04085-5>.

EL-SAYED, A. F. M. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. **Rev. Aquacult.** v.13, p. 676–705, 2021. DOI: 10.1111/raq.12494

EL-SAYED, A. F. M.; KAWANNA, M. Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system **Aquaculture Research**, v. 39, n. 6, p. 670-672, 2008.

EL-SHAFI, S. A. et al. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 232, n. 1-4, p. 117-127, 2004. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00516-7.

EL-SAYED, D. M. S. D. & GABER, M. M. A., Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. **Aquac. Res.** v 36, p. 163-171, 2005.

ELAYARAJA S, et al. Potential influence of jaggery-based biofloc technology at different C: N ratios on water quality, growth performance, innate immunity, immune-related genes expression profiles, and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish and Shellfish Immunology**, v.107, p. 118-128, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aquicultura. Circular Técnica, p. 14, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Monitoramento de qualidade de água das atividades aquícolas em reservatórios continentais brasileiros. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 72 p., 2016.

EMERENCIANO, M.G.C.; Wasielesky, W.; Soares, R.B.; Ballester, E.C; Izeppi, E.M. e Cavalli, R.O. Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de berçário em meio heterotrófico. **Acta Sci Biol Sci**, 29: 1-7, 2007.

EMERENCIANO, M. et al. Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. **Aquac. Res.** 2012a, 44, 75–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03012.x>.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). **Aquac. Res.** 2012b, 43, 447–457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x>.

EMERENCIANO, M., GAXIOLA, G., CUZON, G. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *In: Matovic, M.D. (Ed.), Biomass Now – Cultivation and Utilization. In Tech, London, p. 301–328, 2013.* <https://doi.org/10.5772/53902>.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality Management in Aquaculture. *In: tutu, H. (Ed.), water quality. In Tech, Rijeka, p. 91-109, 2017.* <https://doi.org/10.5772/66416>.

EMERENCIANO, M. et al. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture en Water Quality Edited by Hlanganani Tutu. ISBN 978-953-51-2881-6. pp 426. Publisher: InTech. Chapters published, Jan. 2017 under CC BY 3.0 license. <http://DOI:10.5772/66416>.

ESLAMLOO, K. et al. Effects of background colour on growth performance, skin pigmentation, physiological condition and innate immune responses of goldfish, *Carassius auratus*. **Aquacult. Res.**,v.46, n.1, p. 202–215, 2013. DOI:10.1111/are.12177.

ESPARZA-LEAL, Héctor M.; AMARAL XAVIER, João A.; WASIELESKY, Wilson. Desempenho de pós-larvas de *Litopenaeus vannamei* criadas em tanques de berçário indoor sob condições de bioflocos em diferentes salinidades e troca de água zero. **Aquaculture international**, v. 24, n. 5, pág. 1435-1447, 2016.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

FANTA, E., Influence of background color on the behaviour of the fish *Oreochromis niloticus* (Cichilidae). **Arq Biol. Tecnol.** 4, 1237-1251, 1995.

FERREIRA, P.; MARTINS, J. Crescimento econômico e consumo de água – Uma abordagem para planejamento de sistemas. 23º Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2005, Campo Grande. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1 CD-ROM, 2005.

FIMBRES-ACEDO YE, et al. *Oreochromis niloticus* aquaculture with biofloc technology, photoautotrophic conditions and *Chlorella* microalgae. **Aquacult. Res.** v.51, n.8, p. 3323-3346, 2020.

FAO. A Situação Mundial da Pesca e da Aquicultura 2016. Roma. ISBN: 978-92-5-309185-0, 2016.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals, 2018.

FIGUEIREDO, P. N. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. São Paulo em perspectiva. v.19, p.54-69, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392005000100005>.

FRACALOSSO, D. M. & CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, 2013, 375p.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde Manual Prático de Análise de Água (4a ed.). Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013, 150p.

FURUYA, W.M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001.

FURUYA, W. M. et al. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. [S.l: s.n.], 2010.

FURTADO, P. et al. Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquac. Int.**, v.23, p.315–327, 2015. DOI: 10.1007/s10499-014-9817-z.

FURTADO, P. S. et al. Cultivo de camarões marinhos com tecnologia de bioflocos: A influência da Alcalinidade, pH e CO₂. **Revista Panorama da Aquicultura**, p 44-53, 2013.

FURTADO, P. S. et al. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodiumbicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, 321:130–135,2011.

FLECKENSTEIN, L. J., TIERNEY, T. W., & RAY, A. J. Comparing biofloc, clear-water, and hybrid recirculating nursery systems (Part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality dynamics. **Aquacult. Eng.**, v.82, p.80–85, 2018. DOI:10.1016/j.aquaeng.2018.06.006

FLIK, G. et al. Effects of low ambient calcium levels on wholebody Ca²⁺ flux rates and internal calcium pools in the freshwater cichlid teleost, *Oreochromis mossambicus*. **J. Exp. Biol.**, v. 120, p. 249–264, 1986.

FLIK, G.; VERBOST, P.M.; BONGA, S.E. W. Calcium transport processes in fishes. **Fish Physiology**, v.14, p.317-342, 1995. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60251-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60251-4).

GAO, L. et al. Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange system. **Aquaculture**, 2012, 342–343, 89–96. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.02.022.

GARCÍA-CHAVARRÍA, M. & LARA-FLORES, M. The use of carotenoid in aquaculture. **Res. J. Fisheries and Hydrobiology**, v. 8, n. 2, p. 38-49, 2013. ISSN 1816-9112.

GALLARDO-COLLÍ A, Pérez-Fuentes M, Pérez-Rostro CI, Hernández-Vergara MP (2020) Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, L. subjected to cyclic periods of feed restriction and feeding in a biofloc system. **Aquaculture Research** 51(5): 1813-1823.

GEORGE, W. L. Official methods of analysis of AOAC International, Editora: Rockville, 20th Ed., 2016.

GICHANA, Z. Waste management in recirculating aquaculture system through bacteria dissimilation and plant assimilation. **Aquaculture International**, **26**, 1541–1572, 2018.

GODOY-OLMOS, S. et al. Influence of filter medium type, temperature and ammonia production on nitrifying trickling filters performance. **J. Environ. and Chemical Eng.**, **4**, 328–340, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.11.023>.

GODFRAY, H. C. J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people **Sci.**, v.327.5967: 812-818, 2010. DOI: 10.1126 / science.1185383.

GUMBI, S. T. et al. Isolation, identification and high-throughput screening of neutral lipid producing indigenous microalgae from South African aquatic habitats. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Heidelberg, v. 182, n. 1, p. 382–399, 2017. Doi: 10.1007/s12010-016-2333-z.

GHIMIRE, A., et al. Bio-hythane production from microalgae biomass: Key challenges and potential opportunities for algal biorefineries. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 241, p. 525–536, 2017. DOI: 10.1016 / j.biortech.2017.05.156.

