

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Jéssica Porto Lopes

USO DO BIORREMEDIADOR EM FUNÇÃO DO ARRAÇOAMENTO DE
JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*):
CRESCIMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA

Dracena

2024

ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Jéssica Porto Lopes

**USO DO BIORREMEDIADOR EM FUNÇÃO DO ARRAÇOAMENTO DE
JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*):
CRESCIMENTO E QUALIDADE DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus
de Dracena como parte das exigências
para graduação em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu
Takahashi

Dracena

2024



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Uso do biorremediador em função do arraçoamento de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): crescimento e qualidade de água.

Modalidade: Trabalho de pesquisa

Autor: Jéssica Porto Lopes

Orientador (a): Prof. Assoc. Leonardo Susumu Takahashi

Co-orientador(es): Hugo Henrique D'Amore Soares

Número de Créditos: 15

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 17/06/2024

Documento assinado digitalmente:
GABRIELA CASTELLANI CARLI
Data: 18/06/2024 09:03:33-0300
Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

Documento assinado digitalmente:
GUSTAVO DO VALLE POLYCARPO
Data: 18/06/2024 17:44:22-0300
Verifique em <https://validar.jb.gov.br>

Assinado de forma digital por Leonardo
Susumu Takahashi/27303089896
Data: 2024.06.19 09:09:09 -0300

Nome membro da Banca

Nome membro da Banca

Nome membro da Banca

Dedico,

Aos meus pais, por aperfeiçoar em mim o que havia de melhor neles. Também dedico a Antônio Lopes (*in memoriam*), vocês foram meus pilares.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, por sempre iluminar meus passos e pelas graças concedidas até o dia de hoje.

Aos meus pais Cristiane, Marcos, Emerson e Viviane por sempre me incentivarem e não medir esforços para realização dos meus sonhos, vocês são meus maiores exemplos de amor.

As minhas irmãs Lohany e Antonela, por me despertarem a iniciativa de ser o melhor exemplo de irmã para elas.

Ao meu namorado Guilherme por todo apoio, companheirismo, paciência, que neste final da jornada me ajudou a sempre pensar no futuro e acreditar mais em mim. Grata aos sogros por me aconselharam com muito carinho.

Aos meus avós, primos e tias por me incentivarem.

A todas as meninas da República Mulherama, que se tornaram minha segunda família, me acolheram e trouxeram ensinamentos que levarei para toda a vida. Sou grata à todas e em especial Vanessa, Beatriz, Vitória, Iasmin, Leticia, Brenda, Ana Carolina, Ariele e Gabriele saibam que serei eternamente grata a todos os momentos que compartilhamos juntas.

A mascote da República Cacau, por tornar meus dias mais leves e felizes.

Aos meus amigos de graduação, Natália, Gabriela, Luís, Jaime, Isabella, João Marcos, Heitor, Mateus e Michele.

Ao meu orientador Prof. Dr. Leonardo Takahashi, por todos os ensinamentos, apoio e confiança. Agradeço pelas oportunidades e enriquecimentos vividos que foram fundamentais para meu crescimento tanto pessoal, quanto no profissional.

Aos meus amigos do GAUD pelos momentos de risadas e ensinamentos, em especial Hugo, Gabi, Raphael e João Toni que sempre estiveram dispostos a ajudar.

Aos membros da banca pela disponibilidade de estarem presentes e principalmente por cada contribuição para esse importante momento acadêmico.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – FCAT – Campus de Dracena por me proporcionar a oportunidade de crescimento profissional e realização desse sonho.

A todos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram.

“Depois de algum tempo você aprende que, ou você controla seus atos, ou eles o controlarão, e que ser flexível não significa ser fraco, ou não ter personalidade, pois não importa quão delicada e frágil seja uma situação, sempre existem, pelo menos, dois lados.

Aprende que heróis são pessoas que fizeram o que era necessário fazer, enfrentando as consequências. Aprende que paciência requer muita prática”.

William Shakespeare

RESUMO

O aumento significativo da aquicultura em escala global, impulsionado pela crescente demanda por fontes sustentáveis de alimentos, reflete não apenas na necessidade de suprir a demanda populacional, mas também em fornecer proteína de qualidade de forma eficiente, junto ao bem estar animal. Estudos são necessários para enfrentar os desafios relacionados à sustentabilidade ambiental e ao bem-estar dos organismos aquáticos. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de aplicação de um biorremediador na água, em função da taxa de arraçoamento de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o desempenho produtivo e a qualidade da água. Os peixes foram distribuídos em 24 caixas de 1000 L, alojados em um ambiente externo com sistema aberto de circulação, permitindo fluxo contínuo de água e aeração para manter a taxa ideal de oxigênio dissolvido na água. Utilizou-se 360 peixes com peso médio inicial de 100 g distribuídos na densidade de 15 peixes/tanque. Durante o experimento, os peixes foram alimentados com uma dieta comercial específica para a espécie, distribuída em três refeições diárias. A taxa de arraçoamento foi de 3% da biomassa de cada unidade experimental, ajustada a cada 30 dias após a pesagem de todos os peixes. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 4 repetições, na qual cada tratamento correspondeu a uma porcentagem de inclusão do biorremediador (0%, 4%, 6%, 8%, 12% e 16%) calculada de acordo com a quantidade de ração fornecida semanalmente. A inclusão do biorremediador foi feita uma vez por semana diretamente na água. Foram avaliados os parâmetros de desempenho produtivo e físico-químicos da água. Os dados obtidos foram verificados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Bartlett) das variâncias. Os resultados foram submetidos a ANOVA de uma via (one-way), seguido pelo teste de Tukey para identificar diferenças entre as médias. Os efeitos dos tratamentos foram considerados significativos ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote ExpDes.pt no software R® versão 3.5.1. O uso do biorremediador não alterou os parâmetros de desempenho produtivo e mas os de físico-químicos da água. A eficácia dos microrganismos pode ter sido influenciada por diversos fatores, como o ambiente aquático e a dosagem.

Palavras-chave: Biorremediação, Microrganismos, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The significant increase in aquaculture on a global scale, driven by the growing demand for sustainable food sources, reflects not only the necessity to meet population demands but also to efficiently provide high-quality protein and ensure animal welfare. Studies are necessary to address the challenges related to environmental sustainability and the well-being of aquatic organisms. The present study aimed to evaluate the effect of different levels of a bioremediator applied to water, in relation to the feeding rate of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), on productive growth and water quality. The fish were distributed in 24 tanks of 1000 L, housed in an outdoor environment with an open circulation system, allowing continuous water flow and aeration to maintain the optimal dissolved oxygen level in the water. A total of 360 fish with an initial average weight of 100 g were distributed at a density of 15 fish per tank. During the experiment, the fish were fed a species-specific commercial diet, distributed in three daily meals. The feeding rate was 3% of the biomass of each experimental unit, adjusted every 30 days after weighing all the fish. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with 6 treatments and 4 replicates, where each treatment corresponded to a percentage of bioremediator inclusion (0%, 4%, 6%, 8%, 12%, and 16%) calculated based on the amount of feed provided weekly. The bioremediator was applied once a week directly into the water. Productive performance and water physicochemical parameters were evaluated. Data were checked for normality (Shapiro-Wilk test) and homoscedasticity (Bartlett test). The results were subjected to one-way ANOVA, followed by Tukey's test to identify differences between means. Treatment effects were considered significant at a 5% probability level. All analyses were performed using the ExpDes.pt package in R® software version 3.5.1. The use of the bioremediator did not alter productive performance parameters or water physicochemical properties. The efficacy of the microorganisms may have been influenced by various factors, such as the aquatic environment and dosage.

