

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

**DESEMPENHO REPRODUTIVO DE TILÁPIA-DO-
NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA
DE BIOFLOCOS (BFT)**

Adryadine Almeida da Costa
Orientador: Prof. Dr. Jayme Aparecido
Povh

CAMPO GRANDE,
MS 2025

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

**DESEMPENHO REPRODUTIVO DE TILÁPIA-DO-
NILO (*Oreochromis niloticus*) EM TECNOLOGIA
DE BIOFLOCOS (BFT)**

Adryadine Almeida da Costa

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como requisito
à obtenção do título de Mestre
em Ciência Animal. Área de
concentração: Produção
Animal

CAMPO GRANDE,
MS 2025



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ADRYADINE ALMEIDA DA COSTA

**DESEMPENHO REPRODUTIVO DE TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EM
TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)**

**REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) IN BIOFLOC
TECHNOLOGY (BFT)**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul,
como requisito para obtenção do título
de Mestra em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 25-02-2025

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Jayme Aparecido Povh
(UFMS) – Presidente

Dra. Giovanna Rodrigues Stringhetti
(BIOPARQUE Pantanal)

Dr. Ruy Alberto Caetano Correa Filho
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Jayme Aparecido Povh, Professor do Magisterio Superior**, em 26/02/2025, às 09:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ruy Alberto Caetano Correa Filho, Professor do Magistério Superior - Voluntário**, em 26/02/2025, às 15:18, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Giovanna Rodrigues Stringhetta, Usuário Externo**, em 27/02/2025, às 14:16, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5460846** e o código CRC **B2BB0734**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.001236/2021-33

SEI nº 5460846

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Rosangela Madalena Almeida e Demavais Souza da Costa por me apoiar em todas as horas e todos os aspectos, principalmente nesses dois anos.

A minha irmã Aryanne Almeida da Costa por todo carinho e apoio nas tomadas de decisões e pelo incentivo para conclusão dessa etapa.

A todos os meus amigos, principalmente aqueles que pude conhecer durante esse período e pretendo levar para a vida toda.

Ao meu orientador, Profº Dr. Jayme Aparecido Povh e ao meu coorientador, Profº Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa filho, por me proporcionarem grandes vivências e conhecimentos na área de piscicultura, que contribuíram muito na minha formação.

A todos os pós-graduandos do setor de piscicultura, principalmente aos doutores Lucas de Oliveira Brasileiro, Louise Nex Spica e a Rebeca Maria por todo apoio e troca de experiências.

A Karina Sanches, por toda ajuda e apoio durante todo o meu período na estação da piscicultura.

A todos do setor da Estação experimental de piscicultura, ao grupo AquiMS.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e a CAPES por todos os ensinamentos e apoio que contribuíram diretamente para a minha formação.

RESUMO

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais cultivadas na aquicultura devido à sua alta produtividade e resistência. A tecnologia de bioflocos (BFT) é uma solução sustentável para os desafios da intensificação produtiva, reduzindo o uso de água e melhorando as condições ambientais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da BFT em: desovas sucessivas de fêmeas (Experimento 1) e qualidade seminal de machos submetidos a diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis em coletas sucessivas. No Experimento 1, foram alocados 30 reprodutores de tilápia-do-Nilo em cinco unidades experimentais de BFT (1 m³), com quatro fêmeas e dois machos por tanque. O sistema foi estabilizado antes do experimento, com temperatura da água controlada ($28,59 \pm 0,22^{\circ}\text{C}$), concentração de sólidos sedimentáveis inferior a 50 mL/L e alcalinidade acima de 100 mg/L. Durante as 5 semanas de estudo, 50% das fêmeas desovaram, sendo que 35% dessas apresentaram uma segunda desova no mesmo período. Não houve diferenças significativas entre a primeira e a segunda desova em características como volume e número de ovos, fecundidade absoluta e relativa e taxa de eclosão, exceto pelo menor diâmetro dos ovos, que foi maior na primeira desova ($P < 0,05$). Esses resultados indicam que a BFT é eficiente em promover desovas sucessivas em um curto período, representando uma alternativa para reprodução de tilápia-do-Nilo. No segundo experimento, a qualidade seminal de 24 machos foi avaliada em dois tratamentos utilizando BFT com concentrações de sólidos sedimentáveis de 10-15 mL/L e 40-45 mL/L. Foram realizadas análises de qualidade espermática (CASA) e de morfologia dos espermatozoides. Os resultados mostraram que as variáveis como: motilidade espermática, o VAP e o PROG foram mais estáveis em concentrações mais altas de sólidos, atribuídas à maior estabilidade ambiental e à disponibilidade de nutrientes. Entretanto, variáveis morfológicas, como cauda quebrada e espermatozoides normais, apresentaram flutuações, evidenciando o impacto negativo das coletas sucessivas. Assim, concluiu-se que a BFT com alta concentração de sólidos sedimentáveis é mais adequado para otimizar a qualidade seminal, mas intervalos maiores entre coletas podem ser necessários para minimizar os efeitos adversos.

Palavras-chave: tilapicultura, bioflocos, reprodução de peixes, características seminais, qualidade reprodutiva.

ABSTRACT

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is one of the most cultivated species in aquaculture due to its high productivity and resistance. Biofloc technology (BFT) is a sustainable solution to the challenges of production intensification, reducing water use and improving environmental conditions. The objective of this study was to evaluate the influence of BFT on: successive spawning of females (Experiment 1) and seminal quality of males subjected to different concentrations of settleable solids in successive collections. In Experiment 1, 30 Nile tilapia broodstock were allocated to five BFT experimental units (1 m³), with four females and two males per tank. The system was stabilized before the experiment, with controlled water temperature ($28.59 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$), settleable solids concentration below 50 mL/L and alkalinity above 100 mg/L. During the 5 weeks of study, 50% of the females spawned, and 35% of these spawned a second time during the same period. There were no significant differences between the first and second spawnings in characteristics such as volume and number of eggs, absolute and relative fecundity, and hatching rate, except for the smaller egg diameter, which was larger in the first spawning ($P < 0.05$). These results indicate that BFT is efficient in promoting successive spawnings in a short period, representing an alternative for the reproduction of Nile tilapia. In the second experiment, the seminal quality of 24 males was evaluated in two treatments using BFT with concentrations of settleable solids of 10-15 mL/L and 40-45 mL/L. Sperm quality (CASA) and sperm morphology analyses were performed. The results showed that variables such as sperm motility, VAP and PROG were more stable at higher solids concentrations, attributed to greater environmental stability and nutrient availability. However, morphological variables, such as broken tail and normal sperm, showed fluctuations, evidencing the negative impact of successive collections. Thus, it was concluded that BFT with a high concentration of settleable solids is more suitable for optimizing seminal quality, but longer intervals between collections may be necessary to minimize adverse effects.

Keywords: tilapia farming, bioflocs, fish reproduction, seminal characteristics, reproductive quality.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
1.1 Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	8
1.2 Tecnologia de Bioflocos (BFT)	10
1.3 Reprodução	12
1.4 Características do sêmen e sua importância na reprodução.....	16
1.5 Computer assisted sperm analysis (CASA)	17
3. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral	18
2.2. Objetivos Específicos	18
4. REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2.....	23
Desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) em tecnologia de bioflocos (BFT).....	23
Resumo.....	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAIS e MÉTODOS.....	26
2.1 Local de Estudo e Peixes.....	26
2.2 Desenho experimental	26
2.3 Características reprodutivas avaliadas.....	27
2.4 Alimentação e qualidade de água	27
2.5 Análise estatística	28
3. RESULTADOS.....	28
4. DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÃO	32
6. AGRADECIMENTOS	32

7. REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO 3.....	35
Características reprodutivas em coletas sucessivas de sêmen de tilápia-do-Nilo mantidos em tecnologia de bioflocos (BFT) com diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis.....	35
Resumo.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
2.1 Local de Estudo e Peixes.....	38
2.2 Desenho experimental.....	38
2.3 Coleta do sêmen.....	39
2.4 Análise das características espermáticas.....	39
2.5 Morfologia espermática.....	40
2.6 Alimentação e qualidade de água.....	40
2.7 Análise estatística.....	41
3. RESULTADOS.....	42
4. DISCUSSÃO.....	51
5. CONCLUSÃO.....	54
6. AGRADECIMENTOS.....	54
7. REFERÊNCIAS.....	55

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A produção de peixes, proveniente tanto da pesca quanto da aquicultura, desempenha um papel essencial na promoção da segurança alimentar global (FAO, 2024). Nos últimos cinquenta anos, a aquicultura destacou-se como o setor de produção de alimentos de crescimento mais acelerado, com estimativas apontando que a produção total de peixes alcance 205 milhões de toneladas até 2032 (FAO, 2024). Esse valor representa um aumento de 10% em comparação a 2022, com a aquicultura contribuindo com 111 milhões de toneladas desse montante (FAO, 2024). No contexto brasileiro, a produção de peixes cultivados totalizou 887.029 toneladas no último ano, indicando um crescimento de 3,1% em relação ao volume registrado em 2022 (PEIXE BR, 2024).

Entre as diversas espécies cultivadas na piscicultura brasileira, a tilápia-do-Nilo se destaca como a mais produzida, principalmente devido à sua adaptabilidade. Essa espécie possui características que favorecem seu cultivo, como aceitação a variados tipos de alimento, crescimento acelerado, alta taxa de reprodução e resistência a condições adversas, incluindo superpopulação, baixos níveis de oxigênio dissolvido, elevadas concentrações de amônia e variações extremas de temperatura (El-sayed, 2006). Mundialmente, essa espécie é valorizada por fornecer um pescado de excelente qualidade (Zimmermann & Fitzsimmon et al., 2004). Com o crescimento constante da produção de tilápia-do-Nilo, faz-se necessários novos pacotes tecnológicos para suprir a demanda da produção.

Nesse contexto, a tecnologia de bioflocos (BFT) surge como uma ferramenta estratégica para aprimorar o cultivo da tilápia-do-Nilo, especialmente no que se diz respeito à reprodução. A BFT permite um ambiente mais controlado, com troca mínima de água, melhora na estabilidade nos parâmetros de qualidade e melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Essas condições favorecem não apenas o crescimento, mas também a reprodução eficaz dos peixes, garantindo larvas e juvenis de alta qualidade. Além disso, a presença de comunidades microbianas específicas no sistema BFT contribui para a saúde geral dos organismos cultivados, reduzindo a incidência de doenças e otimizando a taxa de sobrevivência das larvas (Emerenciano et al., 2013). Dessa forma, a interação da tecnologia de bioflocos com o cultivo de tilápia-do-Nilo representa um avanço significativo para a sustentabilidade e a eficiência produtiva na aquicultura moderna.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

As tilápias pertencem à ordem Perciformes e à família Cichlidae, sendo nativas do continente africano (Verani et al., 1980). Apesar de existirem diversas espécies denominadas tilápias, algumas possuem maior relevância econômica na aquicultura, como *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus* e *Oreochromis urolepis hornorum*, *Tilapia rendalli*, *Tilapia zilli* (Stickney et al., 1997).

Entre essas, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*, Figura 1) destaca-se como uma das espécies de peixes de água doce mais cultivadas e comercializadas mundialmente, desempenhando papel fundamental na nutrição humana como fonte de proteína animal de alta qualidade. A espécie é caracterizada pela boa performance produtiva, rusticidade (Castagnolli et al., 1992), qualidade da carne, e resistência a ambientes desfavoráveis e estressantes (El-sayed et al., 2006). Além disso, essa espécie tem facilidade de reprodução em ambientes controlados e adapta-se bem a diferentes sistemas de produção, como tanques-rede, viveiros escavados, “raceways” e tanques circulares (Meurer et al., 2002). Outro fator relevante da espécie refere-se à aceitabilidade de rações comerciais desde o estágio larval (Zimmermann & Fitzsimmons, 2004), o que facilita produção em larga escala. A tilápia possui um hábito alimentar onívoro que também favorece a alta produtividade da espécie, em função dos seus parâmetros zootécnicos estabelecidos com base em diversos estudos.



Figura 1. Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Fonte: Arquivo pessoal)

Por ser um peixe onívoro e filtrador, a tilápia possui uma ampla cadeia alimentar e suas brânquias apresentam característica que facilitam a absorção de nutrientes (Rodrigues et al., 2015). A tilápia-do-Nilo exibe adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem uma eficiente utilização de carboidratos como fonte de energia (Tengjaroenkul et al., 2000). Tais adaptações possibilitam a inclusão de ingredientes vegetais na dieta, reduzindo significativamente os custos com a alimentação (Pezzato et al., 2002). Essa capacidade de aproveitamento de alimentos de diferentes níveis tróficos contribui para a diminuição dos custos de produção (Azim & Little et al., 2008), já que o investimento com ração representa cerca de 60% dos custos na piscicultura.

Além das vantagens produtivas, a tilápia apresenta características valorizadas no mercado consumidor. O filé não contém espinhas em formato de “Y”, ao contrário das espécies de peixes reofílicos, sendo, portanto, ideal para a indústria de filetagem (Viera e Silva et al., 2009). Adicionalmente, essa espécie possui uma carne com qualidades organolépticas que agradam aos consumidores (Meurer et al., 2002).

Considerando o hábito alimentar e a capacidade de absorver nutrientes e microrganismos, tais como fitoplâncton e zooplâncton presentes na água, o sistema de cultivo de tilápia-do-Nilo em tecnologia de bioflocos surge como uma alternativa sustentável, tendo em vista a capacidade da espécie em aproveitar os microrganismos

presentes na BFT. Esse sistema permite um desempenho produtivo elevado, devido à oferta de alimentos naturais no ambiente de cultivo.

2.2 Tecnologia de Bioflocos (BFT)

A tecnologia de bioflocos (BFT) é um método inovador na aquicultura, que se estabeleceu como uma alternativa promissora para suprir a demanda global por produtos pesqueiros de alta qualidade e, simultaneamente, diminui consideravelmente os efeitos ambientais associados à produção intensiva de organismos aquáticos. Criada pela primeira vez na década de 1970 pelo Instituto Francês de Pesquisa para a Exploração do Mar (Ifremer-COP), na Polinésia Francesa, a Tecnologia de Fluxo de Água (BFT) foi projetada para maximizar a utilização de recursos naturais, particularmente a água, ao mesmo tempo que incentiva a reutilização de nutrientes no meio aquático, tendo como principal característica a troca mínima ou nula de água e o crescimento de comunidades microbianas específicas (EMERENCIANO et al., 2013). A sua utilização tem aumentado consideravelmente, sobressaindo-se como uma opção sustentável e inovadora para o aprimoramento da aquicultura.

O bioflocos é constituído por aglomerados de partículas suspensas na água, compostos por restos de ração, fezes e diversos microrganismos vivos e mortos. Essas comunidades microbianas em suspensão (flocos) são responsáveis pela degradação de nutrientes orgânicos e pela reciclagem de compostos nitrogenados. Nessa tecnologia existem duas categorias grandes de bactérias: heterotróficas e quimioautotróficas. As bactérias heterotróficas utilizam o nitrogênio da amônia juntamente a uma fonte de carboidrato para produzir a biomassa bactéria, elas são um dos microrganismos responsáveis pela decomposição de matéria orgânica no meio. As bactérias quimioautotróficas são inúmeras, mas as mais abundantes são as nitrificantes, ou seja, que transformam amônia em nitrito (nitrossomonas) e nitrito em nitrato (nitrobacter).

