



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE BRASÍLIA
CAMPUS PLANALTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

DANIEL FERREIRA LOPES

**POTENCIAL DE MICROALGAS COMO INGREDIENTE
SUSTENTÁVEL NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES**

Planaltina - DF

Dezembro/2024



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE BRASÍLIA
CAMPUS PLANALTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

DANIEL FERREIRA LOPES

**POTENCIAL DE MICROALGAS COMO INGREDIENTE
SUSTENTÁVEL NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília - IFB, como parte das exigências para a obtenção do grau de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientador: Professor Doutor Bruno Ceolin da Silva

Planaltina - DF

2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

TERMO DE APROVAÇÃO

DANIEL FERREIRA LOPES

**POTENCIAL DE MICROALGAS COMO INGREDIENTE SUSTENTÁVEL
NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo em Agroecologia do Instituto Federal de Brasília, pela seguinte banca examinadora:

Dr. Bruno Ceolin da Silva

(orientador)

Dra. Paula Petracco
(examinadora)

Esp. Marco Antônio de Castro
(examinador)

Planaltina - DF, 20 de dezembro de 2024

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruno Ceolin da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/12/2024 18:50:23.
- Marco Antônio de Castro, 413.638.501-30 - Usuário Externo, em 20/12/2024 19:32:07.
- Paula Petracco, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/01/2025 11:37:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 587630

Código de Autenticação: 4778090df3



Campus Planaltina
Rodovia DF-128, Km 21, None, Zona Rural de Planaltina,
PLANALTINA / DF, CEP 73.380-900
None

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus, por me conceder a graça de escrever esse trabalho e concluir de forma honrosa, e também a meus pais, família e amigos que participaram dessa jornada me apoiando e incentivando. Aos meus professores, cuja paciência, sabedoria e dedicação foram fundamentais para minha formação, e a mim mesmo, por manter a determinação, vencer os obstáculos e demonstrar que, com dedicação e fé, tudo pode ser alcançado.

RESUMO

A problemática entre uma crescente demanda global por alimentos, o aumento dos impactos ambientais da intensificação agrícola e a incerteza das futuras mudanças climáticas destacam uma necessidade crucial de práticas agrícolas sustentáveis para melhorar a produtividade das culturas. Recentemente, a Spirulina atraiu a atenção de pesquisadores e agroindústrias como um recurso renovável para insumos agrícolas. A spirulina, uma alga verde-azulada rica em nutrientes, não só auxilia na produção de alimentos, mas também atua como um poderoso agente de captura de carbono, adicionando um elemento vital aos esforços de biotecnologia sustentável. Ela cresce na água, pode ser colhida e processada facilmente e tem teores significativamente altos de macro e micronutrientes. Em muitos países da África, é usada como alimento humano como uma importante fonte de proteína e é coletada da água natural, seca e comida. As microalgas ganharam considerável popularidade na indústria de alimentos saudáveis para humanos e em muitos países da Ásia é usada como suplemento proteico e como alimento saudável para humanos. A espirulina tem sido usada também como um ingrediente dietético complementar de ração para aves e cada vez mais como um suplemento proteico e vitamínico para rações aquáticas. O crescimento da aquicultura depende de fontes de proteína que podem reduzir a pressão sobre a farinha de peixe e o farelo de soja, e a adição de Spirulina pode ser uma opção devido ao seu alto valor proteico e excelente perfil de aminoácidos. Estudos sobre Spirulina como alimento em dietas de organismos aquáticos aumentaram substancialmente na última década, mas o fato de seu uso em rações comerciais não ocorrer hoje indica que ainda há desafios que precisam ser superados. Este trabalho realizou uma revisão sobre o potencial das microalgas e uma pesquisa sobre o uso da spirulina em dietas para peixes da espécie tilápia onde se verificou que dietas com níveis de até 30% de farinha de spirulina não afetaram o desempenho zootécnico dos peixes que corrobora com outros estudos realizados indicando esta ser uma excelente fonte nutricional para peixes.