GUTIERREZ-WING, M. T. & MALONE, R. F. Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacult. Eng.**, v. 34, n. 3, p. 163-171, 2006. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2005.08.003.

GREEN, BW, et al. Effects of dietary protein content on hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*) performance, common microbial off-flavor compounds, and water quality dynamics in an outdoor biofloc technology production system. **Aquaculture**, v 503, p.571-582, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.034>.

GREINER, A. D., TIMMONS, M. B., 1998. Evaluation of the nitrification rates of microbead and trickling filters in an intensive recirculating tilapia production facility. **Aquacult. Eng.** v 18, p. 189–200.

GOMIERO, L. M.; VILLARES-JUNIOR, G. A.; BRAGA F. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 101-105. 2010.

GUERREIRO, P. M. & Fuentes, J. Control of calcium balance in fish. *Fish. Osmoregulation*, p. 427-495, 2019.

HAN, D., et al. Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). **Aquaculture**, 248(1-4), 299-306, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.016>.

- HASHIM, R. Sustaining Aquaculture Development: The Feeds and Feeding Connection. PAPER PRESENTED AT SUSTAIN FISH. Cochin, India, p.16 – 18 March, 2005.
- HANSEN, R. G. J. M. et al. Regulation of secretion of the teleost fish hormone stanniocalcin: effects of extracellular calcium. **Gn. Comp. Endocrinol.**, v. 84, p. 155-163, 1991.
- HAYASHI, C. et al. Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.21, n. 3, p. 733-737, 1999.
- HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacult. Eng.**, 2006, 34: 344-363 doi:10.1016/j.aquaeng.2005.08.009.
- HARGREAVES, J. A. Biofloc production systems for aquaculture. SRAC Publication, No4503, 2013.
- HAYASHI T. & HAYASHI K. Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication from a bluegreen alga *Spirulina platensis*. **Journal of Natural Products**, v.59, p. 83–87, 1996.
- HAGOPIAN, D. S & RILEY, JG, Um olhar mais atento sobre a bacteriologia da nitrificação. **Aquac. Eng.** v.18, p. 223-244, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00032-6).
- HEINEN, J. M. et al. Qualidade da água e produção de resíduos em um sistema de recirculação de cultura de trutas com alimentação de uma dieta de alta ou baixa energia. **Aquacult. Res.**, v.27, n.9, p.699-710,1996. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1996.t01-1-00778.x>.
- HELFRICH, L. A., LIBEY, G. **Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS)**. Virginia State Cooperative Service, 1991.
- HEO, Y. M. et al. An integrative process for obtaining lipids and glucose from *Chlorella vulgaris* biomass with a single treatment of cell disruption. **Algal Res.**, Amsterdam, v. 27, p. 286–294, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.09.022>
- HELDBO, J. Sistemas de Recirculação - A Vanguarda da Aquicultura Dinamarquesa. **Panorama da Aquicultura**, 2015, v. 25, n. 148, pág. 14-23.
- HISANO H, Parisi J, Cardoso IL, Ferri GH, Ferreira PMF Redução de proteína dietética para Alevinos de tilápia do Nilo criados em tecnologia de bioflocos. **Jornal da Aquicultura Mundial Sociedade** 51(2): 452-462, 2020.
- HOPKINS, J. S., et al. A review of water management regimes which abate the environmental impact of shrimp farming. *In*: C.L., Browdy, J.S., Hopkins (Eds.), *Swimming through troubled water*. **World Aquacult. Society**, Baton Rouge, Louisiana, USA, p. 13–22, 1995.
- HOSSAIN, M. A. & Yoshimatsu, T. Dietary calcium requirement in fishes. **Aquacult. Nutrition**, v. 20, n.1, p.1-11, 2014. <https://doi.org/10.1111/anu.12135>.
- HU, Z., et al. Efeito de espécies vegetais na recuperação de nitrogênio em aquaponia. **Biorecurso Tecnologia**, v.188, p.92-98, 2015.

HÜPEDEN, J. et al. Taxonomic and functional profiling of nitrifying biofilms in freshwater, brackish and marine RAS biofilters. **Aquacult. Eng.**, v.90, August, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102094>.

HWANG, P. P. et al. Effect of environmental calcium levels on calcium uptake in tilapia larvae *Oreochromis mossambicus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.15,n.5, p. 363-370, 1996. DOI: 10.1007/BF01875578

HUANG, et al. Water quality, shrimp growth performance and bacterial community in a reusing-water biofloc system for nursery of *Penaeus vananmei* rearing under a low salinity condition, **Aquaculture Reports**, v. 21, n. 100894, ISSN 2352-5134, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100894>.

JAUNCEY, K. Nutritional requirements. In: Beveridge, M.C.M., McAndrew, B.J. (eds) Tilapias: Biology and Exploitation. **Fish and Fisheries Series**, v. 25, 2000. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4008-9_9.

JIMÉNEZ-OJEDA, Y. K. et al. Dynamics and use of nitrogen in Biofloc Technology – BFT. *Aquacultura, Aquário, Conservação e Legislação*, v. 11, n. 4, pág. 1107-1129, 2018. **AAFL Bioflux** 11:1107-1129.

JENSEN, G.; GINSBERG, D. I. & DRAPEAU, C. Blue-green algae as an immuno-enhancer and biomodulator. *Journal of the American Nutraceutical Association*. **JANA**, 3. 24-30, 2001.

JEONG, D. et al. Effects of salinity on nitrification efficiency and bacterial community structure in a nitrifying osmotic membrane bioreactor. **Process Biochemistry**, v. 73, p. 132-141, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2018.08.008>.

JONES, S. W, et al. Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. **Curr Opin Biotech.**, v.61, p.189–197, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>.

JU, Z. Y., FORSTER, I. & DOMINY, W. G. Effects of supplementing two species of marine algae or their fractions to a formulated diet on growth, survival and composition of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 292, p. 237–243, 2009.

JU, Z.Y. Effects of microalgae-added diets on growth performance and meat composition of tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Aquacult. Res.**, v.48, p.5053–506, 2017. DOI:10.1111/are.13322.

JU, Z.Y. et al. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp floc or floc fractions to a formulated diet. **Aquacult. Res.**, v.14, p. 533–543, 2008.

KANAKIDOU, M. et al. Fluxos atmosféricos de N e P orgânicos para o oceano global. **Global Biogeochemical Cycles**, v.26, n.3, 2012. <https://doi.org/10.1029/2011GB004277>.

KARASU B. A. C & G. KÖKSAL. 2005. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29, 339–344. ISSN: 1300-0128.