A proteína microbiana da BFT é praticamente 80% heterotrófica (bactérias que fazem decomposição), elas necessitam de altas concentrações de oxigênio dissolvido e uma fonte de carbono ao meio para que possam utilizar como fonte de energia (Azim e Little, 2008; Crab et al., 2012). Além disso, as bactérias quimioautotróficas presentes no meio fazem a oxidação da amônia em nitrito e, posteriormente em nitrato (Emerenciano et al. 2017), realizando a reciclagem de compostos nitrogenados provenientes da produção de peixes.

É crucial para o funcionamento do sistema manter a relação carbono:nitrogênio (C:N), que pode ser ajustada através da adição de fontes de carbono como melaço, dextrose e farelos. Esta proporção, geralmente varia entre 12:1 e 20:1, em sistemas muito estáveis, pode-se realizar a manutenção entre 6:1 e 10:1 assegura o desenvolvimento eficaz das bactérias heterotróficas e a transformação dos nutrientes, o que aprimora a qualidade da água e a sustentabilidade do cultivo (Schneider et al., 2005; Wasielesky et al., 2006). Se não houver controle dessa relação, uma condição elevada de C:N, por exemplo, pode levar a uma situação em que as bactérias heterotróficas competem com autotróficas por oxigênio dissolvido e espaço (Michaud et al., 2006).

A principal vantagem da BFT sobre os sistemas de produção tradicionais (ex. tanque escavado; tanque-rede e sistemas de recirculação - RAS) é que a biomassa bacteriana também pode servir como fonte de alimento para peixes cultivados (Faizullah et al., 2019; Khanjani, Sharifinia & Hajirezaee, 2022). O perfil da microbiota dos flocos apresenta variação principalmente em relação a espécie produzida, o hábito alimentar, a fonte de carbono utilizada, as condições ambientais de cultivo e a interação com outros microrganismos (Martínez-Córdova et al., 2014). Mesmo com as variações no perfil das comunidades, os agregados microbianos da BFT são ricos em nutrientes como proteínas, aminoácidos essenciais, ácidos graxos, vitaminas e complementam a dieta alimentar dos peixes cultivados (JU et al., 2008)

Além de promover melhorias no desempenho produtivo, a tecnologia de bioflocos tem impactos positivos na reprodução e organismos cultivados tais como os estudos de *Clarias gariepinus* (Ekasari et al. 2016), *Farfantepenaeus duorarum* (Emerenciano et al. 2014), *Litopenaeus stylirostris* (Cardona et al. 2016) e *Cyprinus carpio* (Manzoor et al. 2020). Para a tilápia-do-Nilo existem alguns estudos, entre eles está o de Alvarenga et al. (2017) em que encontraram melhoras no sistema na taxa de desova de fêmeas de tilápia-do-Nilo (BFT: 62,5%; Controle: 58,5%). Todavia, ainda há uma carência de estudos com reprodução em tecnologia de bioflocos comprovando que esse sistema de produção pode melhorar o desempenho reprodutivo.

Outro aspecto relevante da BFT é a sua contribuição para a sustentabilidade ambiental. A tecnologia permite a redução ou até a eliminação da renovação de água nos sistemas de cultivo (Crab et al., et al 2012), diminuindo a liberação de efluentes ricos em nutrientes nos corpos hídricos naturais. Essa característica é particularmente importante em regiões com escassez de recursos hídricos, onde a eficiência no uso

da água é uma prioridade. Ao promover a reciclagem de nutrientes dentro do próprio sistema, a tecnologia de bioflocos reduz a dependência de insumos externos, diminuindo os custos de produção e os impactos ambientais associados à aquicultura intensiva (Azim e Little., et al 2008)

Apesar dos benefícios significativos, a implementação da tecnologia de bioflocos apresenta desafios. A operação do sistema requer um monitoramento constante de parâmetros físico-químicos da água como os níveis de oxigênio dissolvido, o pH, a temperatura e a relação C:N. Além disso, é essencial garantir uma aeração eficiente para manter os bioflocos em suspensão e favorecer o crescimento das comunidades microbianas. Esses requisitos aumentam os custos operacionais, particularmente com energia elétrica, e exigem mão de obra especializada, o que pode limitar a adoção da BFT por pequenos produtores ou em regiões com infraestrutura limitada (Crab et al., 2012; Quintã et al., 2015).

A tecnologia de bioflocos representa uma das mais importantes inovações na aquicultura contemporânea, combinando eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e qualidade nutricional. Seus benefícios incluem a redução de impactos ambientais, a melhoria na saúde e no desempenho dos organismos cultivados e a diminuição dos custos com insumos externos. Apesar dos desafios técnicos e operacionais, a BFT tem potencial para transformar a aquicultura em um setor mais responsável e sustentável. Desse modo, empregar BFT na reprodução de tilápia-do-Nilo parece ser uma alternativa para o abastecimento de alevinos e juvenis desta espécie para a engorda por meio de sistema de produção responsável, menos impactante em termos ambientais e economicamente viável.

2.3 Reprodução

A tilápia-do-Nilo ganhou destaque significativo no Brasil devido a maturidade sexual e a facilidade em se reproduzir em comparação aos peixes reofílicos, que não apresentam reprodução natural em ambiente confinado, necessitando de indução hormonal. Isso acontece porque a reprodução da tilápia-do-Nilo ocorre de forma natural e parcelada nas criações, sem a necessidade de indução hormonal, o que simplifica o manejo reprodutivo (Oliveira et al., 2012).

As condições ambientais têm um papel de suma importância na reprodução da tilápia-do-Nilo. A temperatura ideal para esse processo varia entre 25 a 32°C, com a maior taxa de desova observada próximo aos 27°C. Quando a temperatura fica abaixo

de 25°C, a frequência de desovas diminui consideravelmente, podendo até mesmo cessar se a temperatura for extremamente baixa (Almeida et al., 2013; Hui et al., 2014). Outros parâmetros de qualidade da água, como pH entre 6 e 9 e concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, também são determinantes para o sucesso reprodutivo (Hui et al., 2014).

A reprodução natural da tilápia-do-Nilo ocorre em etapas bem definidas. De acordo com Suresh (1999), o processo inicia-se quando uma fêmea pronta para desovar se aproxima da zona de reprodução, onde os machos constroem ninhos individuais. Após um breve cortejo, a fêmea deposita os ovos, que são fertilizados pelo sêmen liberado pelo macho no mesmo momento. Em seguida, a fêmea recolhe os ovos fertilizados em sua boca para incubá-los (Figura 2), abandonando a zona de acasalamento. O período de incubação dura entre 10 e 15 dias, após o qual os alevinos são liberados em águas rasas. Posteriormente, a fêmea recondiciona seus ovários por 2 a 4 semanas antes de iniciar um novo ciclo de desova.



Figura 2. Fêmea de tilápia do Nilo com ovos na boca. (Fonte: Arquivo próprio)

Após atingir a maturidade sexual, a tilápia-do-Nilo pode realizar desovas durante todo o ano, desde que as condições de temperatura sejam adequadas. Nessas condições, a espécie é capaz de realizar de 8 a 12 desovas anuais, sendo

que, em temperaturas ótimas, observa-se uma frequência de desova a cada 21 dias (Trewavas, 1983; Almeida et al., 2013)

O manejo reprodutivo pode ser otimizado pela coleta diária de ovos diretamente da boca das fêmeas, permitindo que elas se preparem para uma nova desova logo após a anterior. Além disso, fatores como a alimentação balanceada (Bombardelli et al., 2017; Orlando et al., 2017; Sarmiento et al., 2018), a densidade adequada de peixes e o monitoramento rigoroso das condições ambientais são essenciais para maximizar a reprodução. Esses fatores, combinados, aumentam a eficiência reprodutiva das fêmeas (Yoshida et al. (2015)

Assim, ao longo dos anos houve uma evolução do manejo reprodutivo da tilápia-do-Nilo (El-Sayed et al., 2019). Inicialmente, a principal técnica utilizada consistia na coleta de larvas ou pós-larvas diretamente dos tanques. Posteriormente, outras práticas foram incorporadas, como a coleta total de larvas em tanques ou hapas e a coleta de ovos diretamente da boca das fêmeas a cada 14 dias (Kubitza, 2010)

Alguns estudos têm investigado a influência do sistema de bioflocos na reprodução da tilápia-do-Nilo, demonstrando que essa tecnologia pode influenciar positivamente o desempenho reprodutivo (Tabela 1). Por exemplo, Sallam et al. (2025) e Ekasari et al. (2013) observaram uma melhora no desempenho reprodutivo com a aplicação da BFT. No estudo de Dilmi et al. (2023) não encontraram diferenças nas variáveis reprodutivas entre a BFT e o sistema de recirculação, indicando que a tecnologia não causa impactos negativos para a reprodução, porém observaram um crescimento aprimorado durante os estágios iniciais de desenvolvimento da tilápia criada no sistema de bioflocos. O estudo de Alvarenga et al. (2017) não identificaram efeitos negativos nas variáveis de reprodução e crescimento, mas verificaram efeitos positivos na qualidade da água. Ekasari et al. (2015) também ressaltaram que a aplicação da BFT nos tanques de matrizes e durante a larvicultura da tilápia-do-Nilo pode melhorar a qualidade e o desempenho das larvas produzidas. Esses estudos indicam que a tecnologia de bioflocos pode oferecer benefícios à reprodução da tilápia-do-Nilo, reduzindo o intervalo entre desovas e melhorando a produção e a sobrevivência das larvas. No entanto, ainda são necessários mais estudos para compreender plenamente os impactos dessa tecnologia no manejo reprodutivo da espécie.

Tabela 1. Comparativo entre os trabalhos encontradas na literatura sobre os impactos do BFT na reprodução

Espécie	Autor	Sistema	Principais conclusões
Tilápia vermelha da Flórida (<i>Oreochromis sp.</i>)	Sallam et al., 2025	Diferentes níveis de salinidade na BFT e no sistema de água clara com troca parcial de água (30% semanalmente)	A BFT diminuiu o intervalo de desovas, maior produção de ovos e eclodibilidade e sobrevivência e desenvolvimento de larvas sob estresse salino.
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Dilmi et al., 2023	BFT x Sistema de recirculação	Não encontraram diferenças nas variáveis reprodutivas das fêmeas entre os dois sistemas, indicando que a BFT não causa impactos negativos para a reprodução. Podendo ser uma alternativa para a reprodução da espécie.
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Ekasari et al., 2013	BFT x Sistema de água clara com troca parcial de água	A aplicação de BFT efetivamente melhorou o desempenho reprodutivo. As variáveis de índice gonadossomático, de colesterol e de fecundidade dos peixes foram maiores no tratamento de BFT
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Alvarenga et al., 2017	BFT x Sistema de água clara com troca parcial de água (50% ao dia)	Não encontram efeitos negativos nas variáveis de reprodução e de crescimento
Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Ekasari et al., 2015	BFT x Tanques de alvenaria com 3m ³	A aplicação da BFT nos tanques de matrizes e durante a larvicultura de tilápia-do-Nilo podem melhorar a qualidade

			desempenho das larvas produzidas.
--	--	--	-----------------------------------

2.4 Características do sêmen e sua importância na reprodução

Os valores para características seminais apresentam ampla variação entre as espécies de peixes, desempenhando um papel fundamental na avaliação da qualidade do sêmen coletado, o que possibilita a otimização de sua utilização nos processos de fertilização artificial (Viveiros, 2005). Para descrever um perfil espermático, são analisadas tanto as características físicas do sêmen, como volume, motilidade, vigor espermático e concentração, quanto as características morfológicas dos espermatozoides (Routray et al., 2007).

Morfologicamente, segundo Nagahama (1983) os espermatozoides de peixes podem ser subdivididos em cabeça, peça intermediária e cauda. Na maioria das espécies de peixes, a cabeça dos espermatozoides apresenta ausência do acrossoma, característica compensada pela presença da micrópila, um orifício no córion do ovócito que permite a penetração do espermatozoide. Essa morfologia reflete o modo de fertilização dessas espécies, destacando uma adaptação ao ambiente reprodutivo específico (Cosson, 2004). A peça intermediária dos espermatozoides contém uma bainha mitocondrial disposta em forma de hélice, que é responsável por gerar a energia necessária à propulsão móvel dos espermatozoides. Já a cauda ou flagelo, é o componente responsável pelo movimento dos gametas (Hafez, 2004).

Uma característica singular do sêmen de peixes é a imobilidade dos espermatozoides enquanto estão em contato com o líquido seminal ou em soluções com osmolaridade semelhante a este líquido (Cosson, 2010). A motilidade espermática inicia-se somente quando ocorre uma alteração na osmolaridade do meio em que os espermatozoides se encontram. Essa propriedade adaptativa tem implicações diretas no manejo e nas técnicas de fertilização artificial, permitindo maior controle sobre o momento de ativação dos espermatozoides e, conseqüentemente, maior eficiência nos processos reprodutivos.

A qualidade do sêmen é um fator determinante para o desempenho reprodutivo, parâmetros como concentração espermática, motilidade, viabilidade e integridade do DNA são essenciais para alcançar altas taxas de fertilização e garantir a saúde e o desenvolvimento adequado dos alevinos. Outro aspecto importante é o uso do sêmen

em programas de melhoramento genético. Com base em tecnologias modernas, como a genética molecular e a genômica, é possível selecionar características genéticas específicas que conferem maior resistência a doenças, a adaptação a condições adversas e melhores taxas de crescimento. Esse processo de seleção resulta em populações de tilápias mais produtivas e rentáveis, o que é crucial para a sustentabilidade da aquicultura (SILVA et al., 2018). A aplicação de sêmen de alta qualidade em condições otimizadas, tanto na fertilização quanto na produção de alevinos, pode aumentar significativamente as taxas de sobrevivência e reduzir os custos operacionais dos sistemas de cultivo.

2.5 Computer assisted sperm analysis (CASA)

O CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) é uma ferramenta de *software* empregado na avaliação do esperma, para visualizar, digitalizar e analisar imagens sequenciais. Depois de detectar o espermatozoide, o programa combina as imagens e traça a trajetória de cada célula, o que permite classificar o movimento realizado (Mortimer, 2015).

As características seminais são fundamentais para determinar a qualidade reprodutiva dos machos, sendo que atualmente as principais características são: motilidade espermática (MOT, %; refere-se à relação entre espermatozoides considerados móveis e o total de espermatozoides no campo de visualização), velocidade média da trajetória (VAP, $\mu\text{m s}^{-1}$; é a velocidade calculada levando em consideração o deslocamento médio entre os pontos individuais da trajetória total do espermatozoide), velocidade curvilínea (VCL, $\mu\text{m s}^{-1}$; é a velocidade da célula ao longo da trajetória real), velocidade em linha reta (VSL, $\mu\text{m s}^{-1}$; refere-se à velocidade calculada levando em consideração o deslocamento representado pela linha reta entre o ponto inicial e ponto final da trajetória) (Figura 3), frequência de batimento flagelar cruzado (BCF, Hz; é o número de vezes em que a cabeça do espermatozoide cruza a direção do movimento), retilinearidade (STR, %; representa a relação percentual resultante da divisão VSL/VAP), linearidade (LIN, %; representa a relação percentual resultante da divisão VSL/VCL) e oscilação (WOB, %; é a oscilação entre a trajetória real e a trajetória média, calculada a partir da relação percentual da divisão VAP/VCL) (Verstegen et al., 2002).