Palavras-chave: piscicultura, nutrição animal, algas, aquicultura, produção sustentável

ABSTRACT

The conflict between a growing global demand for food, the increasing environmental impacts of agricultural intensification, and the uncertainty of future climate change highlight a critical need for sustainable agricultural practices to improve crop productivity. Recently, Spirulina has attracted the attention of researchers and agribusinesses as a renewable resource for agricultural inputs. Spirulina, a nutrient-rich blue-green algae, not only aids in food production but also acts as a powerful carbon capture agent, adding a vital element to sustainable biotechnology efforts. It grows in water, can be easily harvested and processed, and has significantly high levels of macro- and micronutrients. In many African countries, it is used as a human food as an important source of protein and is harvested from natural water, dried, and eaten. Microalgae have gained considerable popularity in the human health food industry, and in many Asian countries it is used as a protein supplement and as a human health food. Spirulina has also been used as a complementary dietary ingredient in poultry feed and increasingly as a protein and vitamin supplement for aquafeeds. Aquaculture growth depends on protein sources that can reduce pressure on fishmeal and soybean meal, and the addition of Spirulina may be an option due to its high protein value and excellent amino acid profile. Studies on Spirulina as a food in aquatic organism diets have increased substantially in the last decade, but the fact that its use in commercial feeds does not occur today indicates that there are still challenges that need to be overcome. This work carried out a review on the potential of microalgae and research on the use of spirulina in diets for tilapia fish, where it was found that diets with levels of up to 30% spirulina meal did not affect the zootechnical performance of the fish, which corroborates other studies indicating that this is an excellent nutritional source for fish.

Keywords: fish farming, animal nutrition, algae, aquaculture, sustainable production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Viveiros de criação de peixes com presença de microalgas.....	11
Figura 2. Fabricação das rações experimentais.....	14
Figura 3. Sistema experimental de aquários em recirculação.....	26
Figura 4. Testes para aferição da qualidade da água.....	29
Figura 5. Biometria dos peixes ao final do período experimental.....	29
Figura 6: Ganhos de peso totais médios, ganhos de peso diários médios, comprimentos totais finais médios, conversões alimentares e taxas de sobrevivência médias observados nos tratamentos.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal (g/100 g matéria seca) de algumas espécies de microalgas comparadas com fontes convencionais de proteínas.....	15
Tabela 2. Perfil de aminoácidos essenciais em diferentes espécies de microalgas comparadas com fontes convencionais de proteínas (g/100g).....	15
Tabela 3: Composição Centesimal e ingredientes das dietas experimentais.....	26
Tabela 4: Informações nutricionais da farinha de Spirulina utilizada na fabricação das dietas.....	27
Tabela 5: Valores médios dos parâmetros de qualidade da água.....	30
Tabela 6. Desempenho de tilápias recebendo dietas suplementadas com níveis de 0, 10, 20 e 30% de farinha de microalga spirulina.....	31

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	09
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	MICROALGAS – Características, classificação, ecologia e biodiversidade.....	10
2.2	MICROALGAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA AGROPECUÁRIA....	12
2.3	MICROALGAS COMO FERTILIZANTES NATURAIS.....	13
2.4	MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	14
2.5	MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO ANIMA.....	16
3.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
4.	ARTIGO: Desempenho zootécnico de juvenis de Tilápia do Nilo(<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com rações suplementadas com farinha de microalga <i>Spirulina</i> <i>maxima</i>	21
4.1	RESUMO.....	22
4.2	INTRODUÇÃO.....	23
4.3	OBJETIVOS.....	24
4.4	METODOLOGIA.....	25
4.4.1	ELABORAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS.....	25
4.4.2	ANIMAIS UTILIZADOS.....	27
4.4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	27
4.4.4	CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS.....	28
4.4.5	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO.....	29
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.6	CONCLUSÃO.....	33
4.7	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Planeta Terra devido ao crescimento da população humana e às mudanças climáticas encontra-se em um momento de grandes desafios na produção de alimentos. A produção animal convencional, principalmente de carnes, tem gerado consequências deletérias ao meio ambiente, relacionadas as altas demandas de água e grandes áreas de criação, bem como às emissões de gases de efeito estufa (SAMBUICHI et al., 2012).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), os esforços para acabar com a fome e atingir as metas globais de nutrição até 2030 não avançaram e alguns indicadores pioraram, como baixo peso ao nascer, sobre peso infantil e adulto e anemia em mulheres (FAO, 2024). Para atender aos desafios na produção de alimento a baixo custo e elevada qualidade algumas alternativas têm sido estudadas como a produção de microalgas.

Para produzir microalgas, é necessário em geral quatro vezes menos água do que a soja, cinco vezes menos do que o arroz e cinco mil vezes menos do que a carne de boi. Segundo o vice-presidente da Spigreen, Matheus Morais, a produção desse alimento é revolucionária, pelo fato de produzir, por hectare, 400 vezes mais proteína que a carne vermelha, 230 vezes mais proteína que o arroz, 60 vezes mais proteína que o trigo, 40 vezes mais proteína que o milho e 30 vezes mais proteína que a soja, o que demonstra seu potencial no combate à escassez de alimentos no futuro, com o aumento previsto da população mundial (EXPRESSO, 2020).