Keywords: Bioremediation, Microorganisms, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Instalação experimental.	21
Figura 2- Recebimento dos juvenis de tilápia-do-Nilo.	22
Figura 3- Sistema de alimentação.	23
Figura 4- Medidor de pH de bancada.	26
Figura 5- Amostras da coleta semanal de água.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente.....	24
Tabela 2 – Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente após biometria de 30 dias.....	25
Tabela 3 – Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P dos parâmetros físico-químico da água de 30 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	28
Tabela 4 – Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P dos parâmetros físico-químico da água de 60 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	29
Tabela 5 – Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P de desempenho produtivo de 30 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	32
Tabela 6 – Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P de desempenho produtivo de 60 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivo Específico	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Qualidade de água: oxigênio, pH, amônia e nitrito.....	15
3.2 Biorremediação	17
3.3 Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Instalações e Condições experimentais	20
4.2 Delineamento Experimental	23
4.3 Quantidade de Ração e Embiotic.....	24
4.4 Variáveis Avaliadas	25
4.4.1 Avaliação do Desempenho Produtivo	25
4.5 Análises Estatísticas	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Parâmetros de qualidade de água	28
5.2 Desempenho Produtivo.....	33
6. CONCLUSÃO	35
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Mundialmente a produção em 2020 combinada de pesca e aquicultura alcançou a marca de 214 milhões de toneladas, composta por 178 milhões de toneladas de animais aquáticos e 36 milhões de toneladas de algas (XIMENES e VIDAL, 2023). A aquicultura no cenário nacional é o setor de produção de alimentos que mais cresce em todo o mundo, sendo responsável por cerca de 50% dos peixes e mariscos comercializados globalmente (JOFFRE et al., 2019). Em 2020, a produção global de animais aquáticos foi estimada em 178 milhões de toneladas (FAO, 2022). No Brasil, a tilápia se destaca como a espécie mais produzida, onde posiciona o país em 4º lugar no ranking mundial de maiores produtores (SATO, 2022).

Na produção de peixe de cultivo, o Brasil registrou um aumento de 3,1% na produção com um total de 887.029 toneladas em 2023, comparado ao resultado do ano anterior, sendo 860.355 toneladas (Peixe BR, 2024). A tilápia-do-Nilo foi a espécie que mais contribuiu para esse acréscimo, com uma produção de 550.060 toneladas em 2022, representando cerca de 63,93% da produção nacional de peixes (Peixe BR, 2024). O setor tem perspectiva de aumento em até 204 milhões até 2030 (MARINHO, 2022).

Diversos elementos contribuem para o crescimento da tilápia no mercado brasileiro, como a fácil adaptação da espécie às condições climáticas, por ser um produto reconhecido como um dos melhores em termos de sabor, suculência e saúde. (Peixe BR, 2024). O país, possuindo ampla variedade de espécies e contando com a produção tanto em água doce, como salgada a tilápia-do-Nilo se caracteriza por uma espécie exótica que conta com um número elevado de produtores (VALÉRIO e RODRIGUES, 2021).

Além de ser uma importante fonte de renda, emprego e segurança alimentar, a aquicultura também se destaca por sua eficiência no gerenciamento da água. A alta taxa de crescimento do setor vem preocupando diversos cientistas (JOFFRE et al., 2019). Os produtores enfrentam desafios significativos devido à falta de práticas de manejo adequadas na piscicultura. A fim de melhorar a produção, evitando prejuízos aos produtores e não agredir o meio ambiente (SILVA, 2023).

A busca pelo aumento da produtividade, juntamente com a necessidade de reduzir o impacto ambiental e econômico no consumo de água, levou à implantação de novos modelos de produção. Esses modelos foram desenvolvidos com o objetivo

de estabilizar a intensificação da reciclagem de nutrientes e controlar as condições de qualidade da água, resultando no aumento do bem-estar dos peixes (ROCHA, 2022). No entanto, controlar a qualidade de água ainda é um grande desafio para os produtores. Há maneiras de reduzir os impactos ao meio ambiente, garantindo a preservação da biodiversidade evitando comprometer os recursos naturais e até mesmo o funcionamento dos ecossistemas (MARINHO, 2022).

Em tanques e viveiros onde há baixa renovação de água, o acúmulo inevitável de resíduos orgânicos e metabólicos gerados durante o processo produtivo apresenta desafios para os produtores, que buscam meios para minimizar esse acúmulo durante o cultivo (FIGUEIREDO et al., 2017; HURTADO et al., 2017). Considerando que a produção intensiva de peixes em tanque ou viveiros pode ocasionar no acúmulo de resíduos no meio aquático, Como fezes e resto de ração, que podem poluir a água com compostos nitrogenados e fósforo (SOARES, 2023).

O Nitrogênio e fósforo possuem ligação direta com o impacto na biota aquática, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento de organismos planctônicos e macrófitas. O fósforo tem sido o principal catalisador da eutrofização artificial desses ecossistemas, sendo também em grande parte limitador de produtividade (FIGUEIREDO et al., 2017; HURTADO et al., 2017). Compostos nitrogenados estão presentes naturalmente no ambiente aquático, no entanto níveis elevados dessas concentrações podem prejudicar o crescimento e levar os organismos a morte (CAMPOS et al., 2012). Com isso, o cultivo de peixes ligados a uma alta concentração de sólidos suspensos e nutrientes (amônia, nitrito e nitrato), pode impactar negativamente no ambiente, causando prejuízos na água e solo (FERREIRA, 2020).

A estratégia atualmente adotada para melhorar a qualidade da água envolve a aplicação de microrganismos e enzimas, um método conhecido como biorremediação. Este processo se baseia na adição de microrganismos e seus derivados para aprimorar a qualidade de água. Esses agentes contribuem para reduzir o acúmulo de resíduos orgânicos, promovendo uma melhor oxigenação e, conseqüentemente criando um ambiente aquático mais saudável (ANTHONY e PHILIP, 2006).

Segundo Costa (2019), a qualidade da água abrange as características físicas, químicas e biológicas que interagem de forma individual ou conjunta. Os principais fatores que limitam a produção de peixes são: temperatura, transparência, oxigênio, dióxido de carbono, pH (acidez ou alcalinidade) e amônia. Além disso, a combinação de prebióticos e probióticos pode ser adotada para promover uma melhoria na saúde

dos animais a longo prazo, fortalecendo seu sistema imunológico e gastrointestinal, com o objetivo de reduzir os impactos negativos causados pelo uso frequente de antibióticos e produtos químicos na produção intensiva (SOUZA, 2022). Dessa forma, as pesquisas sobre o uso de microrganismos para aprimorar o desempenho dos peixes e mitigar os efeitos adversos da piscicultura na qualidade de água tem recebido cada vez mais atenção na comunidade científica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi analisar os efeitos dos níveis de aplicação do biorremediador na água em função do arraçoamento de juvenis da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no crescimento produtivo e qualidade de água.

2.2 Objetivo Específico

- Avaliar como o efeito da aplicação de diferentes níveis de biorremediador na água no desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo.
- Avaliar a qualidade da água nos tanques de produção das diferentes unidades experimentais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Qualidade de água no setor produtivo

De acordo com Macedo e Tavares (2010) é de suma importância a manutenção da qualidade de água, no ambiente de criação dos organismos aquáticos, o que demanda um manejo correto para garantir a sustentabilidade. Dada a relevância economicamente do cultivo da tilápia-do-Nilo no Brasil, a significativa influência da qualidade de água no desenvolvimento, avanços tecnológicos para uma melhor adaptação para o setor da piscicultura (JUNIOR et al., 2022)

No meio aquático, o oxigênio é encontrado com baixa solubilidade na água, sendo de extrema importância para a vida aquática. Sua concentração pode ser

controlada por meio da fotossíntese, respiração, trocas de ar com interface da água e a suplementação da água do tanque, por meio da renovação (LOURENÇO et al., 1999).

O pH ou potencial hidrogeniônico está relacionada à concentração de íons hidrogênio presentes no meio aquático. A mensuração pode variar de 0 a 14, onde 7 é considerado neutro e acima de 7 considerado alcalino. Esses valores podem sofrer interferência ao longo do dia mediante ao processo de fotossíntese, como a quantidade de dióxido de carbono (CO_2) gerado na respiração dos organismos ali presentes que acaba por reduzir o pH (TOIGO et al., 2023).

O nitrogênio pode ser eliminado nas águas de criação de diversas formas, tais como nitrito, nitrato, amônia, óxido nitroso, entre outros compostos. Sendo a amônia e o nitrito, mesmo em baixas concentrações, considerados prejudiciais, pois podem causar dano aos peixes. (HOLANDA et al., 2017).

A amônia é conhecida em ser severamente poluente, afetando diretamente a homeostase de organismos, como os peixes. Sua toxicidade pode resultar em estresse oxidativo, alterando a atividade das enzimas, além de ter a capacidade de causar histopatologias associadas às brânquias e ao fígado, como deslocamento do epitélio, hiperemia (aumento do fluxo sanguíneo), necrose nas brânquias e danos nos tecidos hepáticos (ARAÚJO et al., 2021).