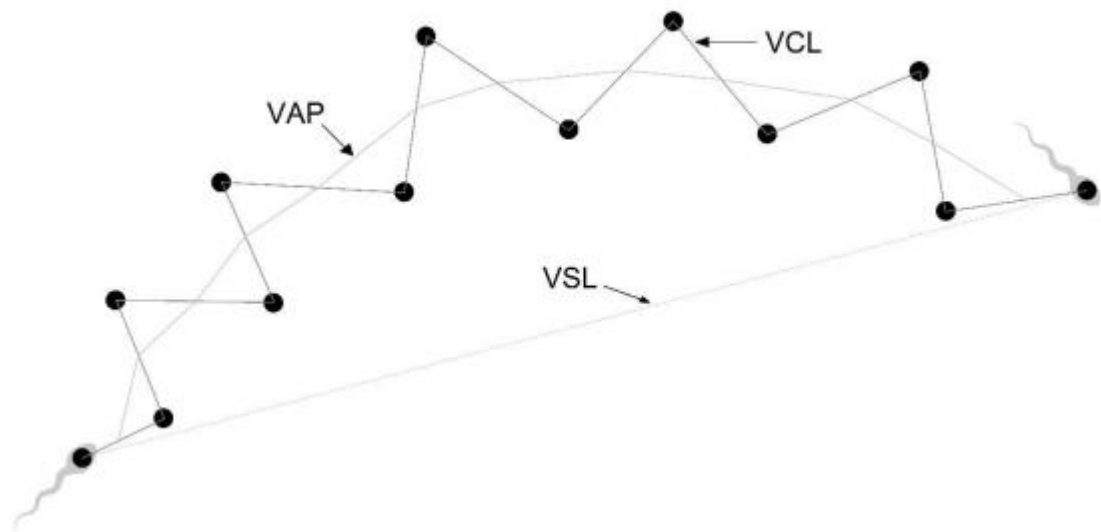


Figura 3. Esquema ilustrativo da trajetória de um espermatozoide e os diferentes deslocamentos levados em consideração para os cálculos das suas diferentes velocidades (Fonte: Spica, 2021).

Têm sido realizadas poucas análises do sêmen de machos de tilápia-do-Nilo, por que sua reprodução ocorre naturalmente. No entanto, a avaliação das características reprodutivas dos machos é essencial para compreender os efeitos de diferentes tratamentos ou sistemas sobre a reprodução. Além disso, embora alguns estudos tenham abordado essa temática, a maioria utilizou métodos subjetivos, sem o auxílio do sistema CASA. Por exemplo, Mataveli et al. (2010) verificaram que a suplementação com vitamina C aumentou a motilidade progressiva do sêmen de tilápias-do-Nilo. Contudo, até o momento, não há registros de avaliações das características reprodutivas de machos em sistemas BFT.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho reprodutivo de tilápia-do-Nilo em sistema com a tecnologia de bioflocos (BFT).

3.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar o desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia-do-Nilo em tecnologia de bioflocos.
- b) Avaliar as características seminais de tilápia-do-Nilo em diferentes níveis de sólidos

sedimentáveis de bioflocos.

4. REFERÊNCIAS

AIZULLAH, M.; RAJAGOPALSAMY, C. B. T.; AHILAN, B.; DANIEL, N. Application of biofloc technology (BFT) in the aquaculture system. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 7, n. 4, p. 204–212, 2019.

ALMEIDA, D. B.; COSTA, M. A. P.; BASSINI, L. N.; CALABUIG, C. I. P.; MOREIRA, C. G. A.; RODRIGUES, M. D. N.; PÉREZ, H. J.; TAVARES, R. A.; VARELA Jr., A. S.; MOREIRA, H. L. M. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture International*, v. 21, p. 1291-1300, 2013.

ALVARENGA, E. R.; SALES, S. C. M.; BRITO, T. S.; SANTOS, C. R.; CORRÊA, R. D. S.; ALVES, G. F. O.; MANDUCA, L. G.; TURRA, E. M. Effects of biofloc technology on reproduction and ovarian recrudescence in Nile tilapia. *Aquaculture Research*, v. 48, p. 5965-5972, 2017.

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

BOMBARDELLI, R. A.; GOES, E. S. R.; SOUSA, S. M. N.; SYPPERRECK, M. A.; GOES, M. D.; PEDREIRA, A. C. O.; MEURER, F. Growth and reproduction of female Nile tilapia fed diets containing different levels of protein and energy. *Aquaculture*, v. 479, p. 817–823, 2017. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.031.

CARDONA, E.; LORGEUX, B.; CHIM, L.; GOGUENHEIM, J.; LE DELLIOU, H.; CAHU, C. Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: consequences for the quality of eggs and larvae. *Aquaculture*, v. 452, p. 252–262, 2016. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.08.003.

CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de água doce. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189 p.
COSSON, J. Frenetic activation of fish spermatozoa flagella entails short-term motility, portending their precocious decadence. *Journal of Fish Biology*, v. 76, n. 1, p. 240-279, 2010.

COSSON, J. The ionic and osmotic factors controlling motility of fish spermatozoa. *Aquaculture International*, v. 12, p. 69–85, 2004.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356–357, p. 351-356, 1 ago. 2012.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CABI publishing, CAB International, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, 2006. 277p.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia culture. 2. ed. London: Academic Press, 2020. ISBN 9780128165096.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZO, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization. [s.l.]: InTech, 2013. v. 11, p. 13.

EMERENCIANO, M.; CUZON, G.; ARÉVALO, M.; GAXIOLA, G. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*, v. 45, n. 10, p. 1713–1726, 2014. DOI: 10.1111/are.12117.

EKASARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN, M.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, v. 441, p. 72–77, 2015. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.019.

EKASARI, J.; SUPRAYUDI, M. A.; WIYOTO, W.; HAZANAH, R. F.; LENGARA, G. S.; SULISTIANI, R.; ALKAHFI, M.; ZAIRIN, M. Biofloc technology application in African catfish fingerling production: The effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae. *Aquaculture*, v. 464, p. 349–56, 2016. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.07.013.

EKASARI, J.; ZAIRIN Jr., M.; PUTRI, D. U.; SARI, N. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; BOSSIER, P. Biofloc based reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. *Aquaculture Research*, v. 46 (2), p. 509–12, 2013. DOI: 10.1111/are.12185.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Towards Blue Transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024. DOI: 10.4060/cc5262en.

GODINHO, H. P.; AMORIM, V. M. C.; PEIXOTO, M. T. D. Criopreservação do sêmen de tilápia-nilótica *Oreochromis niloticus*, var. Chitralada: crioprotetores, soluções ativadoras e refrigerador criogênico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 6 suppl. 1, dez. 2003.

HAFEZ, E. S. E. Reprodução animal. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004. 513 p.
HUI, W.; XIAOWEN, Z.; HAIZHEN, W.; JUN, Q.; PAO, X.; RUIWEI, L. Joint effect of temperature, salinity and pH on the percentage fertilization and hatching of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, v. 45, p. 259-269, 2014.

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

KHANJANI, M. H.; SOLIMAN, Ashraf M.; ABDEL-TAWWAB, Mohsen. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and the productivity of Nile tilapia reared in biofloc-based ponds. *Annals of Animal Science*, v. 22, n. 4, p. 1281–1289, 2022.

KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. 2. ed. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura, 2010. 316 p.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; EMERENCIANO, M.; MIRANDA-BAEZA, A.; GAXIOLA-CASTRO, G.; CUZON, G.; GALVÁN-ALVAREZ, A.; BOSSIER, P. Biofloc technology in aquaculture systems: a review of the impact of water quality, productivity, and fish health. *Aquaculture*, v. 482, p. 81–91, 2018.

MIGUEL, M. T.; FERREIRA, J. G.; WIEGAND, M. A.; BERTOLUCCI, A. M.; COSTA, E. D. L. Application of Biofloc Technology (BFT) to Improve the Sustainability of Aquaculture. *Journal of Aquaculture Research & Development*, v. 9, n. 4, 2021.

PEREIRA, F. B.; FERRAZ, P. H.; FERNANDES, A. P.; ROLIM, M. D.; SILVA, A. R. Comparative study of reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in different farming systems. *Aquaculture Reports*, v. 4, p. 99-104, 2017.

RAJAGOPALAN, R.; KUMAR, P. R.; SANKAR, S.; SUNDARARANJAN, S. Biofloc technology application in freshwater aquaculture: A review. *Aquaculture*, v. 492, p. 201–210, 2018. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.10.050.

SHRIVASTAVA, A. The role of biofloc in sustainable fish farming. *Aquaculture Science*, v. 74, n. 3, p. 122–135, 2016.

SHRIVASTAVA, A.; RAM, H.; SINGH, G.; SHARMA, S.; MISHRA, R. Effect of biofloc technology in freshwater aquaculture and its economic viability. *Indian Journal of Fisheries*, v. 69, p. 115–119, 2022.

SILVA, M. A.; SANTOS, P. R.; DUARTE, M. F.; FIGUEIREDO, A. G.; KOTZIAN, A. G.; FRANCO, S. A. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under biofloc technology systems with different protein levels. *Aquaculture Research*, v. 49, p. 1346–1355, 2018. DOI: 10.1111/are.13788.

SILVA, V. D. P.; GONÇALVES, F. A.; LIMA, J. A. F.; MENDES, F. M.; CARVALHO, F. R.; SOUZA, D. D. Biofloc technology: A novel approach for freshwater aquaculture. *Journal of Fishery Sciences*, v. 6, p. 93-101, 2020.

SINGH, S.; JOSHI, S.; MALHOTRA, A.; SHARMA, P.; SHUKLA, S.; CHAUHAN, S. Biofloc-based aquaculture: Impact on water quality and health of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under semi-intensive system. *Aquaculture Reports*, v. 13, p. 100285, 2019. DOI: 10.1016/j.aqrep.2019.100285.

TANG, Q.; LI, H.; LI, L.; LI, X.; JIANG, Y.; CHENG, Y. Effects of biofloc technology on water quality, fish performance, and feed conversion efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a closed recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, v. 515, p. 734532, 2020. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734532.

TAVARES, R. A.; VARELA, A. S.; MOREIRA, H. L. M.; CALABUIG, C. I. P.; ALMEIDA, D. B.; COSTA, M. A. P.; RODRIGUES, M. D. N. Effects of protein levels and stocking density on reproductive performance of Nile tilapia broodstock under biofloc technology. *Aquaculture*, v. 514, p. 734456, 2020. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734456.

TULI, L.; LOH, S. W.; YU, T.; HAN, Y. S.; NA, W. T. Evaluation of biofloc technology as an alternative feeding strategy in aquaculture systems for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, v. 52, p. 573-585, 2021.

VARELA JR., A. S.; ALMEIDA, D. B.; COSTA, M. A. P.; MOREIRA, C. G. A.; BASSINI, L. N.; PÉREZ, H. J.; RODRIGUES, M. D. N.; CALABUIG, C. I. P.; TAVARES, R. A.; VARELA, A. S. Effects of biofloc technology on growth, reproduction and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in a semi-intensive system. *Aquaculture*, v. 481, p. 1515–1521, 2018.

VASCONCELOS, R. M.; SOARES, R. L.; ANDRADE, D. R.; MOURA, M. J.; ALMEIDA, M. L.; DANTAS, L. D.; CAVALCANTI, S. P. Effect of biofloc technology on water quality, fish growth, and feed utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming systems. *Aquaculture Nutrition*, v. 26, p. 380-389, 2020.

WALDRON, S. R.; FAULKNER, H. G. Application of biofloc technology in shrimp aquaculture: Water quality, growth performance, and energy expenditure. *Aquaculture*, v. 317, p. 259-265, 2011. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.030.

ZARIN, M.; GUPTA, P. Comparative studies on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in biofloc and traditional aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 536, p. 736631, 2021. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736631.

CAPÍTULO 2

Desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tecnologia de bioflocos (BFT).

Resumo

Os maiores obstáculos na melhoria dos sistemas intensivos de aquicultura é reduzir o uso de água e aumentar a produção de alevinos de qualidade para abastecer o setor produtivo. Levando em consideração que a tecnologia de bioflocos (BFT) proporciona condições ambientais capazes de sanar esses desafios, o objetivo do estudo foi avaliar a influência de coletas sucessivas nas características reprodutivas de fêmeas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em BFT. Foram alocados 30 reprodutores de tilápia-do-Nilo (♀: $29,1 \pm 67,39$ g e $25,9 \pm 1,84$ cm; ♂: $31,4 \pm 62,47$ g e $27,4 \pm 1,93$ cm) em cinco unidades experimentais de BFT (1 m³), sendo mantidos seis reprodutores em cada unidade experimental, na proporção de 2:1 de fêmeas para machos (4♀:2♂). A BFT utilizada foi previamente maturada a partir do cultivo de peixes da mesma espécie. O período experimental foi de 5 semanas, com temperatura da água controlada por termostatos ($28,59 \pm 0,22$ °C), e a concentração de sólidos (< 50 ml/L) e alcalinidade (> 100 mg/L) foram mantidos dentro do padrão estabelecido para tilápia-do-Nilo. Observou-se que no período em que os reprodutores foram mantidos em BFT, 55,0% das fêmeas desovaram, das quais 35,0% apresentaram uma segunda reprodução. As variáveis reprodutivas peso de fêmea (g), comprimento padrão (cm), comprimento total (cm), fator de condição de Fulton, volume de ovos (ovos/mL), número de ovos (ovos/mL), fecundidade absoluta, fecundidade relativa, taxa de eclosão (%), índice de produção e diâmetro maior de ovos (µm) não tiveram diferença significativa da primeira em relação a segunda desova; no entanto, o diâmetro menor dos ovos foi maior ($P < 0,05$) na primeira desova. Conclui-se que a tecnologia de bioflocos proporciona taxas de desovas sucessivas em tilápia-do-Nilo em um curto período de tempo, indicando que esse pode ser um sistema de reprodução efetivo para a espécie com bons resultados ao sistema tradicional em hapas alocados em viveiro escavado.

Palavras-chave: aquicultura, bioflocos, reprodução de peixes, sustentabilidade aquícola, qualidade reprodutiva.