- KHANJANI, M. H. et al. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquacult. Res.**, v.48, p.1491-1501, 2017.
- KHANJANI, M. H. & SHARIFINIA, M. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. **Reviews in Aquaculture**, v.12, n.3, p.1836-1850, 2020 a.
- KHANJANI, M. H. & Sharifinia, M. Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. **Reviews in Aquaculture**, 2020 b. DOI:10.1111/raq.12412
- KHANJANI, M. H., ALIZADEH, M., SHARIFINIA, M. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: the effects of different food sources and salinity levels. **Aquac. Nutr.**, v.26, p.328–337, 2020c. <https://doi.org/10.1111/anu.12994>.
- KHANJANI, M. H, SHARIFINIA, M, HAJIREZAEI, S. Effects of different salinity levels on water quality, growth performance and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultured in a zero water exchange heterotrophic system. **Annals of Animal Sciences**, v. 20, n.4, p.1471-1486, 2020 d.
- KHANJANI, M. H. & SHARIFINIA, M. Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in a limited water exchange system: The effect of different light levels. **Aquacult.**, v.542, n.736912, 2021a.
- KHANJANI M. H. & SHARIFINIA, M. Biofloc technology with addition molasses as carbon sources applied to *Litopenaeus vannamei* juvenile production under the effects of different C/N ratios. **Aquacult. Internat.**, 2021b. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00803-5>.
- KHANJANI, M. H., GHAEDI, G. & SHARIFINIA, M. Effects of diets containing β -glucan on survival, growth performance, hematological, immunity and biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. **Aquacult. Res.**, 2021c. <https://doi.org/10.1111/are.15712>.
- KHANJANI, M. H., SHARIFINIA, M., & GHAEDI, G. β -glucan as a promising food additive and immunostimulant in aquaculture industry. **Annals of Animal Science**, 2021d. DOI: 10.2478/aoas-2021-0083.
- KAMAL, A. H. M. M. & MAIR, G. C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture*, v.247, p. 189-201, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.008>
- KIM, J., et al. Impactos das mudanças no clima e uso da terra / cobertura da terra nos cenários RCP do IPCC no fluxo dos rios na Bacia do Rio Hoeya, Coreia. **Ciência do Ambiente Total**, v.452, p.181-195, 2013.
- KIM, G. Y., et al. Cultivation of four microalgae species in the effluent of anaerobic digester for biodiesel production. **Bioresource Technology**. Amsterdam, v. 224, p. 738–742, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.06.019>.
- KIM S, et al. Effect of bioflocs on growth and immune activity of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture Research**, v.45, p.362–371, 2014.
- KINYAGE, J. P. H., PEDERSEN, P. B., & PEDERSEN, L. F. Effects of abrupt salinity increase on nitrification processes in a freshwater moving bed biofilter. *Aquacultural Engineering*, v.84, p.91–98, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.12.005>

- KOLAREVIC, J. et al. Molecular and physiological responses to long-term sublethal ammonia exposure in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquatic Toxicology**, v. 124, p. 48-57, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.07.003>.
- KRUMMENAUER, D. et al. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 5, p. 726-733. 2011.
- KRUMMENAUER, Dariano et al. O reuso de água na cultura do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, em sistema BFT. **Revista da Sociedade Mundial de Aquicultura**, v. 45, n. 1, pág. 3-14, 2014.
- KUBITZA, F. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Jundiaí: **Rev. e Ampl.**, 3. ed., 123 p., 1999.
- KUBITZA, F. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v.10, n.59, p.44-53, 2000.
- KUBITZA, F. An overview of tilapia aquaculture in Brazil. *In*: 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ISTA. 2004.
- KUBITZA, F. Recria e engorda de tilápias em viveiros escavados. Jundiaí: **Acqua Imagem**, 2012. ISBN: 978-85-7664-190-2.
- KUHN, D. D, et al. Use of microbial flocs generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems. **J. World Aquacult. Society**, 39: 72-82, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00145.x>.
- KUHN, D. D. et al. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquacult.**, v. 309, n. 1-4, p. 109-114, 2010.
- LALL, S. P. & LEWIS-MCCREA, L. M. Role of nutrients in skeletal metabolism and pathology in fish - An overview. **Aquacult. Nutr.**, v.267, p.3-19, 2007.
- LAM, S. S. et al. Biological nutrient removal by recirculating aquaponic system: Optimization of the dimension ratio between the hydroponic & rearing tank components. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 102, p.1 107-115, 2015.
- LAICE, L. M. et al. Uso de simbióticos na cultura de tilápia do Nilo à base de bioflocos (BFT): desempenho produtivo, morfometria intestinal e parâmetros hematológicos. **Aquicultura**, v.530, n.735715, Janeiro, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735715>.
- LAWSON, E. O.; ANETEKHAI, M. A. Salinity tolerance and preference of hatchery reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 2, p. 104-110, 2011.
- LEIRA, M. H. et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v.11, n.1, p.11-17, 2017. <https://doi:10.22256/pubvet.v11n1.11-17>.

- LE CREN, C. D. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in Perch, *Perca fluviatilis*. **J. Animal Ecology**, v. 20, p. 201-219, 1951. <http://dx.doi.org/10.2307/1540>.
- LEKANG, O. Aquaculture engineering. Blackwell Publishing Ltd, Oxford. p. 330, 2007.
- LEKANG, O. I. **Aquaculture engineering**. John Wiley & Filhos, 2013.
- LIMA P. C. M, Abreu JL, Silva AEM, Severi W, Gálvez AO, Brito LO. Nile tilapia fingerling cultivated in a low-salinity biofloc system at different stocking densities. **Spanish Journal of Agricultural Research**, 16(4): 612- 621, 2018.
- LIMA, A. F. Sistemas de produção de peixes. In: RODRIGUES, APO Eds. Piscicultura de água doce: Multiplicando Conhecimentos. 1th. ed. Brasília: EMBRAPA, p. 97-108, 2013. ISBN 978-85-7035-272-9.
- LIMA, E. C. R. Diferentes fontes de carbono no cultivo intensivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758) em sistema de bioflocos. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2016
- LITTLE, D. C. et al. Options for producing a warm-water fish in the UK: limits to “Green Growth”? **Trends Food Science and Technology**, v. 19, p. 255-264, 2008.
- LIU, W. et al. Characterizing the water quality and microbial communities in different zones of a recirculating aquaculture system using biofloc biofilters. **Aquaculture**, 735624, 2020. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.735624
- LIU, W. et al. Investigating the conversion from nitrifying to denitrifying water-treatment efficiencies of the biofloc biofilter in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v.550, n. 737817, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737817>
- LIU, W. et al. Performance of a recirculating aquaculture system using biofloc biofilters with convertible water-treatment efficiencies. **Science of The Total Environment**, v.754, n.141918, 2021. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141918
- LIU, W. et al. Effects of sludge retention time on water quality and bioflocs yield, nutritional composition, apparent digestibility coefficients treating recirculating aquaculture system effluent in sequencing batch reactor. **Aquac. Eng.** v.72, p.58–64, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.04.002>.
- LIU, W. et al. Effect of no carbohydrate addition on water quality, growth performance and microbial community in water-reusing biofloc systems for tilapia production under high-density cultivation. *Aquac. Res.* 49, 2446–2454, 2018. <https://doi.org/10.1111/are.13704>.
- LI, C. et al. Análise de desempenho e comunidade microbiana da tecnologia combinada de desnitrificação e bioflocos (CDBFT) sistema de tratamento de águas residuais de aquacultura ricas em nitrogênio. **Biorecurso. Tecnol.**, v.288, n.121582, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121582>
- LI, X. et al. Integration of marine macroalgae (*Chaetomorpha maxima*) with a moving bed bioreactor for nutrient removal from maricultural wastewater. *Archaea*, 1–13, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8848120>.