É o principal resíduo nitrogenado da excreção dos peixes, a partir do metabolismo de proteínas, onde promove o aumento da decomposição microbiana de materiais orgânicos, como sobras de comida, fezes e fertilizantes naturais (MACEDO, 2010). A eliminação ocorre principalmente pelas brânquias onde o rim contribui minimamente, sendo menos de 2% da excreção total de amônia em peixes (MARTINEZ et al., 2006). A amônia em elevadas concentrações é tóxica para os peixes, além de ocasionar riscos à saúde humana através da alimentação com peixes contaminados ou o consumo de água (FERREIRA, 2024).

O nitrito tem potencial de ser acumular no meio aquático em elevadas concentrações, pode levar os peixes à homeostase (URBINATI et al., 2004). Sendo o divisor entre o estado de oxidação entre amônia e nitrato. Em elevadas concentrações o nitrito pode alterar a hemoglobina (LEWIS e MORRIS, 1986). Estudos demonstram que a toxicidade do nitrito a tilápia-do-Nilo pode ser variável, dependendo do tamanho do peixe (ATWOOD et al., 2001). O composto nitrato (NO_3^-) gerado é vital para a vida aquática, pois desempenha o papel no crescimento das algas, cianobactérias e as

plantas subaquáticas. Este composto, representado na forma do nitrogênio durante o processo de nitrificação, sendo geralmente absorvido pelo fitoplâncton presente no ambiente durante a fotossíntese, contribuindo para o consumo de dióxido de carbono (CO₂) (GUSMÃO, 2021).

O nitrito, por sua vez, é encontrado tanto de forma natural em organismos quanto é produzido pela oxidação de íons amônio, através do processo de nitrificação. Por outro lado, o nitrato é considerado tóxico devido à sua conversão endógena em nitrito, o que pode levar à formação de meta-hemoglobina, resultando na redução da capacidade de transporte de oxigênio no sangue (ARAÚJO et al., 2021). De acordo com Cabral (2020), sua presença se prolifera em ambientes anaeróbicos como ambientes alagados, onde não há recursos para converter nitrogênio em amônio.

Assim, a alta presença de nutrientes nos efluentes da piscicultura pode desencadear diversas mudanças físicas e químicas no ambiente aquático, afetando não apenas a qualidade da água, mas também a biodiversidade local e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Portanto, é crucial implementar práticas de manejo sustentável na piscicultura para mitigar os impactos negativos gerados pela produção.

3.2 Biorremediação

A biorremediação é uma técnica que visa acelerar o processo natural de degradação de compostos orgânicos introduzidos no ambiente (PEREIRA et al., 2007). Os biorremediadores são organismos microscópicos que podem ser incorporados à água dos tanques para aprimorar suas condições, além de beneficiar o solo, visando melhorar a qualidade do ambiente e saúde dos peixes. Existem diversos modelos, sendo os compostos por diferentes espécies de bactérias, fungos e leveduras os mais destacados (SOUZA, 2021). São utilizados a favor da viabilidade ecológica e sustentabilidade da produção, evitando utilizar produtos que agredem o ambiente, a fim de minimizar impactos no meio (SHIVALKAR et al., 2021; HEIDERSCHIEDT et al., 2024).

Os biorremediadores vem sendo utilizados a fim de mitigar os impactos negativos há uma crescente adoção de novas tecnologias nos sistemas de produção, especialmente o uso de microrganismos (RIBEIRO, 2013). A técnica por exemplo, é utilizada para o tratamento de resíduos industriais, os quais contêm microrganismos dos gêneros *Nitrossomonas spp.*, *Sulfobacter spp.* e *Bacillus spp.*, juntamente com

enzimas como protease, lipases e celulasas, que tem a função de acelerar a decomposição da matéria orgânica e diminuir a concentração de lodo no sistema (RUGGIERO, 2023). O manejo para a limpeza do lodo é de suma importância, levando em consideração que não faria sentido o uso da biorremediação em tanques que nunca foram limpos (ROTTA et al., 2023).

Em geral, a biorremediação na prática pode ser dividida em duas etapas principais: *in situ* e *ex situ*. A biorremediação *in situ* caracterizada pelo tratamento de poluentes diretamente no ponto da poluição. Nesse processo, os microrganismos são inseridos no ambiente contaminado, causando a reação e degradação dos poluentes no local (SOARES, 2023). No método *ex situ*, o material contaminado é removido do local original e transportado para uma área designada especificamente para tratamento (ARAÚJO, 2021). Considerado mais adequado o sistema *in situ*, pois elimina a necessidade de remover o sedimento (OSHIRO, 2022), tornando o método confiável para recuperar ambientes degradados com o auxílio de microrganismos com a utilização de contaminantes inofensivos praticando atividade biológica natural (OLAJUYIGBE et al., 2020; KENSA, 2011).

A biorremediação microbiana é altamente privilegiada, pois tem como função a remoção definitiva dos contaminantes (GADD, 2000). Contudo, o crescimento microbiano é aplicado a fim de analisar a produção de compostos voláteis e sólidos totais em sistemas autotróficos e heterotróficos (EBELING et al., 2006). As bactérias empregadas no processo diferem quanto à fonte de carbono que utilizam para gerar energia (BRIM et al., 2003). As bactérias autotróficas podem aplicar-se e converter o fósforo em nitrogênio, o que é importante para sua proliferação. Por outro lado, bactérias heterotróficas podem degradar ou fixar matéria orgânica morta para produção de carbono. Independente disso, elas não são as principais responsáveis pelo processo de nitrificação e desnitrificação (OSHIRO, 2022).

Na criação de organismos aquáticos, as bactérias comumente usadas para biorremediação incluem as do gênero *Bacillus* e as bactérias ácido-láticas do gênero *Lactobacillus* (ANTHONY e PHILIP, 2006). O gênero *Bacillus* tem sido empregado como fonte de enriquecimento em dietas devido às suas notáveis características, como resistência ao calor e a pressão. Contudo é amplamente conhecida pela capacidade de quebra de carboidratos, lipídios e proteínas (OCHOA-SOLANO et al., 2006). Às bactérias ácidos lácticas demonstram eficácia significativa na luta contra

diversos microrganismos prejudiciais e doenças infecciosas (VERSCHUERE et al., 2000), podendo também diminuir o pH do ambiente (RINGO et al., 2020).

A aplicação de microrganismo, sendo elas bactérias, está emergindo como uma estratégia promissora para melhorar a qualidade dos ambientes aquáticos na piscicultura. Uma sinergia entre *Bacillus subtilis*, *Nitrosomonas spp.*, *Nitrobacter spp.* e *Rhodobacter spp.* avaliada por Sonia et al. (2015) no estudo sobre tratamento de águas residuais provenientes da aquicultura, o estudo mostrou melhora no parâmetro de qualidade de água, reduzindo níveis de amônia, nitrito e nitrato, as carpas Koi (*Cyprinus rubrofuscus*) além de terem apresentado aumento no desempenho e na taxa de sobrevivência. As bactérias *Lactobacillus plantarum* e *Bacillus subtilis* foram adicionadas à alimentação da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), causando uma mudança no equilíbrio da flora intestinal dos peixes, e também aumentando de forma notável a produção de amilase (GUIMARÃES et al., 2021).

Linh et al. (2018) avaliaram as características probióticas do *Lactobacillus lactis* para uso na aquicultura, utilizando vegetais fermentados. O estudo revelou a eficácia dessa bactéria contra microrganismos Gram-positivos e patógenos Gram-negativos. A flora microbiana probiótica que coloniza o intestino dos peixes tem um papel crucial na prevenção da colonização por agentes patogênicos (MANZANO et al., 2012).

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

A Tilápia, denominada por Linnaeus em 1758, é uma das espécies pertencentes à família Cichlidae (BUENO e CHOUPINA, 2024). Originária da África, a tilápia foi introduzida na América do Sul durante o período de 1960 e 1970 e no Brasil por volta de 1971 (SOARES, 2023). Mundialmente, são distribuídas mais de 1.900 espécies, sendo apenas 290 descritas. A tilápia possui hábito alimentar herbívoro/onívoro e é pouco seletiva. Na fase adulta, acaba optando pela ingestão de fitoplâncton e detritos. O crescimento acelerado é uma das características marcantes que se dá devido a sua precocidade e avanços no melhoramento genético (ANDRADE et al., 2015; LIMA, 2023). A espécie pode ser adaptada tanto em sistema intensivo quanto extensivo (MEURER et al., 2007), dentre elas, as linhagens cinza e vermelhas (SILVA et al., 2013).