1. INTRODUÇÃO

Em 2022 a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi o terceiro peixe mais produzido globalmente, ficando atrás apenas de duas espécies de carpa (FAO, 2024). No Brasil, em 2024, a tilápia-do-Nilo foi o peixe mais cultivado, alcançando 579.080 toneladas, o que representa um aumento de 5,28% em relação ao ano anterior, passando a corresponder à 65,3% da produção total de peixes no país (PEIXEBR, 2024). Esse cenário evidencia a necessidade de formas jovens de qualidade para atender a essa demanda crescente de produção, principalmente atrelado a sistemas de produção mais sustentáveis visando atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Dentre os maiores desafios para o desenvolvimento sustentável, está a necessidade de reduzir o volume de água utilizado para cultivo dos peixes em sistemas intensivos de produção, que tradicionalmente baseia-se em renovação em torno de 10% do volume total do tanque ao dia, e a diminuição da emissão de efluentes. Nesse sentido, a tecnologia de bioflocos (BFT) surge como uma solução promissora e sustentável para o desenvolvimento da aquicultura, tendo em vista que essa não necessita de troca diária de água (Avnimelech, 2009), apenas reposição de eventuais perdas por evaporação. A tecnologia de bioflocos permite manter as características físico-químicas da água, reduzindo seu uso e, consequentemente, o impacto ambiental (Avnimelech, 2007; Crab et al., 2012).

A tecnologia de bioflocos funciona por meio da reciclagem de nutrientes, ajustando a relação carbono/nitrogênio (C/N) na água, resultando no crescimento de colônias de bactérias heterotróficas que convertem compostos nitrogenados em biomassa microbiana, servindo como alimento contínuo para os organismos aquáticos cultivados. Além disso, promove o crescimento de bactérias quimioautotróficas que melhoram a qualidade da água, reduzindo as concentrações de nitrogênio amoniacal total e nitrito (Avnimelech, 2007; Browdy et al., 2012).

É importante ressaltar que o sistema produtivo utilizado influencia diretamente na produção e reprodução dos peixes, tendo em vista que, pode proporcionar diferentes condições de ambiente, principalmente nos aspectos de qualidade de água e nutricional (Ekasari et al., 2015) para os peixes em suas diversas fases de produção, desde a engorda, a manutenção de reprodutores e produção de formas jovens (larvicultura e alevinagem). O sucesso na produção de tilápia-do-Nilo está

estritamente relacionado à obtenção de formas jovens de qualidade suficiente para atender o setor produtivo. Nesse sentido, faz-se necessário identificar quais são as condições adequadas para a reprodução, uma vez que essa interfere na qualidade das larvas produzidas e influencia diretamente na obtenção dos juvenis (Yoshida et al., 2015). Dessa forma, o objetivo com esse estudo foi de avaliar as características reprodutivas de fêmeas de tilápia-do-Nilo em tecnologia de bioflocos (BFT) em reproduções sucessivas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo e Peixes

O estudo foi realizado nos meses de março a abril do ano de 2024, na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul-MS. Foram utilizados 30 reprodutores tilápia-do-Nilo (20 fêmeas e 10 machos), obtidas no próprio setor de piscicultura. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da instituição (protocolo 1.213/2022).

2.2 Desenho experimental

Para a avaliação do desempenho reprodutivo, os peixes foram mantidos em BFT desde a fase larval nas mesmas unidades experimentais (180 dias), sendo que, quando atingiram a maturidade sexual, a proporção de machos e fêmeas foi ajustada. Foram utilizadas cinco unidades experimentais (tanques de 1m³) com seis reprodutores cada, quatro fêmeas e dois machos, mantendo a proporção de 2:1 de machos para fêmeas (Silva et al., 2020). No momento do ajuste, os peixes foram marcados com microchip objetivando identificar as fêmeas que se reproduziriam (incubando os ovos na boca) e, dessa forma, determinar o número de desovas das fêmeas no período de avaliação. A duração do período experimental foi de 5 semanas.

Para a formação das unidades experimentais de BFT, foi utilizado o melaço líquido como fonte de carbono. Durante a fase de formação do bioflocos foi utilizada a proporção entre carbono e nitrogênio de 20:1, conforme metodologia de Avnimelech, (1999). Após a estabilização do sistema a proporção foi ajustada para 6:1 (C:N), conforme metodologia de Emerenciano et al. (2017). A concentração de sólidos sedimentáveis (SS/L) foi mantida entre 15 e 20 mL, conforme recomendado para

tilápia-do-Nilo (Emerenciano et al., 2017). Quando necessário foi realizado o processo de clarificação conforme recomendado por Ray et al. (2010). Da mesma forma, o aumento da concentração de sólidos sedimentáveis e alcalinidade total de carbonatos (mg/L de CaCO_3) ao longo do experimento foram controlados conforme recomendado por Emerenciano et al. (2017).

2.3 Características reprodutivas avaliadas

Duas vezes por semana os reprodutores foram capturados individualmente e verificada a presença de ovos na boca (Almeida et al., 2013; Valentin et al., 2015; Silva et al., 2020). No caso positivo, os ovos foram removidos da boca da fêmea com auxílio de uma pisseta, e foram colocados em um recipiente de plástico (Yoshida et al., 2015). Posteriormente, o número do microchip correspondente à fêmea que desovou foi registrado e o volume total de ovos produzidos por fêmea por desova foi mensurado.

Foram avaliadas as seguintes variáveis reprodutivas: peso de fêmea (g), comprimento padrão (cm), comprimento total (cm), fator de condição de Fulton (relação $100 \times \text{peso} / \text{comprimento}^3$), taxa de desova (%), volume de ovos (mL), número de ovos (ovos/mL), fecundidade absoluta (número total de ovos por mL $\times$ número de ovos), fecundidade relativa (fecundidade absoluta/peso médio das fêmeas em g), índice de produção $[(\text{volume de ovos em mL} / \text{peso da fêmea em g}) \times 100]$, taxa de eclosão $[(\text{número de larvas eclodidas} / \text{número total de ovos}) \times 100]$. Também foram mensuradas o diâmetro maior e menor dos ovos (amostra de 10 ovos).

Para determinar o número de ovos (ovos/mL), foi realizada a amostragem e contagem de 1 mL do total de ovos coletados (em duplicata) e a partir dessa variável foi possível determinar a fecundidade absoluta e relativa. Para determinar a taxa de eclosão, todos os ovos foram alocados em incubadoras cilíndrico-cônico de 2 L, com aeração e renovação contínua de água (7 L/s), e contados após a eclosão. A temperatura média da água no sistema de incubação foi de $27,2 \pm 0,85$ °C.

2.4 Alimentação e qualidade de água

Os peixes foram alimentados duas vezes por dia, sendo uma vez no período da manhã e uma vez no período da tarde, com ração extrusada 32% PB para peixes onívoros (matéria seca 94,84%, matéria mineral na matéria seca 11,84%, proteína bruta 33,71% e extrato etéreo 3,36%). A taxa de alimentação foi ajustada em 3% da

biomassa da caixa ao dia.

Durante o período experimental foi realizado monitoramento das características físico-químicas da água. Diariamente foram mensurados os valores de temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) (multiparâmetro YSI ProPlus) e salinidade (g/L; Hanna HI98319), os quais apresentaram valores de $28,5 \pm 0,20$ °C, $6,89 \pm 0,04$, $7,7 \pm 0,36$ mg/L, e $1,6 \pm 0,24$ g/L, respectivamente.

Semanalmente foram avaliados a alcalinidade total (mg CaCO_3 /mL; titulação), nitrogênio amoniacal total (mg/L; NAT), nitrito (mg/L; NO_2^-), nitrato (mg/L; NO_3^-), mediante a utilização de reagentes comerciais (Kit colorimétrico), os quais apresentaram valores de $116 \pm 4,16$ mg CaCO_3 /L; $0,03 \pm 0,02$ mg/L; $0,12 \pm 0,02$ mg/L e $80 \pm 0,0$ mg/L respectivamente. A concentração de sólidos sedimentáveis foram mensurados duas vezes por semana, sendo determinada em cone de imhoff (volume de 1 L) após 30 minutos de decantação, mantendo a concentração em $19 \pm 0,67$ mL/L. Todas essas variáveis ficaram dentro da faixa adequada recomendada para tilápia-do-Nilo em BFT (Emerenciano et al., 2017).

2.5 Análise estatística

As variáveis dependentes foram submetidas ao teste t de Student para amostras pareadas após verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado o teste de Wilcoxon para as amostras pareadas nas variáveis dependentes que não cumpriram a pressuposição de normalidade. Todas as análises foram feitas seguindo as recomendações de Zar (2010) e utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS, 2002). O nível de significância utilizado em todos os testes foi de 0,05.

3. RESULTADOS

A taxa de desova das fêmeas de tilápia-do-Nilo mantidas em BFT foi de 55,0% (11 fêmeas) na primeira desova e 35% (7 fêmeas) das fêmeas desovaram novamente. Nesse sentido, o período de manutenção das fêmeas de tilápia-do-Nilo em BFT por 5 semanas proporcionou que mais da metade das fêmeas desovassem (Figura 01).

A figura 2 evidencia os dias que ocorreram as reproduções ao longo do período experimental, evidenciando em que dia do experimento ocorreu a primeira e segunda reprodução, assim como o intervalo entre as reproduções. A primeira desova aconteceu em momentos distintos entre as fêmeas, e a segunda desova também

variou em relação ao tempo de ocorrência. O intervalo entre as desovas foi diferente para cada indivíduo, com algumas fêmeas apresentando um retorno mais rápido, como a primeira fêmea (14 dias), e outras levando mais tempo, como a segunda fêmea (27 dias). Algumas fêmeas não tiveram uma segunda desova dentro do período experimental.

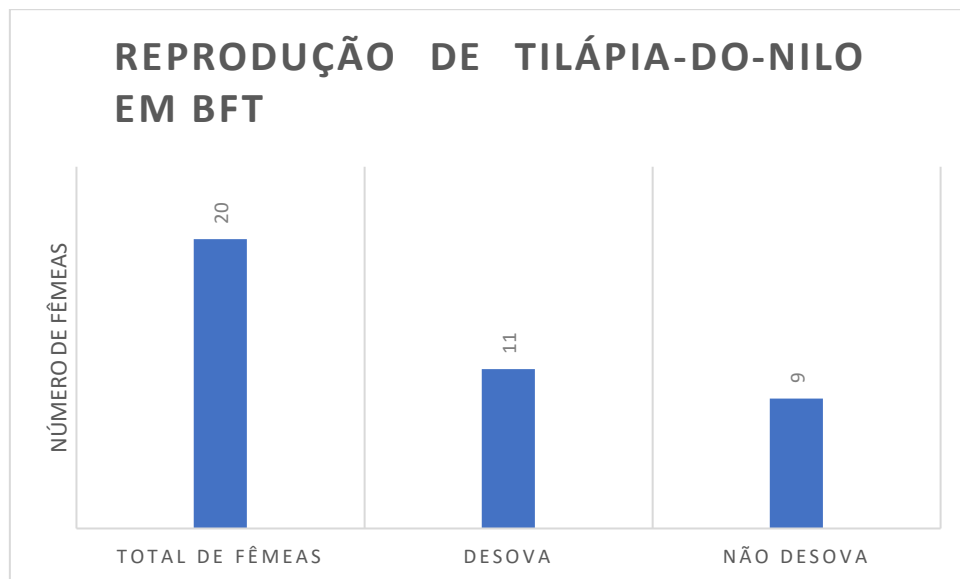


Figura 1. Sucesso reprodutivo de fêmeas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidas em BFT por 5 semanas.

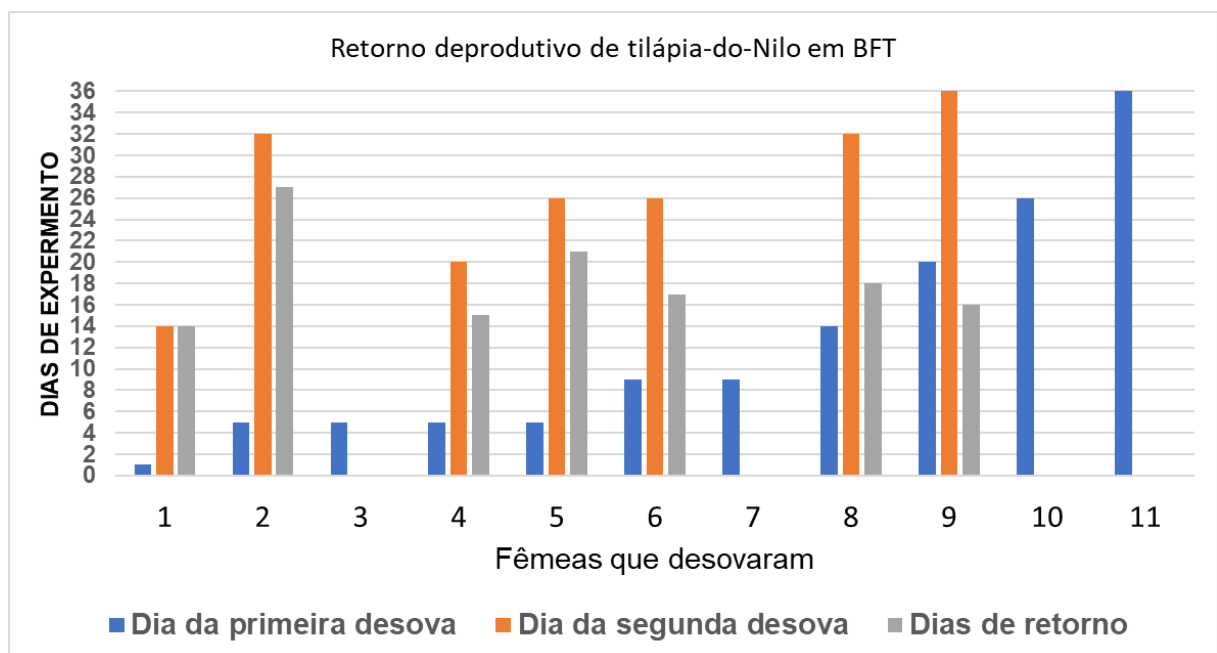


Figura 2. Dias da primeira e segunda reprodução e os dias de retorno reprodutivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tecnologia de bioflocos.

As variáveis de peso de fêmea, comprimento padrão, comprimento total, fator de condição de Fulton, taxa de desova, volume de ovos, número de ovos, ovos totais, fecundidade absoluta, fecundidade relativa, taxa de eclosão, índice de produção e diâmetro maior não apresentaram diferença estatística entre a primeira desova e a segunda desova. No entanto, o diâmetro menor dos ovos apresentou uma diferença significativa, indicando que os ovos da segunda desova foram significativamente menores em comparação aos da primeira desova (Tabela 1).