- LIN, Q., LIN, J. & HUANG, L. Effects of substrate color, light intensity and temperature on survival and skin color change of juvenile seahorses, *Hippocampus erectus* Perry, 1810. **Aquaculture**, v. 298, n.1-2, p.157-161, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.10.015>.
- LONG, L. et al. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.448, p.135–141, 2015. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.05.017.
- LÓPEZ-ELÍAS, J. A. et al. Proximate Composition of Bioflocs in Culture Systems Containing Hybrid Red Tilapia Fed Diets with Varying Levels of Vegetable Meal Inclusion. **North American J. Aquacult.**, v.77, n.1, p.102–109, 2014. doi:10.1080/15222055.2014.963767.
- LOPES, D. L. A. et al. Análise comparativa da criação dos camarões-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis* criados em gaiolas em ambiente estuarino. *Cienc. Rural*, v. 39, n.5, 2009.
- LUO, G. Z. et al. Inorganic nitrogen dynamics in sequencing batch reactors using biofloc technology to treat aquaculture sludge. **Aquacult. Eng.**, v.52, p.73–79, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.09.003>.
- LUO, G., et al. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v. 422–423 p.1–7, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.023>.
- LUO, G. et al. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v.422-423, p.1-7, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.023>
- LUO, G. et al. Comparison of nitrate-removal efficiency and bacterial properties using PCL and PHBV polymers as a carbon source to treat aquaculture water. **Aquaculture and Fisheries**, v.5, n.2, p. 92–98, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.04.002>.
- LUO, G., XU, J., MENG, H. Nitrate accumulation in biofloc aquaculture systems. **Aquaculture**, v.5, n.20, 2019. 734675, 2020b. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734675>.
- LUZ, R. K. & SANTOS, J. C. E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.903-909, 2008.
- MABROKE R. S. et al. Feeding frequency affect feed utilization of tilapia under biofloc system condition during nursery phase. **Aquaculture Reports**, v.19, p. 100625, 2021.
- MAEDA, H., et al. Effects of stocking density in the second fingerling of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Raised in raceway system. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.3, p. 265-272, 2006.

- MAHANAND S. S, MOULICK S, SRINIVASA R. A.O. P. Ótima formulação de ração para *Rohu*, *Labeo rohita* (Hamilton), com bioflocos como componente. *Aquaculture International* 21(2): 347-360, 2012.
- MAJORIS, John E., FRANCISCO, Fritz A., ATEMA, Jelle, Buston, Peter M.,. Reproduction, early development, and larval rearing strategies for two sponge-dwelling neon gobies, *Elacatinus lori* and *E. colini*,. *Aquaculture*, Volume 483, 2018, Pages 286-295, ISSN 0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.024>.
- MANDUCA, L. G. Produção de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos sob diferentes densidades de estocagem e regimes de troca de água. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- MANDUCA L. G, et al. Effects of a zero exchange biofloc system on the growth performance and health of Nile tilapia at different stocking densities, ***Aquaculture***, v.521, n.735064, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735064>.
- MARTINS, C. I. M. et al. Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems? ***Aquaculture***, v.298, p.43–50, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.030>.
- MARTINS, C. I. M., et al. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. ***Aquacult. Eng.***, v. 43, n. 3, p. 83-93, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>.
- MARTINS, G. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). ***Aquaculture***, v.468, p.10-17, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.046>.
- MARTINS, G. B., et al. Growth, water quality and oxidative stress of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in biofloc technology system at different pH. ***Aquaculture Research***, v.50, n. 4, p. 1030-1039, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.13975>.
- MARTIN, J. M. V., et al. Preliminary studies on environmental impact of cage aquaculture in Canary Islands. ***WIT Transactions on Ecology and the Environment***, v.43, 2000. DOI: 10.2495/CENV000081.
- MARTINEZ-CORDOVA, L. R. et al. Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: An updated review. ***Reviews in Aquaculture***, v.7, p. 131–214, 2015. <https://doi.org/10.1111/raq.12058>.
- MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R. et al. From microbes to fish the next revolution in food production. ***Crit. Rev. Biotechnol.*** v.37, n.3, p. 287–295, 2017. <https://doi.org/10.3109/07388551.2016.1144043>.
- MCLEAN, E. Fish tank color: An overview. ***Aquaculture***, n.735750, 2020. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735750.
- MENAGA, M. et al. Eficiência in vivo de *Bacillus* sp. isolados de sistema de bioflocos no crescimento, estado hematológico, imunológico e antioxidante de tilápias de criação geneticamente melhorada (GIFT). ***Indian J Exp Biol.***, v.58, n. 10, p.714–721, 2020.

- MENAGA, M. et al. Effect of in-situ and ex-situ biofloc on immune response of genetically improved farmed tilapia. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 92, p. 698-705, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.06.031>
- MENA-HERRERA, A.; SUMANO-LÓPEZ, H.; MACÍASZAMORA, R. Effects of water salinity on the growth of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultured under controlled laboratory conditions. *Veterinaria México*, v. 33, n. 1, p. 39-48, 2002.
- MERIGHE, G. K. F. et al. Effect of background color on the social stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Zootecn.** v.33, p. 828–837, 2004.
- MEIRELLES, M. E et al. Reprodução, desenvolvimento inicial e larvicultura do gobi barbeiro, *Elacatinus figaro* (Sazima, Moura & Rosa 1997). **Aquac. Res**, 41, pp. 11 – 18, 2009.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Influência do processamento de ração no desempenho e sobrevivência da tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **Rev. Bras. Zootecn.**, v.32, n. 2, p. 262-267, 2003.
- MICHALAK, I. & CHOJNACKA, K. Algae as production systems de compostos bioativos. **Eng. Life Sci.**, v.15, p. 160-176, 2015. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400191>.
- MINABI, K, et al. Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. **Aquacult. Int.**, v.28, n.1883, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00564-7>
- MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, 05 de maio, 2008.
- MINELLO, M. C. S. et al. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. **Global Science and Technology**, v.3, p.98-104, 2010. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/134495/ISSN1984-3801-2010-03-02-98-104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MIRZAKHANI, N. et al. Growth performance, intestinal morphology and nonspecific immunity response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry cultured in biofloc systems with different carbon sources and *input* C: N ratios. **Aquaculture**, v.512, n. 734235, 2019.
- MIRANDA, E. C. et al. Relação cálcio/fósforo disponível em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. bras. zootec.**, **Viçosa**, v.29, n.6, p.2162-2171, 2000.
- MOHAMMADI, G., ADORIAN, T. J., RAFIEE, G. Efeitos benéficos do *Bacillus subtilis* na água qualidade, crescimento, respostas imunes, endotoxemia e proteção contra lipopolissacarídeos danos induzidos em *Oreochromis niloticus* sob sistema de tecnologia de bioflocos. **Aquicultura Nutrição**, v. 26, n.5, p. 1476-1492, 2020 a.