Ocupando a 4ª colocação no ranking mundial de produção, o Brasil produziu 550.060 toneladas da espécie em 2023 (PEIXE BR, 2024). Além de apresentar um

crescimento acelerado, onde alcançando precocemente a maturidade reprodutiva mais cedo em comparação as outras espécies, o peixe tem facilidade em se adaptar em diferentes ambientes, sendo valorizada no mercado por sua carne saborosa e de qualidade (MASTELINI et al., 2022). Ainda, apresentam grande resistência a doenças, superpopulação e à baixa concentração de oxigênio dissolvido, o que torna a espécie muito atrativa para a produção em grande escala (HILSDORF, 1995).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalações e Condições experimentais

O estudo foi conduzido no setor de Aquicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp (FCAT- Unesp), localizada no campus de Dracena, durante o período de março a maio de 2024, totalizando 60 dias de duração.

Foram utilizadas 24 caixas circulares de polietileno com capacidade de 1.000 litros cada, dispostas ao ar livre em um sistema de circulação de água aberto e fluxo constante. A renovação de água foi realizada diariamente, atingindo 10% do volume total, equivalente a 100 litros por dia. Além disso, as caixas foram protegidas com telas tipo sombrite para evitar predadores (Figura 1). Para garantir uma oxigenação eficiente da água, as caixas foram equipadas com aerador elétrico conectados a canos de PVC e mangueiras porosas individuais.



Figura 1- Sistema experimental com 24 caixas de 1.000 L com entrada e saída de água individual e aerador acoplado a tubos de PVC utilizadas para condução do experimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No total, foram utilizados 360 juvenis de tilápia-do-Nilo sexualmente revertidos, sendo o peso médio inicial de 100g, e distribuídos em uma densidade de 15 peixes/tanque (Figura 2). Antes de dar início aos testes, os peixes passaram por um período de aclimação de 15 dias. Durante esse período, foram alimentados três vezes ao dia (às 10h30, 14h00 e 17h30) com ração comercial específica para a espécie com uma taxa de arrazoamento a 3% da biomassa total (Figura 3). A ração era composta por 32% de PB e uma granulometria de 4 mm (marca Cardume 32, Rações Comigo, Rio Verde, GO, Brasil).



Figura 2- Recebimento dos juvenis de tilápia-do-Nilo.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Durante todo o experimento, foi utilizada a mesma ração comercial, que possuía as seguintes especificações: umidade máxima de 11%; no mínimo 32% de proteína bruta; extrato etéreo mínimo de 6%; fibra bruta máxima de 7%; matéria mineral máxima de 14%; cálcio variando entre 0,5% (mínimo) e 11% (máximo); e no mínimo 0,5% de fósforo.



Figura 3- Sistema de alimentação.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4.2. Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 6 tratamentos e 4 repetições por tratamento. Onde cada tratamento correspondeu a uma porcentagem de inclusão do biorremediador, o cálculo foi realizado de acordo com a quantidade de ração ofertada na semana (considerando a taxa de arraçoamento) encontrada na biometria inicial o que possibilitou a correção na biometria de 30 dias. A quantidade do Embiotic foi aplicada diretamente na água uma vez na semana.

Os tratamentos consistiram em:

- T1) Grupo controle, sem aplicação do biorremediador;
- T2) Aplicação do Embiotic correspondente a 4% da quantidade de ração semanal;
- T3) Aplicação do Embiotic correspondente a 6% da quantidade de ração semanal;
- T4) Aplicação do Embiotic correspondente a 8% da quantidade de ração semanal;
- T5) Aplicação do Embiotic correspondente a 12% da quantidade de ração semanal;
- T6) Aplicação do Embiotic correspondente a 16% da quantidade de ração semanal.

O Embiotic Line – Biorremediador HDM, desenvolvido pela Korin Agricultura e Meio Ambiente, é composto por 10% v/v de melaço de cana-de-açúcar e

microrganismos, incluindo *Lactobacillus plantarum* – 10^4 UFC/ mL e *Saccharomyces cerevisiae* – 10^3 UFC/mL. Para promover o crescimento rápido desses microrganismos, o Embiotic foi combinado com o ativador Hibana (Korin Agriculture e Meio Ambiente), outro produto contendo frutooligosacarídeos (FOS) e mananoligosacarídeos (MOS). A mistura foi preparada na proporção de 150 g do Hibana, para 1 L de Embiotic e 9 L de água não clorada, seguindo a diluição de 1:10.

Para ativar e desenvolver os microrganismos, os produtos foram combinados e homogeneizados em um recipiente de plástico conforme descrição do fabricante, mantendo o recipiente fechado de forma não hermética por um período de 72 horas.

Foi utilizado a proporção de 1 g de ração para cada 1 mL de Embiotic puro. O valor foi multiplicado por 10 para calcular a quantidade necessária do produto ativado. Com isso, a quantidade calculada foi aplicada diretamente na água dos tratamentos uma vez por semana.

4.3. Quantidade de Ração e Embiotic

Logo após o período de aclimação, os peixes, que jejuaram por 12 horas, foram submetidos a uma biometria inicial. Para isso, foram anestesiados com uma solução de benzocaína (100 mg/L) e, posteriormente, pesados em uma balança semi analítica e medidos individualmente com um ictiômetro. Esse processo gerou dados como peso médio inicial (g), o comprimento inicial (cm) e a biomassa inicial (g). Os dados foram usados para calcular a quantidade adequada de ração e a dosagem do biorremediador a ser aplicada durante os primeiros 30 dias do experimento, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente.

Tratamento			
	Ração/semana	Qtd. Embiotic/semana	Qtd. Embiotic/aplicação
1	341	0,00	0,00
2	331	133	133
3	339	204	204
4	331	264	264
5	338	406	406
6	330	528	528

Fonte: Elaborado pelo autor

Após 30 dias de experimento, uma nova biometria foi realizada, seguindo o mesmo processo descrito anteriormente. Assim, a coleta de dados como o peso médio (g), o comprimento médio (g) e a biomassa aos 30 dias (g) permitiu calcular novas quantidades de ração e do produto para serem aplicados até o término do experimento, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente após a biometria de 30 dias.

Tratamento			
	Ração/semana	Qtd. Embiotic/semana	Qtd. Embiotic/aplicação
1	546	0,00	0,00
2	528	211	211
3	540	324	324
4	516	391	391
5	563	676	676
6	546	873	873

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4. Variáveis Avaliadas

4.4.1. Avaliação do Desempenho Produtivo

Posteriormente, os peixes foram submetidos a uma biometria final após os 30 dias de experimento, sendo anestesiados com solução de benzocaína (100 mg/L) e pesados em uma balança semi-analítica. Com os dados obtidos foram determinadas as variáveis de desempenho produtivo.

- Peso final (PF);
- Ganho de peso (GP):
 $GP (g) = (\text{peso médio final} - \text{peso médio inicial});$
- Consumo de alimento (g).

4.4.2 Parâmetros físico-químicos da água.

Diariamente, no período matutino (8h00), foram realizadas medições de temperatura e concentração de oxigênio dissolvido, utilizando o YSI ProODO, um aparelho óptico para medição de oxigênio dissolvido. Além disso, foram registradas a condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais com o (HI98192 Hanna Instruments). Para o monitoramento e controle do pH, amostras de água foram coletadas em coletores universais, com etiquetas de marcação correspondendo a cada caixa e logo em seguida a serem analisadas o Laboratório de Nutrição Animal (LANUMA) da FCAT-Unesp seguido do uso do pHmetro de bancada (GEHAKA-PG2000) (Figura 4).

Figura 4- Phmetro de bancada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A transparência da água foi medida a cada dois dias no período matutino (11h00) utilizando o Disco de Secchi, um disco circular preto e branco de plástico com 30 cm de diâmetro, preso na fita com graduação a cada 0,5 cm para determinar a profundidade visível, com o resultado expresso em centímetros.

Durante todas as semanas, no mesmo horário (8h00), coletas de amostras de água foram realizadas das caixas para avaliar os níveis de amônia (NH_3) e nitrito (NO_2^-) (Figura 5). Para determinar a concentração total da amônia na água, seguimos a metodologia descrita por Koroleff (1976), utilizando um espectrofotômetro de absorção visível e fazendo a leitura em densidade óptica de 630nm. A quantificação do nitrito foi realizada de acordo com o método colorimétrico proposto por Golterman (1978), com leitura feita em absorbância de 543nm. Todos os resultados foram expressos em miligramas por litro (mg/L).