Tabela 1 Médias $\pm$ desvio padrão para características de desempenho reprodutivo de tilápias mantidas em tecnologia de bioflocos por 5 semanas

Variáveis	Desova		Valor- <i>P</i> ⁽¹⁾
	Primeira	Segunda	
Peso fêmea (g)	291,00 $\pm$ 67,40	297,00 $\pm$ 69,69	0,314
Comprimento padrão (cm)	22,12 $\pm$ 1,21	23,22 $\pm$ 2,31	0,269
Comprimento total (cm)	25,94 $\pm$ 1,84	25,36 $\pm$ 2,64	0,425
Fator de Condição de Fulton	1,64 $\pm$ 0,10	1,82 $\pm$ 0,31	0,349
Taxa de desova (%)	55,0 $\pm$ 11,18	35,0 $\pm$ 13,69	0,062
Número de Ovos (ovos/mL) ¹	71,80 $\pm$ 9,42	84,80 $\pm$ 7,28	0,080
Volume de ovos (mL)*	4,56 $\pm$ 1,66	5,96 $\pm$ 2,51	0,455
Fecundidade Absoluta ²	322,69 $\pm$ 105,31	492,59 $\pm$ 163,32	0,091
Fecundidade Relativa ³	1,18 $\pm$ 0,48	1,68 $\pm$ 0,46	0,126
Taxa de Eclosão (%) ⁴	31,27 $\pm$ 31,19	39,48 $\pm$ 43,78	0,126
Índice de Produção ⁵	1,64 $\pm$ 0,63	2,00 $\pm$ 0,59	0,462
Diâmetro Maior (μ m)	2,81 $\pm$ 0,06	2,62 $\pm$ 0,13	0,071
Diâmetro Menor (μ m)	1,79 $\pm$ 0,07	1,55 $\pm$ 0,12	0,028*

(1) Valor-*P* do Teste t de Student ou do Teste de Wilcoxon*, para amostras pareada sendo significativo quando $P < 0.05$.

(2) ¹Número de ovos (ovos/mL), ²fecundidade absoluta (número total de ovos por mL x volume de ovos em mL), ³fecundidade relativa (fecundidade absoluta/peso médio das fêmeas em g), ⁴taxa de eclosão [(número de larvas eclodidas/número total de ovos) x 100], ⁵índice de produção [(volume de ovos em mL) / peso da fêmea em g) x 100, %]. *A comparação estatística considerou apenas as fêmeas que desovaram duas vezes.

4. DISCUSSÃO

A tecnologia de bioflocos (BFT) pode servir como fonte adicional de nutrientes

(Emerenciano et al., 2017), o que pode influenciar positivamente na maturação sexual e nas taxas de desova, impactando positivamente o desenvolvimento reprodutivo de peixes. Além de que pode impactar positivamente a qualidade da água dos meios de aquicultura (Avnimelech et al., 2007)

Ao longo do experimento, a primeira desova ocorreu em diferentes momentos, indicando uma variação na idade, peso corporal ou diferentes épocas de maturação das fêmeas. Além disso, o intervalo entre a primeira e a segunda desova variou entre os indivíduos, sugerindo que fatores como condições ambientais e genéticas podem influenciar o ciclo reprodutivo (El-Sayed et al., 2019). Outros trabalhos tem observado variações entre o intervalo entre desovas, como Almeida et al. (2013) em que se encontrou intervalos de 14 a 28 dias dependendo da linhagem. Além desses fatores, o status reprodutivo das fêmeas anterior ao experimento pode ter influenciado o momento para a primeira desova durante o período reprodutivo. Embora não seja comum, em pesquisas futuras a indução das fêmeas à reprodução visando sincronizar a fase reprodutiva das fêmeas, conforme recomendado por Fernandes et al. (2013), pode mitigar esse possível efeito.

Poucos trabalhos avaliaram características reprodutivas de tilápia-do-Nilo em tecnologia de bioflocos, sendo que os trabalhos realizados mostram resultados positivos para taxa de desova. Alvarenga et al. (2017) observaram melhores taxas de desova em BFT (62,5%) em relação ao controle (58,5%). Comparando ao presente estudo, observou-se que a taxa de desova obtida em BFT foi menor, essa diferença pode ser atribuída ao fato de que, no estudo de Alvarenga et al. (2017), foi adotado um protocolo de indução hormonal utilizando gonadotrofina coriônica humana (HCG) para sincronizar a desova das fêmeas.

Maiores taxas de desova foram obtidas por Almeida et al. (2013) em tilápia-do-Nilo em sistema tradicional de reprodução (hapas alocadas em viveiro escavado), com porcentagens de 100% em 12 semanas (variedade GIFT) e entre 76,1% e 92,0% (variedades Supreme, Premium Aquabel e Chitralada) em sete semanas. Essa diminuição pode ser explicada pela idade e/ou peso corporal das fêmeas utilizadas, visto que as fêmeas utilizadas ainda estavam em estágio iniciais de maturidade sexual, o que pode afetar negativamente a frequência e a regularidade da desova, principalmente de variedades melhoradas geneticamente, pois são mais tardias no aspecto reprodutivo (Yoshida et al., 2015).

As variáveis de volume de ovos, fecundidade absoluta e fecundidade relativa

apresentaram valores menores no presente estudo que aqueles reportados por Dilmi et al. (2023). No referido estudo, o período experimental foi de dois meses, sendo que foi possível observar uma estabilização nas características reprodutivas das fêmeas, resultando em valores consistentes e mais elevados. Em contraste, o presente estudo teve um período experimental mais curto, de 5 semanas, limitando o tempo de adaptação das fêmeas ao ambiente experimental, o que resultou em menores valores. Nesse sentido, um maior período de avaliação em BFT pode ser interessante para gerar mais informações quanto as características reprodutivas de tilápia-do-Nilo em BFT.

O diâmetro dos ovos é um indicador importante da qualidade reprodutiva. A condição nutricional do reprodutor exerce um impacto crucial na qualidade dos ovos, no desenvolvimento embrionário e no crescimento das larvas (Shehata et al., 2020; Volkof & London, 2018). Os nutrientes maternos armazenados desempenham um papel essencial no suprimento das demandas metabólicas dos embriões em formação (Izquierdo et al., 2001; Singh et al., 2021). El-Sayed e Kawanna (2008) identificaram uma relação positiva entre dietas com maior teor proteico e o aumento da concentração de proteína nos ovos de tilápia-do-Nilo. Além disso, Ng e Wang (2011) observaram que os sistemas de bioflocos podem elevar os níveis de ácido araquidônico (ARA) nas gônadas, ovos e larvas da espécie. Assim, a redução do diâmetro menor dos ovos na segunda desova pode estar associada ao esgotamento das reservas nutricionais da fêmea, que possivelmente não teve tempo suficiente para restabelecer plenamente suas reservas energéticas antes da nova reprodução.

5. CONCLUSÃO

A tecnologia de bioflocos (BFT) é eficiente para a reprodução de tilápia-do-Nilo, permitindo desovas sucessivas em curto período mantendo a qualidade de água.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

7. REFERÊNCIAS

- ABIDIN, Z. M.; HASHIM, R.; SHU-CHIEN, A. C. Influence of dietary protein levels on growth and egg quality in broodstock female bagrid catfish (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.). *Aquaculture Research*, v. 37, p. 416-418, 2006.
- ALMEIDA, D. B.; COSTA, M. A. P.; BASSINI, L. N.; CALABUIG, C. I. P.; MOREIRA, C. G. A.; RODRIGUES, M. D. N.; PÉREZ, H. J.; TAVARES, R. A.; VARELA JR., A. S.; MOREIRA, H. L. M. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture International*, v. 21, p. 1291-1300, 2013.
- ALVARENGA, E. R.; SALES, S. C. M.; BRITO, T. S.; SANTOS, C. R.; CORRÊA, R. D. S.; ALVES, G. F. O.; MANDUCA, L. G.; TURRA, E. M. Effects of biofloc technology on reproduction and ovarian recrudescence in Nile tilapia. *Aquaculture Research*, v. 48, p. 5965-5972, 2017.
- AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. 3. ed. The World Aquaculture Society, p. 278-307, 2009.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 176, p. 227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio flocs technology ponds. *Aquaculture*, v. 264, p. 140-147, 2007.
- BROWDY, C. L.; RAY, A. J.; LEFFLER, J. W.; AVNIMELECH, Y. Biofloc based Aquaculture Systems. In: TIDWELL, J. (ed.). *Aquaculture Production Systems*. 1. ed. Kentucky State University, 2012. p. 278-307.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356, p. 351-356, 2012.
- DILMI, A.; MOGAF, H.; LOURGUIOUI, H.; REFES, W. Aplicação da tecnologia de bioflocos em incubatórios de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.): efeito no desempenho reprodutivo, qualidade da prole, desempenho de crescimento e parâmetros fisiológicos dos alevinos. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 36, n. 2, p. 478-497, 2024. DOI: 10.1080/10454438.2023.2276408.
- EKASARI, J.; ZAIRIN JR., M.; PUTRI, D. U.; SARI, N. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; BOSSIER, P. Biofloc-based reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. *Aquaculture Research*, v. 46, p. 509-512, 2015.
- EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): A tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, H. (ed.). *Water Quality*. InTech, 2017. p. 91-109.
- ENGDAW, F.; GEREMEW, A. Broodstock nutrition in Nile tilapia and its implications on reproductive efficiency. *Frontiers in Aquaculture*, v. 3, 2024. Disponível em:

<https://doi.org/10.3389/faquc.2024.1281640>. Acesso em: 12 nov. 2024.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Rome: FAO, 2020. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 244 p.

PEIXE BR. Anuário 2024 da Associação Brasileira da Piscicultura. São Paulo: Peixe BR, 2024.

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

SILVA, A. C. F.; CORRÊA FILHO, R. A. C.; VENTURA, A. S.; NUNES, A. L.; LAICE, M. L.; RIBEIRO, R. P.; OLIVEIRA, C. A. L.; ALMEIDA, L. C.; BARBOSA, P. T. L.; POVH, J. A. Reproductive performance in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 72, p. 1797-1804, 2020.

VALENTIN, F.; NASCIMENTO, N. F.; SILVA, R. C.; et al. Maternal age influences on reproductive rates in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 44, p. 161-163, 2015.

YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA, C. A. L.; KUNITA, N. M.; et al. Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 37, p. 221-226, 2015.

FERNANDES, A.; ALVARENGA, E.; OLIVEIRA, D.; ALEIXO, C.; PRADO, S.; LUZ, R.; TURRA, E. M. Production of oocytes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) for in vitro fertilization via hormonal treatments. *Reproduction in Domestic Animals*, v. 48, p. 1049-1055, 2013.

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia culture. 2. ed. London: Academic Press, 2020. ISBN 9780128165096.

EL-SAYED, A. F. M.; KAWANNA, M. A. Effect of dietary protein and energy levels on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 274, n. 1-4, p. 288-300, 2008.

IZQUIERDO, M. S.; ARJONA, F. J.; SANZ, A.; GARCÍA-GALLEGÓ, M.; RODRÍGUEZ, A.; VERGARA, J. M.; RODRÍGUEZ, C.; GARCÍA, M. A.; GARCÍA, L. E. Effect of dietary lipid sources on reproductive performance and egg quality of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, v. 202, n. 1-2, p. 191-205, 2001.

NG, W. K.; WANG, Y. B. Effects of dietary lipid sources on reproductive performance and egg quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2011.

CAPÍTULO 3

Características reprodutivas em coletas sucessivas de sêmen de tilápia-do-Nilo mantidos em tecnologia de bioflocos (BFT) com diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis

Resumo

O objetivo com esse estudo foi de avaliar as características reprodutivas em coletas sucessivas de sêmen de tilápia-do-Nilo mantidos em tecnologia de bioflocos com diferentes concentrações de sólidos. Foram distribuídos 24 reprodutores em dois tratamentos sendo eles: sólidos sedimentáveis de 40-45 mL/L e sólidos sedimentáveis de 10-15mL/L, com quatro repetições. A qualidade de água durante todo o período do experimento se manteve em níveis adequados para criação de tilápia-do-Nilo. Os resultados indicaram que a motilidade espermática permaneceu estável ao longo do tempo no tratamento com maior concentração de sólidos, a qual não foi mantida ao longo das coletas em BFT com baixa concentração de sólidos sedimentáveis. Parâmetros como velocidade média de deslocamento (VAP) e progressão (PROG) apresentaram melhores valores no BFT com alta concentração de SS, sugerindo que sólidos mais densos favorecem a qualidade seminal, provavelmente devido a uma maior disponibilidade de nutrientes e estabilidade ambiental. Em contrapartida, variáveis morfológicas como cauda quebrada e espermatozoides normais mostraram flutuações ao longo das coletas, evidenciando possível impacto negativo das coletas sucessivas em ambas as concentrações. Conclui-se que sistemas de BFT com alta concentração de sólidos sedimentáveis são mais adequados para otimizar a qualidade seminal e o desempenho reprodutivo em tilápias-do-Nilo. No entanto, intervalos maiores entre coletas podem ser necessários para minimizar o impacto prejudicial na qualidade do sêmen.

Palavras-chave: características seminais, *Oreochromis niloticus*, sistemas aquícolas, sistemas sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é amplamente reconhecida como uma das principais espécies de peixes cultivados mundialmente, principalmente devido ao seu rápido crescimento, alta adaptabilidade a diferentes condições ambientais e significativa relevância econômica para a aquicultura. Segundo El-Sayed (2019), a tilápia-do-Nilo destaca-se por características como receptividade a uma ampla variedade de alimentos, rápido crescimento e reprodução, rusticidade e ótima resistência a doenças, permitindo o superpovoamento e adaptação a baixos níveis de oxigênio dissolvido, quando comparada a espécies nativas. Mas, para garantir uma boa eficiência produtiva, a reprodução controlada e o adequado desenvolvimento de programas de melhoramento genético, é fundamental uma ótima qualidade do sêmen.

Paralelamente, atualmente os sistemas que utilizam a tecnologia de bioflocos têm se destacado na aquicultura moderna devido à sua capacidade de promover a sustentabilidade, pois ao mesmo tempo que incentiva a reutilização de nutrientes no meio aquático, permite a troca mínima ou nula de água e o crescimento de comunidades microbianas específicas (Emerenciano et al., 2013). Nesse sistema o nível de sólidos sedimentáveis (SS) constituem um parâmetro importantíssimo de qualidade de água. Concentrações elevadas de SS podem induzir estresse nos peixes, comprometendo sua saúde e, conseqüentemente, seu desempenho reprodutivo e sua qualidade seminal.

Estratégias que visam otimizar o desempenho reprodutivo durante a reprodução de peixes são cruciais para o desenvolvimento da atividade aquícola e a garantia da manutenção das espécies de peixes na natureza. Para tal, devem-se utilizar gametas de qualidade, promovendo máxima taxa de fertilização e subsequente desenvolvimento normal do embrião (Bobe & Labbe, et al., 2010).

A qualidade seminal influencia diretamente o sucesso reprodutivo. Entre os fatores que podem interferir na qualidade do sêmen, destacam-se as práticas de manejo reprodutivo, como as coletas sucessivas de sêmen. Estudos de coletas sucessivas de sêmen ao longo do período reprodutivo foram realizados com tambaqui (*Colossoma macropomum*) por Pires et al. (2017) e Jundiá amazônico (*Leiarius marmoratus*) por Spica et al. (2021). Tais estudos indicam que no período reprodutivo pode ocorrer coletas sucessivas de gametas, maximizando a utilização dos reprodutores. Todavia, faltam informações científicas quanto a intensidade de exploração dos machos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

A interação entre coletas sucessivas de sêmen e diferentes níveis de sólidos sedimentáveis totais permanece pouco explorada nos estudos atuais, especialmente em espécies de interesse econômico, como a tilápia-do-Nilo. Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de coletas de sêmen sucessivas sobre a qualidade seminal de machos de tilápia-do-Nilo cultivados em diferentes níveis de sólidos sedimentáveis em tecnologia de bioflocos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo e Peixes

O estudo foi realizado nos meses de julho e julho de 2024, na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul-MS. Foram utilizados 24 reprodutores tilápia-do-Nilo, obtidas no próprio setor de piscicultura, com peso médio de $385,42 \pm 47,21$ g; Comprimento total de $28,30 \pm 1,23$ cm; Comprimento padrão $23,80 \pm 1,02$ cm.