- MOHAMMADI, G, RAFIEE, G, ABDELRAHMAN, H. A. Efeitos do *Lactobacillus* dietético *plantarum* (KC426951) em bioflocos e sistemas de cultivo de renovação estagnada em crescimento desempenho, parâmetros da mucosa e respostas inatas séricas de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 3, p. 1167-1181, 2020 b.
- MORENO-ARIAS, A., et al. Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. **Aquaculture**, v.483, p.53–62, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.10.011>.
- MOORHEAD, J. A.; ZENG, C. Criação do forktail blenny *Meiacanthus atrodorsalis*: manejo de reprodutores e criação de larvas. *Aquicultura*, v. 318, n. 1-2, pág. 248-252, 2011.
- MOYA, E. A. E. et al. Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 6, p. 1716-1726, 2014.
- MUSTAFA, M. G. & NAKAGAWA, Y. H. A review: dietary benefits of algae as an additive in fish feed. **The Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgeh, v.47, p.155–162, 1995.
- NG, L. Y. et al. A review of the management of inflow water, wastewater and water reuse by membrane technology for a sustainable production in shrimp farming. *Journal of Water Process Engineering*, v. 23, p. 27–44, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.02.020>
- NHI, N. H. Y. et al. 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**, v.495, p.654–660, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.035>.
- NAAS, K. E., NÆSS, T., HARBOE, T. Enhanced first feeding of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in green water. **Aquaculture** 105, 143–156, 1992. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90126-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90126-6).
- NAJDEGERAMI, E. H, BAKHSHI, F, LAKANI, F. B. Efeitos do bioflocos no desempenho do crescimento, atividades de enzimas digestivas e histologia hepática de carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) alevinos em sistema de troca de água zero. *Fisiologia e bioquímica dos peixes* 42: 457-465, 2016.
- NAVADA, S. et al. Influence of rate of salinity increase on nitrifying biofilms. **Journal of Cleaner Production**, v.238, n.117835, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117835>.
- NAVARRO & NAVARRO. Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.36, n.2, p.94-99, abr./jun., 2012. Disponível em: www.cbpa.org.br.
- NEORI, A. “Green Water” Microalgae: The Leading Sector in Aquaculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p.143-149, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-010-9531-9>.
- NI, M. Effects of stocking density on mortality, growth and physiology of juvenile Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). **Aquac. Res.** v.47, p.1596-1604, 2016. <https://doi.org/10.1111/are.12620>
- NGUGI, C. C., BOWMAN, J. R. & OMOLO, B. O. A new guide to fish farming in Kenya. Oregon: Snell Hall, 2008.

NGUYEN, T. P.; HANKINS, N. P.; HILAL, N. A comparative study of the flocculation behaviour and final properties of synthetic and activated sludge in wastewater treatment. **Desalination**, v. 204, n. 1-3, p. 277-295, 2007.

NGUYEN, D.; KHANAL, S. K. A little breath of fresh air into an anaerobic system: How microaeration facilitates anaerobic digestion process. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 7, 2018.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. Fundamentos da Ecologia. Thompson Pioneira, 5 th. ed, 612 p., 2007.

OLIVEIRA NETO, A. R. et al. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte mantidos em ambiente de estresse de calor. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: SBZ, 2001.

OPIYO, M. A. et al. Dietary administration of probiotics modulates non-specific immunity and gut microbiota of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: 10.1080/23144599.2019.1624299.

PALMER, P. J., et al. Developments in controlled green-water larval culture technologies for estuarine fishes in Queensland, Australia and elsewhere. **Aquaculture**, v. 272, p. 1-21, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.06.018>.

PARRA, J. E. G., & BALDISSEROTTO, B. Effect of water pH and hardness on survival and growth of freshwater teleosts. *In: Fish osmoregulation*, p. 135-150, 2019. CRC Press.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PAVLIDIS, M.; PAPANDROULAKIS, N.; DIVANACH, P. A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. **Aquaculture**, v.258, p.211-219, 2006. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.05.028.

PATERSON, C. R. Calcium requirements in man: a critical review. **Postgrad. Med. J.**, v. 54, p. 244-248, 1978.

PEETERS, B. et al. Quantificação do cálcio trocável em flocos de lodo ativado e sua implicação na sedimentabilidade do lodo. **Purif. Tecnol.** 83, 1-8, set., 2011.

PEDREIRA, M. M. et al. Larvicultura de matrinxã em tanques de diferentes cores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1365-1369, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008001000015.

PEDREIRA, M. M. et al. Larviculture of two neotropical species with different distributions in the water column in light- and dark-colored tanks. **Neotropical Ichthyology**, vol. 10, n. 2, pp. 439-444, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252012005000011>.

PEDREIRA, M. M., COSTA, D. C. & SCHORER, M. Accidentally catching of the catfish *Lophiosilurus alexandri* (Steindachner, 1876) larvae in aquariums with different colors. **Brazilian Journal of Biology**, 79, 612-616, 2018. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.185502>.

- PEREIRA, D. S. P. et al. Parâmetros hematológicos e histológicos de tilápia Nilo em resposta ao desafio de diferentes níveis de salinidade. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 3, p. 635-647, 2016.
- PEREIRA-DAVISON, E. & CALLAN, C. K. Effects of photoperiod, light intensity, turbidity and prey density on feed incidence and survival in first feeding yellow tang (*Zebrasoma flavescens*) (Bennett). **Aquaculture Research**. v.49, n. 2, p. 890–899, 2018. [https://doi.org/ 10.1111/are.13535](https://doi.org/10.1111/are.13535).
- PÉREZ-FUENTES, A., Perez-Rostro, C.I. & Hernandez-Vergara, M. (2013). Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. **Aquaculture**, v. 400, p.105–110.
- PÉREZ-FUENTES JA, Hernández-Vergara MP, Pérez-Rostro CI, Fogel I (2016) As relações C:N afetam remoção de nitrogênio e produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* criada em bioflocos sistema sob cultivo de alta densidade. **Aquaculture**, 452: 247-251.
- PEZZATO, L. E. et al. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v. 36, n.5, p.1600-1605, Set-Out, 2006.
- PILLAY, T. V. & KUTTY, M. N. Aquaculture principles and practices. Oxford, UK: Blackwell publishing Ltd, 2005.
- PONCE-PALAFIX, J. T. et al. Response Surface Analysis of Temperature-Salinity Interaction Effects on Water Quality, Growth and Survival of Shrimp *Penaeus Vannamei* Postlarvae Raised in Biofloc Intensive Nursery Production. **Aquaculture**, v. 503, Mar. 2019, p. 312–321,
- POPMA, T. J. & LOVSHIN, L. Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia. Auburn University, Alabama, EUA, p. 42, 1996.
- PINHEIRO & LOLIS. Influência da transparência da coluna de água na distribuição espaço temporal de macrófitas aquáticas no reservatório Luís Eduardo Magalhães, rio Tocantins Interface (Porto Nacional), Edição número 05, out., 2012.
- QIANG, J. Growth, biochemical, fatty acid composition, and mRNA levels of hepatic enzymes in genetically improved farmed tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) at different stocking densities. **J. Appl. Ichthyol.** v. 33, p.757-766, 2017. <https://doi.org/10.1111/jai.13330>.
- QI, W. et al. Low concentration peroxymonosulfate and UVA-LED combination for *E. coli* inactivation and wastewater disinfection from recirculating aquaculture systems. **Journal of Water Process Engineering**, v. 36, 101362, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101362>.
- RAFATNEZHAD, S., FALAHATKAR, B., TOLOUEI GILANI, M.H. Effects of stocking density on haematological parameters, growth and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. **Aquac. Res.** 39, 1506-1513, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02020.x>.
- RAHIMI, S., MODIN, O. & MIJAKOVIC, I. Technologies for biological removal and recovery of nitrogen from wastewater. **Biotechnology Advances**, v. 43, 107570, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107570>.