Figura 5- Amostras da coleta semanal de água.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após 30 dias de experimento, utilizamos o método cone de Imhoff para quantificar os sólidos sedimentáveis. Esse método envolve a sedimentação das partículas em suspensão pela ação da gravidade, com uma amostra de 1 L em repouso durante 1 hora no cone de Imhoff (ABNT, 1988).

4.5 Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade (teste de Shapiro-Wilk) homoscedasticidade (por meio do teste de Bartlett). Em seguida, foram submetidos a uma análise da variância ANOVA de uma via (One-way), seguida pelo teste de Tukey para detectar diferenças entre as médias. Em decorrência dos tratamentos, foram considerados significantes com nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2018) no software R® versão 3.5.1 (R Core Team, 2022).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Parâmetros de qualidade de água

No estudo, foram avaliados os parâmetros físico químicos da água ao longo do período de 30 e 60 dias. Os níveis de aplicação do Embiotic foram variados, abrangendo as concentrações de 0%, 4%, 6%, 8%, 12% e 16%. A análise visou determinar o impacto do Embiotic sobre a qualidade de água e com isso foram constatados que valores de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, transparência, sólidos sedimentáveis e nitrito foram afetados pelos níveis de Embiotic em função da taxa de arraçoamento. Os resultados obtidos estão registrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P dos parâmetros físico-químico da água de 30 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	0%	4%	6%	8%	12%	16%		
Temp (°C)	25,40 ± 0,14	25,35 ± 0,10	26,05 ± 1,37	25,30 ± 0,08	25,32 ± 0,15	25,27 ± 0,20	0,11	0,41
OD (mg/L)	8,23 ± 0,12	8,21 ± 0,19	8,26 ± 0,08	8,32 ± 0,15	8,18 ± 0,07	8,28 ± 0,17	0,02	0,77
pH	8,01 ± 0,02	8,02 ± 0,02	8,03 ± 0,06	8,02 ± 0,02	8,00 ± 0,03	8,02 ± 0,02	0,007	0,76
EC (µS/cm)	268,04 ± 3,00 a	258,61 ± 5,81 ab	258,03 ± 5,31 ab	255,87 ± 1,70 b	257,57 ± 7,41 ab	259,17 ± 3,40 ab	1,19	0,03
SDT (ppm)	134,12 ± 1,49 a	129,62 ± 3,06 ab	129,52 ± 2,29 ab	128,72 ± 1,11 b	130,05 ± 2,47 ab	129,37 ± 1,64 ab	0,53	0,02
TRA (cm)	43,70 ± 7,56 b	57,62 ± 6,38 a	54,45 ± 3,50 ab	51,77 ± 6,69 ab	56,35 ± 3,98 a	56,07 ± 1,51 a	1,37	0,01
SS (ml/L)	1,90 ± 1,33 a	0,65 ± 0,78 ab	0,225 ± 0,38 ab	0,600 ± 0,88 ab	0,300 ± 0,40 ab	0,05 ± 0,057 b	0,18	0,03
AMO (mg/L)	5,00 ± 0,88	3,42 ± 0,71	3,75 ± 0,66	3,57 ± 0,82	3,92 ± 0,70	3,55 ± 0,81	0,17	0,09
NIT (mg/L)	0,14 ± 0,13	0,052 ± 0,00	0,057 ± 0,00	0,057 ± 0,01	0,047 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,01	0,13

Temp= Temperatura; OD = Oxigênio dissolvido; pH = Potencial hidrogênio; EC = Condutividade elétrica; SDT = Sólidos dissolvidos totais; TRA = Transparência; SS = Sólidos sedimentáveis; AMO = Amônia; NIT = Nitrito. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P dos parâmetros físico-químico da água de 60 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	0%	4%	6%	8%	12%	16%		
Temp (°C)	25,77 ± 0,15	25,70 ± 0,08	25,95 ± 0,64	26,62 ± 0,05	25,65 ± 0,12	25,57 ± 0,20	0,05	0,51
OD (mg/L)	8,49 ± 0,19	8,51 ± 0,24	8,63 ± 0,06	8,61 ± 0,18	8,48 ± 0,02	8,57 ± 0,17	0,03	0,69
pH	8,14 ± 0,02	8,13 ± 0,03	8,15 ± 0,05	8,15 ± 0,35	8,11 ± 0,03	8,14 ± 0,033	0,00	0,64
EC (µS/cm)	275,07 ± 5,23 a	259,65 ± 3,86 b	259,57 ± 5,04 b	257,52 ± 3,18 b	261,15 ± 2,78 b	260,50 ± 3,87 b	1,42	<0,001
SDT (ppm)	137,65 ± 2,59 a	130,02 ± 1,98 b	129,97 ± 2,36 b	129,15 ± 2,06 b	131,20 ± 0,70 b	130,20 ± 1,88 b	0,70	<0,001
TRA (cm)	35,50 ± 2,08 b	54,25 ± 2,06 a	49,75 ± 3,50 a	48,75 ± 2,62 a	50,50 ± 2,51 a	51,00 ± 1,41 a	1,32	<0,001
SS (ml/L)	4,12 ± 1,49 a	0,62 ± 0,92 b	0,45 ± 0,387 b	0,72 ± 0,33 b	1,05 ± 0,88 b	0,65±0,58 b	0,31	<0,001
AMO (mg/L)	4,02 ± 0,20	3,07 ± 0,09	3,37 ± 0,74	2,95 ± 0,54	3,65 ± 0,45	3,45 ± 0,49	0,11	0,05
NIT (mg/L)	0,430 ± 0,15 a	0,077 ± 0,04 b	0,097 ± 0,06 b	0,127 ± 0,094 b	0,087 ± 0,05 b	0,042 ± 0,009 b	0,03	<0,001

Temp= Temperatura; OD = Oxigênio dissolvido; pH = Potencial hidrogênio; EC = Condutividade elétrica; SDT = Sólidos dissolvidos totais; TRA = Transparência; SS = Sólidos sedimentáveis; AMO = Amônia; NIT = Nitrito. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os parâmetros físico-químicos podem influenciar diretamente no sistema de cultivo, deve-se realizar o monitoramento favorece a máxima produção e qualidade do pescado e consequentemente máxima lucratividade. A poluição dos efluentes aquícola é resultado do manejo alimentar incorreto e das excretas de peixes, levando ao aumento de compostos nitrogenados, como amônia e nitrito (DUARTE et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2022; PEREIRA et al., 2022; SOARES, 2023).

Medidas alternativas para mitigar os impactos no ambiente, como o uso de biorremediadores, além de serem uma alternativa sustentável, tem a funcionalidade de modificar ou remover elementos que não agregam ao ambiente, utilizando microrganismos vivos. Este avanço biotecnológico de remediação é amplamente

indicado pela comunidade científica (SANTOS et al., 2016; BARBOSA, 2018; ABREU, 2022).

Os níveis de oxigênio dissolvido (OD) foram mantidos durante o experimento nas condições ideais para a Tilápia-do-Nilo. O OD é importante para a vida dos organismos aquáticos aeróbicos, pois processos como a fotossíntese, respiração e decomposição estão diretamente ligados a ele. Oxigênio em baixas concentrações pode causar problemas como atraso no crescimento, diminuição na eficiência alimentar, aumento de doenças e mortalidade (GUIMARÃES et al., 2017; PINHEIRO, 2023; BRANQUINHO et al., 2024). O potencial hidrogeniônico (pH) possui efeitos significativos sobre os processos fisiológicos e o metabolismo dos peixes, podendo variar para cada espécie. O pH para uma boa produção varia de 6,5 a 8,5. O pH baixo pode colocar o bem-estar dos peixes em risco (MORO et al., 2013; SANTOS et al., 2016; HEIDERSCHIEDT et al., 2024).

A condutividade elétrica está ligada à presença de íons dissolvidos na água, partículas carregadas eletricamente que informam sobre o metabolismo do ecossistema e detectam pontos de poluição. (ALVES et al., 2013; PINHEIRO, 2023).

No presente experimento, observou-se que os tratamentos 4%, 6%, 8%, 12% e 16% apresentaram valores mais baixos de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais em comparação com o 0% (grupo de controle), sem diferenças significativas entre os níveis de aplicação testados. Isso indica que a aplicação do Embiotic influenciou de forma positiva esses parâmetros sugerindo que os microrganismos *Lactobacillus plantarum* e *Saccharomyces cerevisiae* podem ter ajudado com a redução dos níveis de sais e outras substâncias solúveis, diminuindo os íons dissolvidos e a eutrofização do ambiente, possibilitando a contribuição para a redução da condutividade elétrica e dos sólidos dissolvidos totais.