2.2 Desenho experimental

Os peixes foram alocados em tanques de contenção com bioflocos previamente maturados por sessenta dias. Para avaliação quanto ao seu desempenho reprodutivo, foram utilizados dois tratamentos sendo: 1) sólidos sedimentáveis/L entre 10 a 15 mL; 2) sólidos sedimentáveis/L entre 40 e 45mL. Cada tratamento teve quatro unidades experimentais (tanques de 1 m^3) e foram alocados três machos por unidade experimental. O período experimental em que os peixes foram avaliados foi 5 semanas.

Para a formação das unidades experimentais de BFT, foi utilizado o melaço líquido como fonte de carbono. Durante a fase de formação do bioflocos foi utilizada a proporção entre carbono e nitrogênio de 20:1, conforme metodologia de Avnimelech, (1999). Após a estabilização do sistema a proporção foi ajustada para 6:1 (C:N), conforme metodologia de Emerenciano et al. (2017). Os peixes foram mantidos por 60 dias antes do período da coleta sucessivas do experimento em BFT com concentração de sólidos sedimentáveis/L entre 15 e 20 mL, conforme recomendado para tilápia-do-Nilo (Emerenciano et al., 2017). Ao final dos sessenta dias, foi feita uma coleta inicial de sêmen, nesse momento os peixes foram marcados com microchip e depois foram distribuídos entre os dois tratamentos com diferentes

concentrações de sólidos sedimentáveis. Posteriormente, foram feitas quatro coletas com um intervalo de sete dias entre elas.

Quando necessário foi realizado o processo de clarificação conforme recomendado por Ray et al. (2010). Da mesma forma, o aumento da concentração de sólidos sedimentáveis e alcalinidade de carbonatos ao longo do experimento foram controlados conforme recomendado por Emerenciano et al. (2017).

2.3 Coleta do sêmen

Para a coleta do sêmen, os peixes foram envoltos individualmente com uma toalha úmida, a papila urogenital foi seca com papel toalha e o sêmen coletado mediante compressão dos testículos no sentido encéfalo-caudal, sendo descartada a primeira gota para evitar contaminação com água, urina ou sangue, conforme recomendando por Poupard et al., (1998). O sêmen foi coletado em seringas graduadas (3 mL) até a redução da liberação, conforme protocolo descrito por Billard et al., (1993). Para todas as coletas, avaliou-se o volume seminal (mL) individualmente. Em seguida, cada amostra foi submetida à determinação de concentração espermática, parâmetros espermáticos computadorizados, integridade de membrana e morfologia espermática.

2.4 Análise das características espermáticas

As análises espermáticas foram realizadas por meio do CASA (Computer Assisted Sperm Analysis). Para tanto, foram obtidos vídeos de movimentação espermática sincronicamente à ativação com água destilada (100 μ L de água para cada 1 μ L de sêmen) em microtubos de 1,5 mL. Após a ativação, 5 μ L (sêmen + água destilada) foram depositados em câmara hematimétrica de Neubauer (0,1 mm de profundidade) e cobertos com lamínula de vidro (24 x 24 mm) e em seguida levado a um microscópio acoplado à uma câmera Basler acA640-120gc configurada para a captura de imagens a 100 frames por segundos, conectada a um computador (sistema operacional Microsoft Windows 8©, processador Intel core i7©, CPU 2,4 GHz e 8 Gb de memória Ram) com objetiva de 10x previamente focada. O software utilizado para a gravação dos vídeos foi o Pylon e a duração de cada vídeo foi de 60 segundos. Os vídeos foram, então, processados no software VirtualDub 1.10.4 de acordo com descrições de Wilson-Leedy & Ingermann (2006) e repartidos em sequências de 100 imagens (1s) de 10 em 10 segundos pós-ativação. Em seguida, sequências de

imagens foram salvas em diretório específico e posteriormente importadas pelo *software ImageJ* (www.imagej.nih.gov/ij/) e processadas a partir do plugin CASA, utilizando-se as configurações adaptadas para peixes neotropicais brasileiros de Neumann et al. (2013) considerando como móveis, as células com valores acima de 15, 10 e 3 $\mu\text{m s}^{-1}$ para VCL, VAP e VSL, respectivamente.

Através do plugin CASA foi possível avaliar taxa de motilidade espermática (MOT %), velocidade curvilinear (VCL $\mu\text{m s}^{-1}$), velocidade média de deslocamento (VAP $\mu\text{m s}^{-1}$), velocidade em linha reta (VSL $\mu\text{m s}^{-1}$), retilinearidade (STR %), oscilação (WOB %), progressão (PROG μm), frequência de batimento transposto (BCF Hz) e número de espermatozoides (SPTZs). Os valores de linearidade (LIN %) foram calculados através da relação percentual entre VSL e VCL.

2.5 Morfologia espermática

Para a verificação da morfologia dos espermatozoides, o sêmen foi diluído em uma solução de formol-salino tamponado a 4,6%, na proporção de 1:100 (sêmen: diluidor). Em seguida, a amostra foi corada com Rosa de Bengala na diluição de 1:10. Após a coloração, 10 μL dessa solução foram colocadas em lâmina de vidro. As lâminas foram secas em temperatura ambiente e analisadas em microscópio óptico, e as amostras de espermatozoides ($n = 300$ espermatozoides/lâmina) foram avaliadas considerando as seguintes características: espermatozoide normal, cauda enrolada, cauda quebrada, cauda curta, duas caudas, cauda solta, gota distal e proximal, microcefalia e macrocefalia (Streit Jr et al., 2004).

2.6 Alimentação e qualidade de água

Os peixes foram alimentados duas vezes por dia, sendo uma vez no período da manhã e uma vez no período da tarde, com ração extrusada 32% PB para peixes onívoros (matéria seca 94,84%, matéria mineral na matéria seca 11,84%, proteína bruta 33,71% e extrato etéreo 3,36%). A taxa de alimentação foi ajustada em 3% da biomassa da caixa ao dia.

Durante o período experimental foi realizado monitoramento das características físico-químicas da água. Diariamente foram mensurados os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, oxigênio dissolvido (mg/L) (multiparâmetro YSI ProPlus) e salinidade (g/L ; Hanna HI98319). Semanalmente foram avaliados a alcalinidade ($\text{mg CaCO}_3/\text{mL}$; titulação), nitrogênio amoniacal total (mg/L ; NAT), nitrito (mg/L ; NO_2^-), nitrato (mg/L ;

NO₃⁻), mediante a utilização de reagentes comerciais (kit colorimétrico). A concentração de sólidos sedimentáveis foram mensurados duas vezes por semana, sendo determinada em cone de imhoff (volume de 1 L) após 30 minutos de decantação.

2.7 Análise estatística

Os dados de qualidade seminal, morfologia espermática e, integridade de membrana foram submetidos à Análise de Medidas Repetidas (KAPS e LAMBERSON, 2017). A análise foi conduzida utilizando a metodologia dos modelos mistos pelo procedimento MIXED do SAS, com as seguintes causas de variação no modelo: tratamento, coleta e a interação entre estes. O erro para avaliação das subparcelas foi repetição dentro de tratamento. As análises foram executadas seguindo as orientações de KAPS e LAMBERSON (2017), LITTELL et al., (2006), LITTELL et al., (1998) e WOLFINGER & CHANG (1995).

A seleção da melhor estrutura da matriz de covariâncias foi feita pelo estudo das várias estatísticas fornecidas pelo procedimento MIXED do SAS: -2 Res Log Likelihood (RLL), Akaike's Information Criterion (AIC) e Schwarz's Bayesian Criterion (BIC), seguindo as orientações de KINCAID (2005) e LITTELL et al. (2006). Quanto menor o valor dessas estatísticas, melhor a estrutura. Foram avaliadas quatorze estruturas. O Teste da Razão de Verossimilhança Restrita foi utilizado para avaliar a adequação da estrutura de (co)variância escolhida em relação a estrutura Iσ² (erros independentes). A esfericidade da matriz de covariâncias foi realizada pelo Teste de Mauchly, para verificar se a análise considerando parcelas divididas no tempo (PROC GLM) – é melhor que a especificada no PROC MIXED. As médias de mínimos quadrados foram comparadas pelo Teste de Tukey-Kramer com nível de significância de 0,05. As variáveis dependentes: concentração, cauda curta, duas caudas, macrocefalia, microcefalia, gota proximal, gota distal foram submetidas à transformação logarítmica (LOG (X+1)).

Os dados das características de qualidade de água e da análise bromatológica da BFT foram submetidos ao Teste t de Student para amostras independentes com nível de significância de 0,05 (KAPS e LAMBERSON, 2017).

3. RESULTADOS

As médias das variáveis de qualidade de água durante o período de sessenta dias em que os peixes foram mantidos em BFT (período anterior aos peixes serem alocados nas diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis) não foram diferentes significativamente para nenhuma das variáveis. Cabe destacar que nesse período anterior, os peixes foram mantidos na concentração de sólidos intermediária (20 ml/L) (Tabela 01).

Exceto a concentração de sólidos sedimentáveis (SS) que foi ajustado para alta e baixa concentração de sólidos, e os compostos nitrogenados, as demais variáveis de qualidade de água diferiram apenas na segunda coleta. Além disso, observou-se que na segunda coleta e na quarta a temperatura média foi inferior ($P < 0,05$) e o pH superior ($P < 0,05$) na segunda coleta em BFT com alta concentração de SS. Da mesma forma, apenas na segunda coleta houve diferença significativa para alguns compostos nitrogenados, sendo o nitrogênio amoniacal total e nitrito maiores ($P < 0,05$) em BFT com alta concentração de SS. Por fim, a alcalinidade foi maior ($P < 0,05$) em BFT com maior SS (Tabela 1).

Tabela 1. Características de qualidade de água dos tanques obtidas em períodos que antecedem as coletas sucessivas de sêmen de reprodutores de tilápia-do-Nilo mantidas em níveis de sólidos sedimentáveis

Variáveis	¹ COLETA 1		
	Coleta inicial (sólidos 20 mL/L)		Valor-p
Temperatura °C	27,10 ± 0,29	26,53 ± 1,26	0,4433
OD mg/L	7,61 ± 0,11	7,42 ± 0,13	0,7228
pH	7,95 ± 0,06	7,91 ± 0,17	0,7129
NO ₂ mg/L	0,28 ± 0,33	0,22 ± 0,44	0,7427
NO ₃ mg/L	80 ± -	80 ± -	-
NAT mg/L	0,16 ± 0,12	0,39 ± 0,27	0,1758
ALC mg/L	112,50 ± 6,45	112,75 ± 16,66	0,3170
SS mg/L	20,12 ± 0,85	20,55 ± 0,45	0,4126
Variáveis	² COLETA 2		
	Sólidos 40-45 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Valor-p
Temperatura °C	26,13 ± 0,63	27,1 ± 0,46	0,0495
OD mg/L	7,68 ± 0,14	7,60 ± 0,08	0,3979
pH	7,94 ± 0,0	7,79 ± 0,08	0,0264
NO ₂ mg/L	0,97 ± 0,90	0,06 ± 0,07	0,1366

NO ₃ mg/L	80 ± -	80 ± -	-
NAT mg/L	0,25 ± -	0,13 ± -	<0,0001
ALC mg/L	154,17 ± 16,24	111,25 ± 7,77	0,0031
SS mg/L	41,17 ± 1,29	12,5 ± 1,61	<0,0001

Tabela 1. Características de qualidade de água dos tanques obtidas em períodos que antecedem as coletas sucessivas de sêmen de reprodutores de tilápia-do-Nilo mantidas em níveis de sólidos sedimentáveis

² COLETA 3			
Variáveis	Sólidos 40-15 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Valor-p
Temperatura °C	25,84 ± 0,95	26,79 ± 0,58	0,1392
OD mg/L	7,70 ± 0,12	7,68 ± 0,125	0,8101
pH	7,91 ± 0,07	7,81 ± 0,06	0,1094
NO ₂ mg/L	1,07 ± 0,61	0,54 ± 0,68	0,2828
NO ₃ mg/L	80 ± -	80 ± -	-
NAT mg/L	0,22 ± 0,06	0,12 ± 0,10	0,1693
ALC mg/L	127,5 ± 17,67	105,63 ± 4,26	0,0864
SS mg/L	41,41 ± 1,85	11,41 ± 1,19	<0,0001
² COLETA 4			
Variáveis	Sólidos 40-15 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Valor-p
Temperatura °C	24,40 ± 0,40	25,06 ± 0,17	0,0247
OD mg/L	7,00 ± 0,09	7,95 ± 0,05	0,4271
pH	7,92 ± 0,11	7,90 ± 0,06	0,6137
NO ₂ mg/L	0,31 ± 0,29	0,1275 ± 0,10	0,2755
NO ₃ mg/L	80 ± -	80 ± -	-
NAT mg/L	0,25 ± 0	0,22 ± 0,06	0,3910
ALC mg/L	107,5 ± 19,98	100,0 ± 10,80	0,5290
SS mg/L	42,29 ± 2,33	12,75 ± 1,44	<0,0001
² COLETA 5			
Variáveis	Sólidos 40-15 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Valor-p
Temperatura °C	25,84 ± 0,52	26,90 ± 0,1	0,1602
OD mg/L	7,60 ± 0,07	7,55 ± 0,07	0,39507
pH	7,75 ± 0,9	7,79 ± 0,02	0,4714
NO ₂ mg/L	0,12 ± 0,17	0,09 ± 0,12	0,7733
NO ₃ mg/L	80 ± -	80 ± -	-
NAT mg/L	0,25 ± 0,10	0,09 ± 0,12	0,0927
ALC mg/L	106,25 ± 7,77	100,63 ± 3,14	0,2283
SS mg/L	43,5 ± 1,68	13,32 ± 1,43	<0,0001

1 – Valores obtidos de sessenta dias antes do início do experimento, 2- Valores médios obtidos de sete dias antes de cada coleta. OD – oxigênio dissolvido (mg/L); NO₂ – nitrito (mg/L); NO₃ – nitrato (mg/L); NAT - nitrogênio amoniacal total (mg/L); ALC - alcalinidade (mg CaCO₃/mL); SS – sólidos sedimentáveis

As características do sêmen obtidas pelo CASA (computer Assisted Sperm Analysis) para reprodutores de tilápia-do-Nilo mantidos em BFT com baixa e alta concentração de sólidos sedimentáveis podem ser observadas na tabela 2. Embora a motilidade não tenha sido diferente ($P>0,05$) entre as diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis nas diferentes coletas, observou-se que a motilidade não diferiu ($P>0,05$) entre as coletas quando os reprodutores foram mantidos na maior concentração (40-45 m/L), enquanto na menor concentração (10-15 m/L) houve diferença ($P<0,05$) entre as coletas, com menor motilidade na segunda coleta em relação a última coleta (Tabela 2),

Não houve interação entre tratamento e coletas, e as variáveis de velocidade curvilinear (VCL), retilinearidade (STR), oscilação (WOB), não diferiram significativamente entre os tratamentos com BFT de baixa e alta concentração de sólidos sedimentáveis e em nenhuma das coletas avaliadas. No aspecto quantitativo, observou-se que o volume de sêmen, assim como o número de espermatozóides e produção total de espermatozóides não foram influenciados quando os machos de tilápia-do-Nilo foram mantidos nas diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis e nem pelas coletas sucessivas (Tabela 02).