- RAHMAN, M. M., VERDEGEM, M. & WAHAB, M. A. Effects of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) stocking and artificial feeding on water quality and production in rohu–common carp bi-culture ponds. *Aquaculture Research*, v. 39, n.15, p.1579–1587, 2008.
- RAJKUMAR, K. et al. Effect of water hardness on survival and growth of *Labeo rohita* (Hamilton) fry. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n.5, p. 2337-2341, 2018. E-ISSN: 2320-7078 P-ISSN: 2349-6800
- RAKOCY, J. E. et al. Sistemas de produção de tilápia para o menor Antilhas e outras áreas tropicais com recursos limitados. *In: Fitzsimmons, K.; Carvalho Filho J. (ed) Cultura Tilapia no Século XXI. Associação Americana Tilápia. Rio de Janeiro, Brasil, p. 651-662, 2000.*
- RAKOCY, J. E. Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system. University of the Virgin Island Agricultural Experiment Station. *Islands Perspectives*, v.3, p.4–10, 1989.
- RAKOCY J. E, et al. Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial based treatment process: new dimensions in farmed tilapia. *In: Bolivar R, Mair G, Fitzsimmons K (eds), Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 584p.,2004.*
- RAY, A., et al. Characterization of the microbial communities in minimal exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**, v.310, p.130-138, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.019>.
- RAY, A. J., DRURY, T. H. & CECIL, A. Comparing clear-water RAS and biofloc systems: Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production, water quality, and biofloc nutritional contributions estimated using stable isotopes. **Aquacult. Eng.**, v.77, p. 9–14, 2017. DOI:10.1016/j.aquaeng.2017.02.002.
- RAY, A. J. & LOTZ, J. M. Comparando salinidades de 10, 20 e 30‰ em sistemas intensivos de produção de bioflocos de camarão (*Litopenaeus vannamei*) em escala comercial. **Aquacultura**, v. 476, p. 29-36, 2017.
- RIDHA, M. T. & CRUZ E. M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. **Aquacultural Engineering**, 24(2), 2001 157–166.
- RIJN V, J. Tratamento de resíduos em sistemas de recirculação de aquicultura. **Engenharia Aquacultural**, v. 53, p. 49-56, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.010>.
- RITVO, G. et al. Growth of *Penaeus vannamei* on soils from various farms, under laboratory conditions. **Aquaculture**, v.163, p.101–110, 1998.
- RITVO, G. et al. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 29, n.4, p.422–431, 1998. <https://doi.org/10.1111/J.1749-7345.1998.TB00666.X>.
- REZENDE, Priscila Costa et al. Pré-viveiro do camarão branco do Pacífico em sistema de bioflocos usando diferentes substratos artificiais. **Engenharia Aquícola**, v. 82, p. 25-30, 2018.

- ROJAS-TIRADO, P. et al. Microbial dynamics in RAS water: Effects of adding acetate as a biodegradable carbon-source. **Aquacult. Eng.**, v.84, 106–116, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.12.010>
- ROMANO, N., & ZENG, C. Toxic effects of ammonia, nitrite and nitrate to decapod crustaceans: A review on factors influencing their toxicity, physiological consequences, and coping mechanisms. **Reviews in Fisheries Science**, v.21, n.1, p.1–21, 2013. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753404>.
- ROCHA, R. J. et al. Does the presence of microalgae influence fish larvae prey capture? **Aquac. Res.** v.39, n.362–369, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01746.x>.
- SÁ, M. V. C. Limnocultura: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições, UFC, 218 p., 2012.
- SALHI, M.; BESSONART, M.; CHEDIAK, G. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, p.435-444, 2004.
- SALARO, et al. Relação peso/comprimento e fator de condição de juvenis de *Hoplias lacerdae* em duas densidades de estocagem. **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v.8, n.1, p.01-10, 2015.
- SAMOCHA, T. M. et al. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquac. Eng.**, v.36, p.184-191, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004>.
- SANTACRUZ-REYES, R. A. & CHIEN, Y. H. The potential of yucca schidigera extract to reduce the ammonia pollution from shrimp farming. **Bioresource Technology**, v.113, p.311-314, 2012. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.02.132
- SANTOS, V. B. ; MARECO, E. A. ; SILVA, M. D. P. Curvas de crescimento de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em diferentes temperaturas. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.35, n.3, p.235-242, 2013.
- SANTOS, T. G. et al. The light intensity in growth, behavior and skin pigmentation of juvenile catfish *Lophiosilurus alexandri* (Steindachner). **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 47, n.3, p. 416-422, 2019. DOI: 10.3856/vol47-issue3-fulltext-3.
- SÁNCHEZ-ROMERO, A. et al. Development of a model to simulate nitrogen dynamics in an integrated shrimp–macroalgae culture system with zero water exchange. **J. World Aquacult. Soc.**, v.47, p. 129–138, 2016. <https://doi.org/10.1111/jwas.12242>.
- SCHREIER, HJ, MIRZOYAN, N., SAITO, K. Diversidade microbiana de filtros biológicos em sistemas de recirculação de aquicultura. *Opinião Atual. Biotecnologia.* v.21, 318-325, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.03.011>.
- SEALS, C.; KEMPTON, C. J.; TOMASSO, J. R. Environmental calcium does not affect production or selected blood characteristics of sunshine bass reared under normal culture conditions. **Progressive Fish-Culturist**, v.56, n.4, p.269-272, 1994. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1994\)0562.3](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1994)0562.3).
- SEYBOTH, K. et al. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Enciclopédia de Energia, Recursos Naturais e Economia Ambiental, 2013.