A transparência é uma medida importante no setor, pois indica fatores como erosão do solo, escoamento e proliferação de algas. A profundidade ideal para tanques de piscicultura varia de 40 a 60 cm, tanques com transparência excessiva, superior a 60 cm, favorecem a proliferação e crescimento de macrófitas.

Após o ensaio experimental, observou-se que os tratamentos 4%, 6%, 8%, 12% e 16% apresentaram níveis superiores em relação ao 0% (grupo controle), mas sem diferenças entre si. Isso sugere que as atividades metabólicas dos microrganismos presentes no Embiotic podem ter promovido a decomposição da matéria orgânica e a remoção de sólidos em suspensão, melhorando a transparência da água.

Os sólidos sedimentares são partículas suspensas na água que, devido a ação da gravidade, se depositam no fundo. O acúmulo excessivo de sólidos sedimentares pode causar danos nas brânquias, dificultar trocas gasosas e a excreção de amônia (LENZ, 2021; SOLTIS, 2023). Durante o experimento, foi observada uma redução significativa nos valores de sólidos sedimentáveis nos tratamentos 4%, 6%, 8%, 12% e 16%, comparando-se com o 0% (grupo de controle), indicando a influência positiva dos microrganismos presentes no Embiotic na decomposição da matéria orgânica, (incluindo restos de ração e excremento de peixes), na diminuição da carga de partículas em suspensão na água. A biorremediação do efluente proveniente da carcinicultura por microalgas foi estudada por Bezerra (2011) onde foi cultivado as microalgas *Nannochloropsis oculata*, *Phaedactylum tricornutum* e *Spirulina platensis* encontrando uma diminuição significativa da amônia no efluente.

A amônia não ionizada é encontrada em maior proporção quando o pH da água está alto e é um dos compostos nitrogenados mais tóxicos, exigindo atenção por sua letalidade. Oriundo do processo de oxidação da amônia, o nitrito só apresenta toxicidade em níveis elevados (URBINATI E CARNEIRO 2004; SILVA, 2022; SILVA et al., 2024). Os dados obtidos para amônia não mostraram resultados significativos após a análise estatística. Contudo, é possível notar que os tratamentos com a utilização do Embiotic apresentaram valores inferiores em comparação com o grupo controle. Os níveis de nitrito, por outro lado, apresentaram resultados significativos após a análise estatística, evidenciando que os tratamentos 4%, 6%, 8%, 12% e 16% resultaram em um teor menor de nitrito em comparação ao 0% (grupo controle). Foi observado redução nos níveis de amônia e nitrito nos tratamentos que utilizaram o Embiotic indicando uma influência positiva no controle dos compostos nitrogenados na aquicultura.

Conforme Bratvold et al. (1997), uma biorremediação com resultados positivos é aquela em que as taxas de nitrificação não comprometem o comportamento natural dos animais. Os resultados deste experimento confirmam esta ideia, visto que os tanques que receberam tratamento tiveram melhores índices de qualidade de água. Apesar dos microrganismos presentes no Embiotic não serem especializados na utilização direta de compostos nitrogenados, sua eficácia na degradação da matéria orgânica é notável. A decomposição da matéria orgânica, como restos de fezes e ração, libera compostos nitrogenados no ambiente, prejudicando a qualidade da água.

Portanto, a capacidade dos microrganismos em consumir essa matéria orgânica pode ter contribuído para a redução da liberação desses compostos nitrogenados na água.

A biorremediação utiliza microrganismos para degradar contaminantes no ambiente de forma menos tóxica. Microrganismos desempenham papel importante na remoção de poluentes tanto no solo, como na água e sedimentos, auxiliando na degradação e na reciclagem de nutrientes (REBOUÇAS, 2010; KENSA, 2011; ABATENH et al., 2017).

5.2. Desempenho Produtivo

Os diferentes níveis de aplicação do Embiotic não apresentaram impacto significativo no peso final, ganho de peso, taxa de crescimento, consumo total médio e conversão alimentar dos juvenis de tilápia-do-Nilo aos 30 e 60 dias de experimento. Os resultados estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P de desempenho produtivo de 30 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	0%	4%	6%	8%	12%	16%		
PF (g)	176,09 ± 8,14	173,54 ± 3,76	174,21 ± 6,84	172,52 ± 2,89	178,86 ± 4,79	179,27 ± 5,72	1,15	0,44
GP (g)	67,84 ± 8,24	68,35 ± 3,20	66,49 ± 6,56	67,57 ± 3,70	71,49 ± 4,37	72,82 ± 5,96	1,12	0,57
TCE (%)	1,56 ± 0,15	1,61 ± 0,06	1,55 ± 0,12	1,60 ± 0,08	1,64 ± 0,07	1,68 ± 0,10	0,021	0,55
CON.M (g)	45,54 ± 1,81	45,91 ± 0,54	45,54 ± 0,50	45,30 ± 0,58	45,58 ± 2,14	45,92 ± 1,30	0,24	0,98
CA	1,38 ± 0,16	1,37 ± 0,09	1,40 ± 0,12	1,39 ± 0,08	1,27 ± 0,04	1,31 ± 0,09	0,021	0,50

PF = Peso final; GP = Ganho de peso; TCE = Taxa de crescimento específico; CON.M = Consumo total médio de ração; CA = Conversão alimentar. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 6. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P de desempenho produtivo de 60 dias dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	0%	4%	6%	8%	12%	16%		
PF (g)	251,35 ± 6,14	255,90 ± 3,35	252,36 ± 2,94	252,67 ± 3,36	259,03±10,68	263,99 ± 16,78	1,82	0,33
GP (g)	143,11 ± 6,32	150,69 ± 3,73	144,64 ± 5,38	147,72 ± 2,74	151,65±10,61	157,54 ± 16,95	1,91	0,28
TCE (%)	1,38 ± 0,04	1,45 ± 0,03	1,39 ± 0,05	1,44 ± 0,02	1,44 ± 0,06	1,48 ± 0,10	0,01	0,20
CRT/P (g)	60,30 ± 2,33	60,22 ± 0,90	59,78 ± 0,92	59,52 ± 2,82	61,16 ± 1,68	60,90 ± 1,74	0,35	0,80
CA	1,68 ± 0,01	1,54 ± 0,05	1,60 ± 0,08	1,58 ± 0,08	1,54 ± 0,09	1,53±0,12	0,35	0,80

PF = Peso final; GP = Ganho de peso; TCE = Taxa de crescimento específico; CON.M = Consumo total médio de ração; CA = Conversão alimentar. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na aquicultura, a utilização de microrganismos vivos como melhoradores de desempenho tem sido amplamente empregada, trazendo benefícios tanto aos animais quanto ao setor de cultivo. Os probióticos são utilizados na aquicultura como aditivos seguros com múltiplas funções benéficas. Eles não apenas impulsionam o crescimento, mas também melhoram a saúde geral dos peixes ao regular a colonização microbiana no trato gastrointestinal. Isso resulta em uma microbiota mais equilibrada, que pode competir eficazmente contra patógenos oportunistas, reduzindo a incidência de doenças. Além disso, os probióticos modulam as respostas imunológicas dos peixes, aumentando a resistência a infecções através da estimulação de mecanismos imunológicos inatos e adquiridos (FERREIRA et al., 2015; KUEBUTORNYE et al., 2019; DIAS et al., 2023).

Espécies de bactérias do gênero *Bacillus spp.* e *Lactobacillus spp.*, tem sido amplamente pesquisada e incorporadas em produtos comerciais. Seus maiores potenciais incluem a melhoria no crescimento e da eficiência alimentar (SUZER et al., 2008; SOARES, 2023). Em sistemas de aquicultura, diversas abordagens são empregadas para a administração de probióticos, podendo ser sob a forma de suplementos dietéticos (JAHANGIRI E ESTEBAN, 2018). Neste estudo, a utilização de diferentes dosagens do Embiotic Biorremediador HDM composto por *Lactobacillus plantarum* (10⁴ UFC/mL) e *Saccharomyces cerevisiae* (10³ UFC/mL) foi aplicada diretamente na água. Os resultados não demonstraram melhorias significativas nos

índices de desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Diferindo do presente trabalho onde o uso do Embiotic não atuou de forma negativa e não ocasionou queda no desempenho. Um experimento desenvolvido por Ruggiero (2023), sobre a influência do biorremediador na sobrevivência de juvenis da tilápia-do-Nilo, com resultados significativos ($p > 0,05$) influenciando positivamente na taxa sobrevivência da espécie perante a infecção por *Streptococcus agalactiae*. Melo et al., (2013) alimentaram tilápias-do-Nilo com bactérias do gênero *Bacillus* e, ao final do período experimental, observaram um aumento na altura e na largura das vilosidades intestinais. Isso resultou em um aumento na área de superfície aparente das vilosidades, diferente dos resultados deste trabalho.