A velocidade em linha reta (VSL) frequência de batimento transposto (BCF), concentração, membrana plasmática intacta (PI-), membrana plasmática danificada (PI+) não apresentaram diferenças ($P>0,05$) para os tratamentos com diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis. Porém houve diferença ($P<0,05$) entre as coletas, sendo que para a variável VSL obteve menor valor na primeira coleta em relação a quinta coleta; a variável BCF obteve menor valor na primeira coleta em relação a quarta e quinta coleta; concentração foi maior na primeira coleta em relação as demais coletas. No que se refere à integridade de membrana dos espermatozóides, houve menor porcentagem de membrana plasmática intacta (PI-) e maior porcentagem de membrana plasmática danificada (PI+) na primeira coleta em relação às demais coletas (Tabela 02).

Houve interação significativa para as variáveis de velocidade média de deslocamento (VAP) e de progressão (PROG). Observou-se na variável VAP que ela não diferiu ($P>0,05$) entre as coletas quando os reprodutores foram mantidos na maior concentração (40-45 m/L), enquanto na menor concentração (10-15 m/L) houve diferença ($P<0,05$) entre as coletas, com maior valor na quinta coleta em relação a segunda, terceira e quarta. Com relação a variável PROG, observou-se que

apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as coletas, sendo que para o tratamento com maior concentração de sólidos apresentou menor valor para a primeira coleta em relação a quarta e quinta coleta. No tratamento com menor concentração apresentou menor valor na segunda coleta em relação a quinta coleta.

Tabela 2 – Médias de mínimos quadrados de características quantitativas e qualitativas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos sedimentáveis de em tecnologia de bioflocos (BFT) e avaliado em cinco coletas sucessivas

Coleta	Características seminais			
	Sólidos 40-45 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Média	¹ Valor-p
Motilidade (%)				
1	54,15 Aa	50,50Aab	-	0,3351 _a
2	77,02 Aa	45,65Ab	-	0,1422 _b
3	74,77 Aa	59,02 Aab	-	0,0052 _c
4	73,75 Aa	59,03 Aab	-	
5	71,40 Aa	75,90 Aa	-	
Média	-	-		
VCL (um/s)				
1	52,0612	58,3310	55,20 a	0,2397 _a
2	62,2715	48,1150	55,19 a	0,1247 _b
3	65,5345	56,3415	60,94 a	0,0738 _c
4	64,9873	56,3415	60,66 a	
5	65,6995	70,8627	68,28 a	
Média	60,1108 A	57,9983 A		
VAP (um/s)				
1	41,4965 Aa	47,9928Aab	-	0,2505 _a
2	53,3493 Aa	40,3075 Ab	-	0,0098 _b
3	51,8548 Aa	43,9862 Ab	-	0,0025 _c
4	56,3655 Aa	43,9862 Ab	-	
5	56,5682 Aa	60,5760 Aa	-	
Média	-	-		
VSL (um/s)				
1	37,1048	44,7150	40,91 a	0,4232 _a
2	50,0900	37,1683	43,63 ab	0,0108 _b
3	47,8575	41,0343	44,44 ab	0,1620 _c
4	50,0647	41,0343	45,55 ab	
5	50,2185	54,2350	52,22 b	
Média	47,06 A	43,63 A		
STR (%)				
1	88,12	92,13	90,15 a	0,3220 _a
2	93,58	73,40	83,49 a	0,4379 _b
3	92,15	81,33	86,74 a	0,5994 _c
4	89,25	81,33	85,29 a	

5	89,30	89,28	89,29 a
Média	91,28 A	83,50 A	

Tabela 2 – Médias de mínimos quadrados de características quantitativas e qualitativas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos sedimentáveis de em tecnologia de bioflocos (BFT) e avaliado em cinco coletas sucessivas

Coleta	Características seminais			
	Sólidos 40-45 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Média	¹ Valor-p
	WOB (%)			
1	77,95	81,25	79,60 a	0,2452 _a
2	85,43	66,10	75,77 a	0,0429 _b
3	79,25	68,60	73,93 a	0,1417 _c
4	86,60	68,80	77,60 a	
5	86,03	85,60	85,84 a	
Média	83,05 A	74,04 A		
	PROG (µm)			
1	1520,37 Ab	1836,49 Aab	-	0,3635 _a
2	2088,47Aab	1553,73 Ab	-	0,0037 _b
3	1981,98Aab	1690,59 Aab	-	0,0060 _c
4	2119,85 Aa	1690,59 Aab	-	
5	2129,40 Aa	2287,06 Aa	-	
Média	-	-		
	BCF (Hz)			
1	76,1730	85,5863	80,8796 b	0,3792 _a
2	114,7100	90,8380	102,7740 ab	0,0006 _b
3	110,5400	95,3550	102,9450 ab	0,1071 _c
4	120,4500	95,3550	107,9025 a	
5	119,3300	121,5900	120,4600 a	
Média	108,2406 A	97,7448 A		
	SPTZs			
1	20,6475	24,0425	22,3450 a	0,4965 _a
2	15,7500	14,5275	15,1387 a	0,2731 _b
3	12,0000	14,2100	13,1050 a	0,6436 _c
4	19,3675	14,2100	16,7850 a	
5	17,3525	7,7100	12,5300 a	
Média	17,0235 A	14,9400 A		
	Volume (mL)			
1	0,1875	0,2075	0,1975 a	0,9173 _a
2	0,2514	0,1600	0,1679 a	0,0502 _b
3	0,3500	0,2575	0,3038 a	0,0640 _c
4	0,2350	0,2575	0,2463 a	

5	0,2500	0,5600	0,4050 a
Média	0,2396 A	0,2885 A	
Concentração			
1	9,07	13,44	11,26 b
2	0,95	1,16	1,06 a
			0,3713 _a
			<0,0001 _b

Tabela 2 – Médias de mínimos quadrados de características quantitativas e qualitativas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos sedimentáveis de em tecnologia de bioflocos (BFT) e avaliado em cinco coletas sucessivas

Coleta	Características seminais			
	Sólidos 40-45 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Média	¹ Valor-p
3	1,44	1,48	1,48 a	0,9611 _c
4	1,01	1,27	1,27 a	
5	1,05	1,08	1,08 a	
Média	2,71 A	3,23 A		
Ptotal				
1	2,5200	3,5175	3,0187 a	0,5461 _a
2	0,1644	0,3400	0,2522 a	0,1575 _b
3	0,5050	0,3650	0,4350 a	0,7591 _c
4	0,2500	0,3650	0,3075 a	
5	0,2750	0,5850	0,4300 a	
Média	0,7428 A	1,0345 A		
PI -				
1	24,23	26,75	25,49 a	0,1479 _a
2	63,20	54,54	58,87 b	<0,0001 _b
3	85,08	77,18	81,13 b	0,8032 _c
4	75,32	57,56	66,44 b	
5	75,55	70,11	72,83 b	
Média	64,68 A	57,23 A		
PI +				
1	75,77	73,25	74,51 a	0,1478 _a
2	36,79	45,43	41,11 b	<0,0001 _b
3	14,92	22,82	18,87 b	0,8029 _c
4	24,68	42,44	33,56 b	
5	24,45	29,89	24,45 b	
Média	35,32 A	45,99 A		

1 - Valor-p obtido para as seguintes causas de variação no modelo: tratamento_a, coleta_b e a interação entre tratamento x coleta_c, as médias de mínimos quadrados foram comparadas pelo Teste de Tukey-Kramer com nível de significância de 0,05; onde, letras maiúsculas nas linhas apresentam diferença entre os tratamentos (Sólidos de 40-45 x Sólidos de 10-15); e letras minúsculas na coluna apresentam diferenças entre as coletas (1-5). MOT- motilidade espermática; VCL - velocidade curvilínea; VAP- velocidade média de deslocamento; VSL - velocidade em linha reta; STR - retilinearidade; WOB - oscilação; PROG- progressão; BCF - frequência de batimentos transposto; (SPTZs) – número de espermatozoides; PI- -membrana plasmática intacta; PI+ - membrana plasmática danificada. As características concentração, cauda curta, duas caudas, macrocefalia, microcefalia, gota proximal, gota

distal são apresentadas na escala original, após a transformação inversa da transformação logarítmica ($\text{LOG}(X+1)$).

As características morfológicas do sêmen de reprodutores de tilápia-do-Nilo mantidos em BFT com baixa e alta concentração de sólidos sedimentáveis podem ser observadas na tabela 3. As variáveis de cauda curta, duas caudas, macrocefalia, microcefalia, gota proximal e gota distal não resultaram em interação significativa entre tratamentos e coletas, e não diferiram significativamente entre as diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis, e também não diferiram significativamente entre as coletas.

As variáveis de espermatozoides normais, cauda enrolada e cauda solta não diferiram significativamente entre os tratamentos com BFT de baixa e alta concentração de sólidos sedimentáveis, porém houve diferença ($P < 0,05$) entre as coletas. Obteve-se maior número de espermatozoides normais na terceira coleta em relação a primeira e quarta coleta. Na variável cauda enrolada, obteve-se menor número na terceira coleta em relação a primeira, quarta e quinta coleta, enquanto na a variável cauda solta teve um menor número na segunda coleta em relação a primeira coleta (tabela 3).

Houve interação significativa entre tratamento e coleta para a variável cauda quebrada. Embora não tenha sido diferente ($P > 0,05$) quando os reprodutores foram mantidos em BFT nas diferentes concentrações de sólidos sedimentáveis, observou-se que a cauda quebrada não diferiu ($P > 0,05$) entre as coletas quando os reprodutores foram mantidos na maior concentração (40-45 m/L), enquanto na menor concentração (10-15 m/L) houve diferença ($P < 0,05$) entre as coletas, com menor valor na terceira coleta em relação a primeira e quarta coleta (tabela 3).

Tabela 3 – Médias de mínimos quadrados de características morfológicas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos de em tecnologia de bioflocos (BFT)

Coleta	Morfologia do sêmen de tilápia-do-Nilo (<i>oreochromis niloticus</i>)			
	Sólidos 40-45 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	Média	¹ Valor-p
Espermatozoide normal				
1	223,99	213,25	218,62 b	0,4114 _a
2	237,87	238,00	237,94 ab	0,0124 _b
3	245,58	244,00	244,79 a	0,2233 _c
4	231,42	202,00	216,71 b	
5	225,13	232,38	228,76 ab	

Média	232,798 A	225,926 A		
Cauda quebrada				
1	16,75 Aa	26,00 Aa	-	0,1284a
2	16,16 Aa	18,37 Aab	-	0,0105b
3	17,75 Aa	12,37 Ab	-	0,0345c
4	20,25 Aa	30,25 Aa	-	
5	22,25 Aa	20,12 Aab	-	
Média	-	-		

Tabela 3 – Médias de mínimos quadrados de características morfológicas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos de em tecnologia de bioflocos (BFT)

Cauda enrolada				
1	23,55	25,75	24,65 a	0,7444a
2	16,50	18,25	17,38 bc	<0,0001b
3	13,75	12,50	13,13 c	0,6845c
4	17,37	20,33	18,85 b	
5	27,75	24,62	26,19 a	
Média	19,78 A	20,29 A		
Cauda Solta				
1	6,49	6,75	6,62 a	0,7195a
2	2,06	2,75	2,41 b	0,0070b
3	4,59	7,62	6,11 ab	0,6932c
4	2,99	3,00	3,00 ab	
5	3,34	3,00	3,17 ab	
Média	3,89 A	4,62 A		
Cauda Curta				
1	9,91	8,30	9,11 a	0,7992a
2	4,10	5,49	4,80 a	0,2982b
3	4,87	4,81	4,84 a	0,8099c
4	7,08	3,85	5,47 a	
5	3,57	4,64	4,11 a	
Média	5,91 A	5,42 A		
Duas Caudas				
1	0,55	0,62	0,58 a	0,5049a
2	2,03	0,86	1,45 a	0,6693b
3	0,11	2,53	1,32 a	0,1300c
4	0,31	0,86	0,58 a	
5	0,86	0,31	0,58 a	
Média	0,77 A	1,03 A		
Macrocefalia				
1	8,87	11,68	10,28 a	0,2584a
2	10,13	8,58	9,36 a	0,0469b
3	4,21	5,23	4,72 a	0,6606c
4	7,58	16,12	11,85 a	
5	5,96	6,32	6,14 a	

Média	7,07 A	8,89 A		
Microcefalia				
1	1,03	2,63	1,83 a	0,9334 _a
2	1,34	1,36	1,35 a	0,3385 _b
3	1,80	5,11	3,46 a	0,1532 _c
4	5,05	1,20	3,13 a	
5	4,47	3,22	3,85 a	
Média	2,38 A	2,45 A		

Tabela 3 – Médias de mínimos quadrados de características morfológicas de sêmen de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantido em diferentes níveis de sólidos de em tecnologia de bioflocos (BFT)

Gota Proximal				
1	1,03	2,46	1,74 a	0,5077 _a
2	0,62	1,77	1,19 a	0,0924 _b
3	1,05	0,97	1,01 a	0,0744 _c
4	0,86	2,03	1,45 a	
5	0,45	1,36	0,91 a	
Média	0,80 A	1,72 A		
Gota Distal				
1	0,97	0,25	0,61 a	0,5566 _a
2	0,90	0,72	0,81 a	0,0035 _b
3	1,12	1,46	1,29 a	0,8066 _c
4	1,44	0,40	0,92 a	
5	0,34	0,34	0,34 a	
Média	0,95 A	0,63 A		

1 - Valor-p obtido para as seguintes causas de variação no modelo: tratamento_a, coleta_b e a interação entre estes_c, as médias de mínimos quadrados foram comparadas pelo Teste de Tukey-Kramer com nível de significância de 0,05. Letras maiúsculas nas colunas apresentam diferença entre os tratamentos (Sólidos de 40-45 x Sólidos de 10-15) e letras minúsculas na linha apresentam diferenças entre as coletas.

Os resultados da análise bromatológica da BFT na maior concentração (40-45 m/L) e na menor concentração (10-15 m/L) podem ser observadas na tabela 4. As variáveis de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) não apresentaram diferenças significativas. A matéria mineral (MN) apresentou diferença ($P < 0,05$), tendo um maior valor no tratamento com sólidos de menor concentração,

Tabela 4, Análise bromatológica dos sólidos de bioflocos de diferentes níveis de sólidos

Variáveis	Tratamentos		Valor-p
	Sólidos 40-15 (mL/L)	Sólidos 10-15 (mL/L)	
MS	91,00 ± 1,03	92,01 ± 0,058	0,1678
MN	26,43 ± 2,31	29,89 ± 1,50	0,0467

PB	32,58 ± 1,16	29,55 ± 2,54	0,0732
EE	0,61 ± 0,18	0,82 ± 0,44	0,4037

MS – Matéria seca; MN – matéria mineral; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo.