SEITZINGER, S. P. et al. Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. **Global Biogeochemical Cycles**, v.19, n.4, 2005. <https://doi.org/10.1029/2005GB002606>.

SEITZINGER, S. P. et al. Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. **Global Biogeochemical Cycles**, v.24, n.4, 2010. <https://doi.org/10.1029/2009GB003587>.

SERFLING, S. Closed-cycle, controlled environment systems: the Solar Aquafarms story. **Glob. Aquac. Advocate**, p.48–51, 2000. .

SHEWFELT, R. L., THAI, C. M.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **J. Food Sci.**, v.53, p. 1433-1437, 1988.

SINGH, B., et al. Towards a sustainable approach for development of biodiesel from plant and microalgae. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 29, p. 216–245, 2014. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.067.

SINGH, S. P. & SINGH, P. Effect of CO₂ concentration on algal growth: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Oxford, v. 38, p. 172–179, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.043>.

SILVA, K. R.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Nitrogen and Phosphorus Dynamics in the Biofloc Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Batom rouge, v. 44, 2013. <https://doi.org/10.1111/jwas.12009>.

SILVA, E. T. L. et al. Larvas de linhagens de tilápia-do-Nilo submetidas à frequências alimentares sob baixa temperatura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n.1, p. 193- 203, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402017000100018>.

SILVA, L. M. et al. Determination of morphometric indices to promote fillets of tilapia (*Oreochromis niloticus*) industrial yield. **Boletim do Instituto de Pesca**, [S.l.], v. 42, n. 1, p. 252-257, Nov. 2018. ISSN1678-2305. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n1p252>.

STUART, K.R., DRAWBRIDGE, M. The effect of light intensity and green water on survival and growth of cultured larval California yellowtail (*Seriola lalandi*). **Aquaculture** 321, 152–156, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.023>.

SUGIMOTO, M.; UCHIDA, N.; HATAYAMA, M. Apoptosis in skin pigment cells of the medaka, *Oryzias latipes* (Teleostei), during long-term chromatic adaptation: the role of sympathetic innervations. **Cell and Tissue Research**, v. 301, p.205-216, 2000. DOI: 10.1007/s004410000226.

SRI-UAM, P. et al. Integrated Multi-Trophic Recirculating Aquaculture System for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Sustainability**, v. 8, n.7, p. 592, 2016. <https://doi.org/10.3390/su8070592>.

- SCHOFIELD, P. J. et al. Survival, growth and reproduction of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). I. Physiological capabilities in various temperatures and salinities. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 5, p. 439-449, 2011.
- SCHVEITZER, R. et al. Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquac. Eng.**v.56, p.59–70, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006>.
- SOBECK & HIGGINS. Examination of three theories for mechanisms of cation-induced bioflocculation. **Water Research.**, v.36, n.3, p.527-538. 2002.[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00254-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00254-8)
- SCOPEL, B. R. et al. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 928-934, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000800020>.
- SOUSA, W. T. Z. ; Universidade Federal de Santa Catarina. Tratamento de efluentes de carcinicultura por dois wetlands artificiais pilotos, com e sem *Spartina alterniflora* perspectivas de aplicação. Florianópolis, 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86132>.
- SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013. DOI: 10.31413/nativa.v1i1.1334.
- SOUZA, D.M.D., et al. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. **Aquac. Eng.**,v. 45, p.270–277, 2014.<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03223.x>.
- SOUZA, J. et al. Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) Systems? **Aquaculture**, v. 500, p. 443–450, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.051>.
- SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos (4a ed.). Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 472p, 2018.
- STEINBERG, K. et al., Start-up of recirculating aquaculture systems: How do water exchange rates influence pikeperch (*Sander lucioperca*) and water composition? **Aquacult. Eng.**, v.83, p.151–159, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.10.006>.
- SUMMERFELT, S.T. et al. Effects of alkalinity on ammonia removal, carbon dioxide stripping, and system pH in semi-commercial scale water recirculating aquaculture systems operated with moving bed bioreactors. **Aquac. Eng.** v. 65, p.46–54, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.11.002>
- SUPONO H. J.; PRAYITNO, S. B.; Darmanto, Y. S. White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture using heterotrophic aquaculture system on nursery phase. **International Journal of Waste Resources**, v. 4, n.2, p.142-145, 2014.
- SU, Y. et al. Remoção de nutrientes acoplada e produção de biomassa com cultura mista de algas: impacto de fatores bióticos e abióticos. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 469-476, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.093>.

SU, Y. et al. Tratamento de águas residuais municipais e acumulação de biomassa com uma cultura bacteriana de algas sedimentada e gerada por águas residuais. **Pesquisa da água**, v. 45, n. 11, p. 3351-3358, 2011.

SUITA, S. M. et al. Dextrose as carbon source in the culture of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a zero exchange system. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** v. 43, p.526–533, 2015. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue3-fulltext-13>.

SHITU, A. et al. Performance of novel sponge biocarrier in MBBR treating recirculating aquaculture systems wastewater: Microbial community and kinetic study. **Journal of Environmental Management**, v.275, n.111264, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111264>.

SHITU, A. et al. Recent advances in application of moving bed bioreactors for wastewater treatment from recirculating aquaculture systems: A review. **Aquaculture and Fisheries**. v.7, p. 244-258, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.04.006>.

STEFFENS, W. Principios fundamentais de la alimentación de los peces. Editora Acribia. Zaragoza, 1987, 272p.

STONE, N. M., THOMFORDE, H. K. 2004. Understanding your fish pond water analysis report. Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff, US Department of Agriculture and county governments cooperating.

STUART-FOX, D. & MOUSSALLI, A. Camouflage, communication and thermoregulation: lessons from colour changing organisms. *Philosophical Transactions Royal Biological Science*, v.364, p.463-470, 2008. DOI: 10.1098/rstb.2008.0254.

SUÁREZ-PUERTO, B., Delgadillo-Díaz, M., Sánchez-Solís, M. J., & Gullian-Klanian, M. (2021). Analysis of the cost-effectiveness and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in biofloc and green water technologies during two seasons. **Aquaculture**, v. 538, 736534. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736534>.

TACON, A.G.J. & MACIOCCI, G. The nutrition and feeding of farmedfish and shrimp—a Training Manual. 3. Feeding Methods. FAO Field Document. 1988.

TAVARES, S. G. World scientific production on biofloc technology in tilapiculture as a driver of sustainable development. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e56910515200, 2021. (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15200>.

TELLES, D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) Águas Doces no Brasil. São Paulo. IEA-USP/ Academia Brasileira de Ciências. 2 a Ed. **Rev. e Ampl.** Editora Escrituras. São Paulo, p.305-337, 2002.

TIMMONS, M. B. & EBELING, J. M. Recirculating Aquaculture. Cayuga Aqua Ventures. Nova York, 769 p., 2007. ISBN: 9780971264625 0971264627.