Outro estudo investigou os efeitos sobre um composto de bactérias *Streptococcus agalactiae*, *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis* na alimentação de tilápia-do-Nilo, onde resultados mostraram que são capazes de promover o crescimento, melhorar a conversão alimentar e na imunidade dos peixes (XIA et al., 2019).

Grandes avanços no setor foram alcançados ao empregar microrganismos como substitutos a produtos químicos, indicando que o método de administração mais adequado deve ser escolhido levando em consideração a idade e tamanho dos peixes (JAHANGIRI E ESTEBAN, 2018). É relevante salientar que, apesar de compartilharem a presença de microrganismos, biorremediadores e probióticos são produtos distintos, com processo de fabricação totalmente diferentes. Enquanto os probióticos visam beneficiar diretamente o hospedeiro, os biorremediadores têm como principal objetivo a degradação ou remoção de poluentes ambientais, promovendo melhorias na qualidade do meio aquático. Esta afirmação é respaldada pelos resultados físico-químicos da água obtidos neste ensaio experimental.

6. CONCLUSÃO

Os diversos níveis de aplicação (0%; 4%; 6%; 8%; 12%; 16%) do biorremediador Embiotic, contendo *Lactobacillus plantarum* (10^4 UFC/mL) e *Saccharomyces cerevisiae* (10^3 UFC/mL), não demonstraram um impacto significativo nos parâmetros de desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia-do-Nilo. Contudo, melhorias foram observadas nos indicadores de qualidade da água, como

condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, transparência, sólidos sedimentáveis e nitrito. Esses resultados sugerem que a ação predominante dos microrganismos do Embiotic pode estar mais relacionada à melhoria da qualidade da água do que ao desempenho direto dos peixes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABATENH, E. et al. The role of microorganisms in bioremediation-A review. **Open Journal of Environmental Biology**, v. 2, n. 1, p. 038-046, 2017.
- ALVES, S.M.; LIMA, P.C.C.; AVILA, R.G.; DA SILVA, D.V.; SOBREIRA, B.G. Avaliação da relação entre a taxa de precipitação e local de coleta em tanques-rede cativo de alevinos de tilápia na qualidade físico-química das águas do açude do Ifsuldeminas–campus muzambinho em dois meses de estudo, X Congresso Nacional de Meio ambiente de Poços de Caldas. **Anais**. Poços de Caldas. p. 1-5, 2013.
- ANDRADE, C. L. et al. Nutrição e alimentação de tilápias do Nilo. **Revista Eletrônica de Nutrição**, v. 12, n. 6, p. 4464-4469, 2015.
- ANTONY, S. P.; PHILIP, R. Bioremediation in shrimp culture systems. **Naga The WorldFish Center Quarterly**, v. 29, n. 3 & 4, p. 62-66, 2006.
- ARAÚJO, A. H. C. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA APLICAÇÃO DAS MICROALGAS NA BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, 2018.
- ATWOOD, H. L. et al. Toxicity of nitrite to Nile tilapia: effect of fish size and environmental chloride. **North American Journal of Aquaculture**, v. 63, n. 1, p. 49-51, 2001.
- Barbosa, K. L. D. S. (2018). Kalina Lourena da Silva et al. Biotratamento em piscicultura: avaliação da sua eficácia com bioindicadores. 2018.
- BEZERRA, João Henrique Cavalcante. Biorremediação do efluente proveniente da carcinicultura por microalgas. 2023.
- BRATVOLD, D.; BROWDY, C.L.; HOPKINS, J.S. Microbial ecology of shrimp ponds:
- BRIM, H. et al. Engineering *Deinococcus geothermalis* for bioremediation of high-temperature radioactive waste environments. **Applied and environmental microbiology**, v. 69, n. 8, p. 4575-4582, 2003.
- BUENO, L.; CHOUPINA, A. Genômica estrutural, funcional e comparativa da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, p. e024014-e024014, 2024.
- Costa, F. V. L. (2019). Sistema de monitoramento da qualidade de água para piscicultura. 2019.
- DA SILVA, A. C. B. et al. Tambaqui e RAS: viabilidade de biofiltros com LECA para a piscicultura intensiva em sistema de recirculação de água. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. e3730-e3730, 2024.

- DA SILVA, F. N. L. Capacitação para promoção da piscicultura e desenvolvimento rural. **Ciência Animal**, v. 33, n. 3, p. 1 a 7-1 a 7, 2023.
- DE ABREU, W. F. et al. Estudo prospectivo sobre a aplicação da biorremediação na aquicultura. **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 1, p. 262-277, 2022.
- DE ARAÚJO, T. P. et al. Toxicidade de compostos nitrogenados em peixes influenciada por parâmetros físico-químicos da água: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e359101119779-e359101119779, 2021.
- DE CAMPOS, B. R. et al. Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) (Crustacea: Decapoda). **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 75-81, 2012.
- DE CASSIA BRANQUINHO, A. et al. Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Tomás localizado no município de Rio Verde–Goiás. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 5, p. e4651-e4651, 2024.
- DE CASTRO JUNIOR, S. L. et al. Sistema baseado na lógica fuzzy para diagnóstico da qualidade da água para o cultivo de tilápia-do-Nilo. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e3211426933-e3211426933, 2022.
- DE LIMA, A.C.N. **Glicosaminoglicanos sulfatados da brânquia de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus Linnaeus 1758)**. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, p. 1-49, 2023.
- DE SOUZA, F. L.; F., M. W. Inclusion of probiotics in pisculture to stimulate the innate immune response and physiological enrichment-Literature review. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 71766-71775, 2022.
- Dias, J. A. R. (2023). **ESTRATÉGIAS NO USO DE BACTÉRIAS BENÉFICAS AUTÓCTONES NA AQUICULTURA**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará
- DUARTE, E., MOREIRA, F. D. C., PEDREIRA, M. M., & PIRES, A. V. (2014). Parâmetros físico-químicos da água para cultivo de tilápia do Nilo em sistemas de biofiltros. 2014.
- EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006.
- FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- FERREIRA, A. H. C. et al. Probiótico na alimentação de pós-larvas de tilápias-do-nilo submetidas a desafio sanitário. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 430-439, 2015.
- FERREIRA, Y. G (2024). Bactérias anaeróbias oxidadoras de amônio (anammox) aerotolerantes isoladas em sedimentos eutrofizados.
- FIGUEIREDO, F.M.; DA COSTA, R.L.; BONFIM, S.C.; RODRIGUES, J.F.H.; BAY-HURTADO, F. Qualidade da água na piscicultura. p. 63-78, 2017.
- GADD, G. M. Bioremedial potential of microbial mechanisms of metal mobilization and immobilization. **Current opinion in biotechnology**, v. 11, n. 3, p. 271-279, 2000.

GUIMARÃES, K. M.; LOHMANN, D. Automação de tanques para aquicultura. **Revista Ilha Digital**, v. 6, p. 34-47, 2017.

GUIMARÃES, M. C. et al. Oral administration of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum* modulates the gut microbiota and increases the amylase activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture International**, v. 29, p. 91-104, 2021.

GUSMÃO, R. R. Índice de Qualidade de Água de Prati (IQA) em corpos hídricos receptores de efluentes de pisciculturas semi-intensivas de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1988), nordeste paraense. 2021.

HEIDERSCHIEDT, S. et al. Hortaliças na biorremediação de compostos nitrogenados de efluentes de bioflocos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, pág. 52-56, 2024.

HILSDORF, A. W. S. GENÉTICA E CULTIVO DE TILÁPIAS VERMELHAS í UMA REVISÃO. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 1, p. 73-84, 1995.

HOLANDA, E. C. C. SOUZA, R. H. B. PASSINATO, E. B. BAY-HURTADO, F. RODRIGUES, J. F. H. Toxicidade de amônia em peixes. **Piscicultura e meio ambiente, estudos e perspectivas na Amazônia**, p. 120-139, 2017.

JAHANGIRI, L.; ESTEBAN, M. Á. Administration of probiotics in the water in finfish aquaculture systems: a review. **Fishes**, v. 3, n. 3, p. 33, 2018.