4. DISCUSSÃO

A semelhança nos valores obtidos para as variáveis de qualidade de água dos peixes mantidos em BFT por sessenta dias anterior ao início do experimento evidenciam que essas não interferiram nas avaliações subsequentes quando os reprodutores foram mantidos em alta e baixa concentração de SS. No entanto, observou-se diferenças significativas nas variáveis de temperatura e pH quando os peixes foram mantidos em alta concentração de sólidos ($26,13 \pm 0,63^{\circ}\text{C}$; e $7,94 \pm 0,0$) e baixa concentração de SS ($27,1 \pm 0,46^{\circ}\text{C}$; $7,79 \pm 0,08$), mas essas diferenças não devem ter interferido nos resultados das variáveis, considerando que estavam dentro da faixa considerada adequada para tilápia-do-Nilo em sistemas de produção em água clara (Boyd 1990; El-Sayed, 2020) e em BFT (Emerenciano et al., 2017).

A BFT em ambas as concentrações avaliadas estava adequadamente maturada e estável, considerando que os compostos nitrogenados estavam adequados para o que se espera do cultivo em BFT, que é nitrogênio amoniacal total e nitrito abaixo de 1 mg/L e presença de nitrato em concentrações maiores (Emerenciano et al., 2017). No entanto, na segunda semana, e apenas nessa semana, observou-se que na menor concentração de SS o nitrogênio amoniacal total e nitrito foram melhor controlados, mas em ambas as concentrações os valores dessas variáveis ficaram dentro da faixa adequada para tilápia-do-Nilo e, portanto, não devem ter interferido nos resultados. Essas diferenças nos compostos nitrogenados na segunda semana foram estabilizadas nas demais semanas, sem comprometimento nos tratamentos.

Por fim, quanto ao aspecto de qualidade de água, cabe destacar que ambas as concentrações de sólidos avaliadas nesse trabalho estão dentro da faixa recomendada para tilápia-do-Nilo na fase adulta em BFT, que é de 20 a 50 mL/L (Emerenciano et al., 2017). Portanto, em ambas as avaliações o que se espera é determinar um nível mais adequado para reprodução de machos sem comprometimento na viabilidade dos peixes nas diferentes concentrações, mas com possíveis melhoras nas características reprodutivas dos machos, tendo em vista os aspectos nutricionais, inclusive de ações probióticas, e possível efeito no aspecto

imunológico (Monroy-Dosta et al., 2013), talvez mais evidenciado em condições de maior concentração de sólidos.

Estudos demonstram que a tecnologia de bioflocos (BFT) melhora as características reprodutivas de tilápias, como taxas de fertilização e qualidade dos ovos (Sallam et al., 2025). No entanto, estudos avaliando especificamente o impacto da BFT na coleta de sêmen de machos ainda são escassos, considerando que geralmente é aplicado o sistema reprodutivo natural. Nesse sentido, faltam informações quanto as características qualitativas e quantitativas de sêmen para essa espécie, visto que a qualidade do sêmen desempenha um papel crucial no desempenho reprodutivo (Galo et al., 2014), sendo determinante para alcançar taxas satisfatórias de fertilização e eclosão durante o processo reprodutivo (Gallego et al., 2013).

Dentre as características qualitativas, a motilidade espermática se destaca como uma das mais relevantes em diversas espécies (Billard et al., 1995), apresentando alta correlação com os índices de fertilização e eclosão (Bobe & Labbé, 2010). Embora a duração da motilidade varie entre espécies, geralmente não excede dois minutos (Rurangwa et al., 2004). A motilidade espermática encontrada por Matavelli et al, (2007) registraram, para a tilápia-do-Nilo, uma taxa de aproximadamente 81%, porém esse resultado não foi obtido através do CASA, mas sim de forma subjetiva. Os resultados para motilidade desse estudo foram menores comparativamente, sendo possivelmente devido as diferentes metodologias de avaliação.

No presente estudo observou-se que a motilidade dos reprodutores no tratamento com maior concentração de SS permaneceu estável durante as coletas, indicando que maiores concentrações de sólidos oferecem vantagens significativas em comparação aos de baixa concentração. Isso pode estar relacionado ao fato que a BFT na maior concentração de sólidos sedimentáveis pode abrigar uma maior quantidade de comunidades microbianas benéficas, como *Bacillus* sp, que competem com patógenos e estabilizam o ambiente aquático (Monroy-Dosta et al., 2013). Esses fatores podem melhorar o estado imunológico dos peixes, favorecendo a espermatogênese e, conseqüentemente, a qualidade do sêmen, ao reduzir os efeitos negativos do estresse e de infecções.

As variáveis de VAP e PROG, obtiveram melhores resultados no tratamento com maior concentração de SS em relação de ao de menor concentração. Esse resultado, pode ser explicado provavelmente devido aos seus benefícios nutricionais, visto que

os agregados microbianos (bioflocos) formados no sistema podem ser consumidos pelos peixes (EMERENCIANO et al., 2017). Assim, em BFT com maior concentração de SS (40-45ml/L), os peixes podem ter acesso a uma quantidade maior de partículas ricas em nutrientes, o que pode resultar em uma melhoria no seu estado nutricional e, conseqüentemente, na qualidade do sêmen.

As variáveis de velocidade em linha reta (VSL) frequência de batimento transposto (BCF) e concentração, tiveram apenas diferença entre as coletas tendo um aumento dos seus valores a cada coleta. O que pode ser explicado pelo tempo de adaptação dos peixes ao tratamento, visto que antes do período das coletas esses reprodutores estavam mantidos em BFT com níveis de sólidos de 20 ml/L. Ao longo das coletas esses animais podem ter se adaptando ao sistema e conseqüentemente obtiveram melhores resultados.

As variáveis de espermatozoide normal e de cauda quebrada, membrana plasmática intacta (PI-) e a de membrana plasmática danificada (PI+) ao longo das coletas sofreram oscilações entre seus valores em ambas as concentrações de SS, indicando que mesmo na maior concentração de sólidos sedimentáveis não houve melhora nessa variável. Um fato que pode ter influenciado nas oscilações dessas variáveis, pode ser o tempo de intervalo entre as coletas, visto que em outras espécies, como *Leiarius marmoratus* houve um intervalo de dez dias entre as coletas (Spica et al., 2021). Desse modo, talvez, um intervalo maior que sete dias entre as coletas, poderia trazer resultados melhores.

Para as variáveis de cauda quebrada, enrolada, solta e curta, as médias gerais foram semelhantes entre os tratamentos, indicando que os níveis de sólidos tiveram pouca influência direta sobre essas características. Contudo, algumas diferenças foram observadas entre as coletas, como no caso da cauda quebrada, com valores mais elevados nas últimas coletas, possivelmente indicando um efeito cumulativo de estresse. Por outro lado, as características como cauda enrolada e curta mostraram estabilidade ao longo do experimento, sugerindo que esses parâmetros podem ser menos sensíveis às mudanças de níveis de sólidos da BFT. O estresse cumulativo ao longo do tempo também pode explicar o aumento de certas anomalias nas coletas finais. Porém, apesar da realização de alguns estudos sobre a morfologia espermática em peixes (Bombardelli et al., 2006; Streit Jr, et al., 2006), ainda falta uma definição acerca do índice de anormalidade aceitável para reprodutores.

A análise bromatológica da BFT, apresentou diferença estatística tendo maior valor de matéria mineral (MN) nos sólidos de baixa concentração. Mesmo com essa diferença nessa única variável, pode-se dizer que no tratamento de maior concentração de sólidos possui vantagem em relação ao de menor concentração, pois ele possui uma maior quantidade de bioflocos (rico em microrganismo, inclusive bactérias probióticas) que irão servir como fonte de alimento para os organismos que irão ser cultivados nessa água, podendo reduzindo os gastos com a alimentação, visto que os custos com alimentação consomem mais que 50% dos custos operacionais da produção (Hasan et al., 2013; Martínez-Córdova et., 2009) e/ou simplesmente melhorar a nutrição dos reprodutores, tendo em vista a carência quando de informações de nutrição de reprodutores.

De modo geral, a concentração de sólidos influencia diretamente a estabilidade microbiana e a qualidade da água no sistema de bioflocos. O tratamento com maior volume de sólidos (40-45 mL/L) pode oferecer menor oscilações entre as coletas nas variáveis de qualidade de sêmen em relação a níveis mais baixos (10-15 mL/L). Além disso, a adaptação dos peixes ao ambiente experimental pode ter contribuído para as alterações ao longo das coletas, uma vez que mudanças ambientais, nutricionais e o manejo geral influenciam a saúde reprodutiva dos animais.

5. CONCLUSÃO

A utilização de uma maior concentração de volume de sólidos resultou em melhor características qualitativas e quantitativas do sêmen e maior estabilidade dos valores entre as sucessivas coletas em tilápia-do-Nilo. Quanto às características morfológicas, observou-se que coletas sucessivas em curtos intervalos, resultou em aumento de anormalidades, sugerindo que um período maior que sete dias de descanso entre as coletas pode ser necessário.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT); e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

7. REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 176, p. 227-235, 1999.
- BILLARD, R.; COSSON, J.; CRIM, L. W. Motility of fresh and aged halibut sperm. *Aquatic Living Resources*, v. 6, p. 67–75, 1993.
- BOBE, J.; LABBÉ, C. Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology*, v. 165, n. 3, p. 535-548, 2010.
- BOMBARDELLI, R. A.; MÖRSCHBÄCHER, E. F.; CAMPAGNOLO, R., et al. Dose inseminante para fertilização artificial de ovócitos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimardm, 1824). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1251-1257, 2006a.
- BOYD, C. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn: Auburn University: Birmingham Publishing Co., 1990. 482 p.
- EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, 2006. 277 p.
- EL-SAYED, A. F. M. Tilapia culture. 2. ed. London: Academic Press, 2020. ISBN 9780128165096.
- EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZO, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: Biomass Now - Cultivation and Utilization. [S.l.]: InTech, 2013. v. 11, p. 13.
- EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. Biofloc technology (BFT): A tool for water quality management in aquaculture. In: TUTU, H. (ed.). Water Quality. InTech, 2017. p. 91-109.
- GALO, J. M.; STREIT JR, D. P.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; RESENDE, E. K.; OLIVEIRA, D.; RIBEIRO, R. P. Sperm quality of the Amazon catfish *Leirarius marmoratus* (Gill, 1870) after cold storage. *Brazilian Journal of Biology*, v. 74, p. 933-938, 2014.
- GALLEGO, V.; PÉREZ, L.; ASTURIANO, J. F.; YOSHIDA, M. Relationship between spermatozoa motility parameters, sperm/egg ratio, and fertilization and hatching rates in pufferfish (*Takifugu niphobles*). *Aquaculture*, v. 416-417, p. 238-246, 2013.
- HASAN, M.; NEW, M. On-farm feeding and feed management in aquaculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. p. 67.
- KAPS, M.; LAMBERSON, W. R. Biostatistics for animal science. 3 ed. Boston, MA: CABI, 2017. 547p.
- KINCAID, C. D. Guidelines for selecting the covariance structure in mixed model analysis. SUGI 30 Proceedings, Paper 198–30, 10–13 April 2005, Philadelphia,

Pennsylvania. Disponível em: <http://www2.sas.com/proceedings/sugi30/198-30.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2010.

LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, v. 76, p. 1216-1231, 1998.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R. D.; SCHABENBERG, O. SAS system for mixed models. 2. ed. Cary, NC: SAS Institute, 2006. 814p.

MATAVELLI, M.; MORAES, G. V.; STREIT JR, D. P., et al. Avaliação da qualidade do sêmen de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem chitralada, suplementada com diferentes concentrações de vitamina C. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 33, n. 1, p. 1-7, 2007.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L.; MARTÍNEZ PORCHAS, M.; CORTÉS-JACINTO, E. Mexican and world shrimp aquaculture: sustainable activity or contaminant industry? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, v. 25, p. 181–196, 2009.

MONROY DOSTA, M. del C.; RODRÍGUEZ-MONTES DE OCA, G. A.; CASTRO MEJÍA, J.; CASTRO MEJÍA, G.; BECERRIL, D. Importance and function of microbial communities in aquaculture systems with no water exchange. *Scientific Journal of Animal Science*, v. 4, n. 9, p. 103-110, 2015. DOI: 10.14196/sjas.v4i9.1941.

NEUMANN, G.; BOMBARDELLI, R. A.; REBECHI DE TOLEDO, C. P.; SANCHES, E. A. Análise espermática computadorizada em peixes de água doce: procedimentos para uso do aplicativo CASA em software livre. Os Autores, Toledo, PR, Brasil, 2013.

PIRES, L. B.; SANCHES, E. A.; ROMAGOSA, E.; CORRÊA FILHO, R. A. C.; STREIT JR, D. P.; NASS, R. A. R.; POVH, J. A. Semen characteristics of *Colossoma macropomum* from three successive sample collections in the same reproductive cycle. *Aquaculture Research*, p. 1-7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13329>.

POUPARD, G. P.; PAXION, C.; COSSON, J.; JEULIN, C.; FIERVILLE, F.; BILLARD, R. Initiation of carp spermatozoa motility and early ATP reduction after milt contamination by urine. *Aquaculture*, v. 160, p. 317–328, 1998.

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

RURANGWA, E.; KIME, D. E.; OLLEVIER, F.; NASH, J. P. The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, v. 234, p. 128, 2004.

SALLAM, G. R.; EL BASUINI, M. F.; FAHMY, A. F.; AL-ABSAWEY, M. A.; HABIB, Y. J.; MUSTAFA, R. A.; FAYED, W. M.; EL-SAYED, A. F. M.; SHEHATA, A. I. Salinity-dependent effects of integrated biofloc technology on reproductive performance,

biological responses, and offspring quality in red tilapia aquaculture. *Aquaculture International*, v. 33, p. 135-175, 2025. DOI: 10.1007/s10499-024-01804-w.

SPICA, L. N.; SANCHES, E. A.; STREIT JUNIOR, D. P.; CORRÊA FILHO, R. A. C.; BRASILEIRO, L. de O.; RODRIGUES, R. B.; KASAI, R. Y. D.; POVH, J. A. Successive seminal collections from *Leiarius marmoratus* during the reproductive period. *Animal Reproduction Science*, v. 234, p. 106852, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106852>.

STREIT JR, D. P.; RIBEIRO, R. P.; MORAES, G. V., et al. Características qualitativas do sêmen de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) após indução hormonal. *Bioscience Journal*, v. 22, n. 3, p. 119-125, 2006.

WILSON-LEEDY, J. G.; INGERMANN, R. L. Manual for CASA plugin for Image J. Disponível em: <http://rsbweb.nih.gov/ij/plugins/docs/CASAIinstructions.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

WOLFINGER, R.; CHANG, M. Comparing the SAS GLM and mixed procedures for repeated measures. In: *SUGI Proceedings of the Twentieth Annual SAS Users Group Conference*. Cary (NC): SAS Institute, 1995. Disponível em: <http://www.ats.ucla.edu/stat/sas/library/mixedglm.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2010.