TIMMONS, M. B. & EBELING, J. M. Recirculando a aquicultura. Cayuga Aqua Ventures, 2010. ISBN-10 : 0971264627 ISBN-13 : 978-0971264625.

- TIERNEY, T. W. & RAY, A. J. Comparing biofloc, clear-water, and hybrid nursery systems (Part I): Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production, water quality, and stable isotope dynamics. **Aquacult. Eng.**, v.82, p.73–79, 2018. doi:10.1016/j.aquaeng.2018.06.002.
- TOLEDO, T. M. et al. Effects of different dietary lipid levels and fatty acids profile in the culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in biofloc technology: water quality, biofloc composition, growth and health. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 6, p. 1841-1851, 2016.
- TRAN-DUY, A.; DAM, A. A.; SCHRAMA, J. W. Consumo de ração, crescimento e metabolismo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em relação à concentração de oxigênio dissolvido. **Aquac. Res.** v. 43, 730-744, 2012.
- UTHAYASIVA, M.; HAQ, M. B. & KUMAR, T. A. Significance of light intensity to enhance the colour of marine ornamental fish *Amphiprion clarkii* (Bennett, 1830) in captivity. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 1, n. 4, p.14-18, 2014.
- VAL, A. L. et al. Effects of Water pH and Calcium Concentration on Ion Balance in Fish of the Rio Negro, Amazon. **Physiological Zoology**, v.71, n.1, p.15–22, 1998. DOI:10.1086/515893.
- VALENTI, W. C. Carcinicultura de Agua Doce: Tecnologia para a produção de camarões. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 383p., 1998.
- VALENTI, W. C. et al. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecol. Indic.** v.88, p. 402–413, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>.
- WAQAS, S. et al. Recent progress in integrated fixed-film activated sludge process for wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 268, 110718, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110718>.
- VARGAS & PEREIRA. Caracterização de efluentes de piscicultura de peixes *Betta splendens* visando o reuso. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.4. p.122-146 (2020).
- VAN WYK, P. & SCARPA, J. Water quality requirements and management. In: Van Wyk, P., Davis-Hodgkins, M., Laramore, R., Main, K.L., Scarpa, J. (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, FL, p. 128–138, 1999.
- VERA, L. M. et al. Circadian rhythms of locomotor activity in the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Chronobiology International**, v. 26, n. 4, p. 666-681, 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/07420520902926017>. PMID:19444748.
- VINATEA, L. A. et al. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). **Aquaculture**, v.482, p.155-161, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.041>.
- VINATEA, L. A. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 231p., 2004. ISBN: 8532800823.
- VERAS, G. C. et al. Fotoperíodo sobre parâmetros fisiológicos relacionados ao estresse em alevinos de tilápia-do-nilo. ed. 65. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000500023>.

VERSTER, N. Comparison of growth rates of tilapia species (*Oreochromis mossambicus* and *Oreochromis niloticus*) raised in a biofloc and a standard recirculating aquaculture (RAS) system. Doctoral dissertation. 2017. Ghent University.

VARELA, S. et al. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. **Ecography**, v. 37, p.1084-1091, 2014. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00441.x>.

VOLPATO, G.L.; DUARTE, C.R.A.; LUCHIARI, A. C. Environmental color affect Nile tilapia reproduction. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v. 37, p. 479–483, 2004.

WASIELESKY, W. et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v.258, n.1, p.396–403, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>.

WASIELESKY, W. J., et al. Chronic effects of nitrogenous compounds on survival and growth of juvenile pink shrimp. **Brazilian Journal of Biology**, v.77, n.3, p.558–565, 2017.

WACHIRA, M. N. et al. Efficiency and Improved Profitability of Insect-Based Aquafeeds for Farming Nile Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus* L.). **Animals**, v.11, n. 9, p. 2599, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11092599>.

WALKER, D. A. U.; SUAZO, M. C. M.; EMERENCIANO, M. G.C. Biofloc technology: principles focused on potential species and the case study of Chilean river shrimp *Cryphiops caementarius*. **Rev. Aquac.** v.12, p.1759–1782, 2020. <https://doi.org/10.1111/raq.12408>.

WAMBUA, D. M. Environmental and Energy Requirements for Different Production Densities of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Recirculating Aquaculture Systems: Laboratory and Computer Simulation Studies. 2021. Tese de Doutorado. JKUAT-COETEC.

WANG, Q. et al. Avaliação de aditivos para pedras medicinais para redução da perda de nitrogênio e biodisponibilidade de metais pesados durante a compostagem de dejetos suínos. **Bioresource Technology**, v.220, p.297-304, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.081>.

WRIGHT P. A. & WOOD, C. M. Seven things fish know about ammonia and we don't. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, v.184, p.231-240, 2012.

WONG, Y. K., et al. Maximization of cell growth and lipid production of freshwater microalga *Chlorella vulgaris* by enrichment technique for biodiesel production. *Environmental Science and Pollution Research*, Heidelberg, v. 24, n. 10, p. 9089–9101, 2017. DOI: 10.1007/s11356-016-7792-9.

XIAN, J. A. et al. Cytotoxicity of nitrite on haemocytes of the tiger shrimp, *Penaeus monodon*, using flow cytometric analysis. **Aquaculture**, v. 317, n. 1, p. 240-244, 2011.

XIAO, R. et al. A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. **Rev. Aquac.** v. 11, p. 863–895, 2019. <https://doi.org/10.1111/raq.12270>.

XU, W. J. & PAN, L.Q. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. **Aquaculture**, v.356–357, p. 147–152, 2012. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.05.022.

XU, W.J., et al. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. **Aquaculture**, v.350–353, p.147–153, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.003>.

XU, W.J. et al. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. **Aquacult. Res.** v. 44, p.1093-1102, 2013.

YOGEV, U. et al. Potential environmental impact resulting from biased fish sampling in intensive aquaculture operations. **Sci. Science of the Total Environment**, v.707, n.135630, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135630>.

YUAN, D. et al. Effects of addition of red tilapia (*Oreochromis* spp.) at different densities and sizes on production, water quality and nutrient recovery of intensive culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in cement tanks. **Aquaculture**, v. 298, p. 226–238, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.011>.

ZHAO, P. et al. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, v. 354–355, p.97–106, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.034>.

ZABLON, O. et al. Biofloc system improves protein utilization efficiency and growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fry: Experimental evidence. **Aqua. Fish and Fisheries**. 2022. 1–10. DOI:10.1002/aff2.32.

ZHANG, Q. et al. Effects of inoculants and environmental temperature on fermentation quality and bacterial diversity of alfalfa silage. **Anim. Sci. J.** v. 89, p. 1085–1092, 2018.

ZHU, S. et al. The effects of different seeding ratios on nitrification performance and biofilm formation in marine recirculating aquaculture system biofilter. **Environmental Science and Pollution Research**, 23, 14540–14548, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6609-1>.