JOFFRE, O.M.; VERDEGEM, M. Feeding both pond and fish: A pathway to ecological intensification of aquaculture systems. **Aquaculture**. p. 1-4, 2019.

KENSA, V. M. Bioremediation-an overview. **Journal of Industrial Pollution Control**, v. 27, n. 2, p. 161-168, 2011.

KUEBUTORNYE, F. K.; ABARIKE, E. D.; LU, Y. Uma revisão sobre a aplicação de *Bacillus* como probióticos na aquicultura. **Imunologia de peixes e mariscos**, v. 87, p. 820-828, 2019.

LENZ, G. L.; LAPA, K.R.; VIANA. M.L.; EMERENCIANO, M.G.C. Caracterização preliminar de sólidos da água em um sistema de cultivo integrado de aquaponia e bioflocos. **Labomar**. p. 103-119, 2021.

LEWIS J. R, William M.; MORRIS, D. P. Toxicity of nitrite to fish: a review. **Transactions of the American fisheries society**, v. 115, n. 2, p. 183-195, 1986.

LINH, Nguyen Thi Hue; SAKAI, Kentaro; TAOKA, Yousuke. Screening of lactic acid bacteria isolated from fermented food as potential probiotics for aquacultured carp and amberjack. **Fisheries science**, v. 84, p. 101-111, 2018.

LOURENÇO, J.N.P.; MALTA, J.C.O.; DE SOUSA, F.N. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. Instruções técnicas. N.5. p. 1-4, dez.1999.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MANZANO, M. et al. Utilization of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) to evaluate the intestinal microbiota of brown trout *Salmo trutta fario*. *Journal of Veterinary Science & Medical Diagnosis*. v. 2, p. 2, 2012.

MARINHO, J. S. F. Integração piscicultura-agricultura como alternativa para o Nordeste: uma revisão de literatura. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Aquicultura), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. p.1-29, 2022.

MARTINEZ, C. B dos R.; AZEVEDO, F. de; WINKALER, E. U. Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. **CYRINO, JEP; URBINATI, EC Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 81-95, 2006.

MARTINEZ, C. D. R., AZEVEDO, F. D., & WINKALER Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. **CYRINO, JEP; URBINATI, EC Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 81-95, 2006., E. U. (2006).

MASTELINI, V.; NETO, M. M. Indicadores de qualidade da água para criação de tilápias-do-nilo em tanque-rede: uma revisão das práticas de análises de criação (2010–2021). **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 3, n. 12, p. e3122363-e3122363, 2022.

MELLO, H. de et al. Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, p. 724-730, 2013.

MEURER, F. et al. *Saccharomyces cerevisiae* como probiótico para alevinos de tilápia-do-nilo submetidos a desafio sanitário. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1219-1224, 2007.

MORO, G. V. TORATI, L. S. LUIZ, D. B. MATOS, F. T. Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. in RODRIGUES, APO; LIMA, AF; ALVES, AL; ROSA, DK. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos, Brasília, DF: Embrapa. p. 141-169, 2013.

OCHOA-SOLANO, J. L.; OLMOS-SOTO, J. The functional property of *Bacillus* for shrimp feeds. **Food microbiology**, v. 23, n. 6, p. 519-525, 2006.

OLAJUYIGBE, F. M. et al. Bioremediation treatment improves water quality for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under crude oil pollution. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 25689-25702, 2020.

OSHIRO, A.M. Avaliação de um blend biotecnológico na qualidade de água, desempenho produtivo e saúde de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, p. 1-48, 2022.

PEIXE BR, Associação brasileira de Piscicultura. Anuário da Piscicultura. São Paulo, 2024.

PEREIRA, A.M.L.; COSTA FILHO, G.S.; LEGAT, J.F.A.; ROUTLEDGE, E.A.B. **O uso de ostras na biorremediação de efluentes da aquicultura**. Teresina: Embrapa Meio Norte, p. 23, 2007.

PEREIRA, R. M. et al. Uso de branchonetas (*Dendrocephalus brasiliensis*) no tratamento de água proveniente da piscicultura: Use of branchonets (*Dendrocephalus brasiliensis*) in the treatment of fish water. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 10, p. 68794-68802, 2022.

PINHEIRO, A. I. D. A.. Qualidade das águas do Tucunduba (PA) para cultivo da Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Trabalho de conclusão de curso

(Engenharia de pesca), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. p. 1- 43, 2023.

REBOUÇAS, R.A. Monitoramento da microbiota bacteriana da água em um sistema fechado de cultivo em uma estação de piscicultura marinha. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. p. 1-92, 2010.

RIBEIRO, D. C. Proposta de tecnologia social para redução do risco de eutrofização em açudes no semiárido. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, 2013.

RINGØ, E. et al. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. **Journal of applied microbiology**, v. 129, n. 1, p. 116-136, 2020.

ROCHA, A. D. F. (2022). Adaptabilidade de juvenis de tilápia nos diferentes sistemas de cultivo.

ROTTA, M. A; ROCHA, A. F; BRITO, B. G; SAMPAIO, J. A. O; BRITO, K. C. T. CAVALLI, L. S. LAZZARI, R. MANEJO DE INVERNO PARA A PISCICULTURA NO SUL DO BRASIL. **Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária**, v. 1, p. 10-129, 2023.

RUGGIERO, M. V. H. Influência de um biorremediador na sobrevivência de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após infecção por *Streptococcus agalactiae*. 2023.

SANTOS, M. V. B. et al. Monitoramento Automático da Qualidade de Água para Pisciculturas. **Anais SULCOMP**, v. 8, 2016.

SANTOS, M. V., BORGES, L. C., SANTOS, R. T., LIMA, C. J., & ROCHA, F. G. (2016). Monitoramento Automático da Qualidade de Água para Pisciculturas. **Anais SULCOMP**, v. 8, 2016.

SATO, K. K. L. **Processamento de produtos da piscicultura no estado do Pará: uma alternativa para agregação de valor?** Tese de Doutorado. UFRA-Campus Belém, p. 1-64, 2022.

SHIVALKAR, S. et al. Bioremediation: a potential ecological tool for waste management. In: **Bioremediation for Environmental Sustainability**. Elsevier, 2021. p. 1-21.

SILVA, B. D., & COSTA, D. C. P. B. (2013). Formação de Bioflocos: protótipo com criação de tilápias. **Curitiba: UFPR**, 2013.

SILVA, B. K. R. D; COSTA, D. C. P. B. Formação de Bioflocos: protótipo com criação de tilápias. **Curitiba: UFPR**, 2013.

SILVA, R.R. Concentração Letal Mediana para compostos nitrogenados em vieiras da espécie *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758). Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. p. 1-33, 2022.

SOARES, H. H. D. Uso de biorremediador em função do arraçoamento de juvenis da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no outono/inverno. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Dracena, p. 1-46, 2023.

SOLTIS, R. R. Avaliação da qualidade da água dos principais riachos das sub-bacias dos rios Piratinim e Comandá, no médio Rio Uruguai, sul do Brasil. 2023.

SONIA, V. et al. Influence of bioremediation on the growth and survival of *Cyprinus carpio* Var Koi using aquaculture waste water. **Journal of Industrial Pollution Control**, v. 31, n. 2, p. 243-248, 2015.

SOUZA, A. C. B. de. Importância das boas práticas de manejo sanitário na piscicultura de água doce. 2021.

SUZER, C. et al. Lactobacillus spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. **Aquaculture**, v. 280, n. 1-4, p. 140-145, 2008.

TOIGO, V. H. SISTEMA AUTOMATIZADO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA NA PISCICULTURA. **Revista Brasileira de Educação e Inovação da Univel (REBEIS)**, v. 1, n. 3, p. 8-27, 2023.

toward zero discharge. *World Aquaculture*, 1997.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura intensiva. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropicais intensiva. TecArt, São Paulo**, p. 171-194, 2004.

VALERIO, L.; RODRIGUES, A. D. Tilapicultura: perspectivas e produção em tanques-rede. **Revista Interface Tecnológica**, v. 18, n. 2, p. 487-499, 2021.

VERSCHUERE, L. et al. Bactérias probióticas como agentes de controle biológico na aquicultura. **Revisões de microbiologia e biologia molecular**, v. 4, pág. 655-671, 2000.

VICENTE, I. S. T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 392-398, 2014.

XIA, Y. et al. Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Animal Nutrition**, v. 6, n. 1, p. 69-79, 2019.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. D. F. Pesca e Aquicultura: Piscicultura. 2023. **Caderno Setorial Etene**, n. 272, p. 1-19, 2023.