As microalgas compõem um grupo diversificado de organismos conhecidos também como fitoplânctons que possuem capacidade fotossintética. Esses importantes componentes dos ecossistemas aquáticos são produtores eficazes de energia, convertendo através da energia solar, dióxido de carbono e água em hidratos de carbono, proteínas e lipídeos. Tais compostos derivados podem ser utilizados na produção de biocombustíveis e suplementos alimentares (MORAES et al., 2023).

Esses organismos podem ser cultivados em diversos sistemas de produção, com volumes variados e em diferentes graus de nível tecnológico. Os sistemas normalmente empregados são pouco tecnológicos, simples, com cultivos a céu aberto, sob condições naturais de iluminação e temperatura, portanto com baixo ou nenhum controle destes parâmetros ambientais. As microalgas produzidas possuem excelente valor nutricional podendo ser empregados na alimentação humana ou animal. Diante deste cenário, com as microalgas se

destacando em função do seu alto potencial biotecnológico, capazes de produzir diferentes tipos de compostos químicos economicamente importantes, torna-se cada vez mais relevante o investimento em pesquisas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MICROALGAS – Características, classificação, ecologia e biodiversidade

As microalgas são organismos eucariotas fotossintéticos que não apresentam raízes, caules e folhas. Possuem tamanho estimado desde alguns micrômetros a algumas centenas de micrômetros (2×10^5 a 8×10^5), dependendo da espécie. Elas estão presentes em praticamente toda parte, desde ambientes aquáticos (salgado ou doce) até terrestres, sendo consideradas responsáveis por pelo menos 60% da produção primária de oxigênio do planeta Terra (DERNER et al., 2006). Além disso, apresentam capacidade de se multiplicar rapidamente e sobreviver em condições adversas (calor, frio, anaerobiose, salinidade e exposição à radiação ultravioleta - UV) (MIRA, 2015).

Estima-se que existam cerca de 800 mil espécies de microalgas, porém, apenas 40 a 50 mil espécies foram identificadas (ZUCCARO et al., 2020), sendo que o Brasil possui cerca de 3,5 mil espécies catalogadas (EMBRAPA, 2016). Algumas dessas espécies são pesquisadas e utilizadas de acordo com seu potencial na produção de biocombustíveis renováveis e produtos bioativos, além de atuar como biofertilizantes auxiliando na fixação de nitrogênio (Chisti, 2007). As microalgas também são importantes para a produção de oxigênio em sistemas de aquicultura em viveiros escavados e para a produção primária de alimento para as fases larvais de peixes e camarões. As microalgas autotróficas utilizam luz, água e o CO_2 como fonte de carbono e por meio da fotossíntese (ANGELO; ANDRADE; FILHO, 2014) sintetizam carboidratos $[(\text{CH}_2\text{O})_n]$ e oxigênio (O_2) (BARSANTI; GUALTIERI, 2006).



Figura 1. Viveiros de criação de peixes com presença de microalgas. (Fonte: o autor, 2024)

A seleção da espécie de microalga para o cultivo deve levar em consideração sua capacidade de crescer rapidamente em meio orgânico sem perder suas características nutricionais, se adaptar bem ao cultivo externo em grandes escalas, ser facilmente separada da água por filtração, além de tolerar alterações de salinidade, temperatura e possuir valor comercial (CHUNTAPA; POWTONGSOOK; MENASVETA, 2003). As microalgas *Spirulina platensis*, conhecida atualmente como *Arthrospira platensis*, e *Spirulina máxima*, também denominadas popularmente como “algas verde azulada” devido à sua coloração, possuem essas características, sendo umas das espécies de microalgas mais estudadas e utilizadas,. São cianobactérias espiraladas, filamentosas e fotossintéticas que tem sido utilizadas há séculos como alimento por diversas populações (LOURENÇO, 2006).

A classificação taxonômica da *Arthrospira platensis* segundo o banco de dados AlgaeBase (2024) é a seguinte:

- Reino: Bacteria
- Subreino: Negibacteria
- Filo: Cyanobacteria
- Classe: Cyanophyceae
- Subclasse: Oscillatoriophyceidae
- Ordem: Oscillatoriales

- Família: Phormidiaceae
- Subfamília: Phormidioideae
- Gênero: Arthrospira
- Espécie: Arthrospira (Spirulina) platensis

2.2 MICROALGAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA AGROPECUÁRIA

Diversas atividades produtivas agropecuárias geram efluentes potencialmente eutrofizantes e por isso devem passar por algum processo para remoção das impurezas físicas, químicas e biológicas a fim de reduzir os poluentes que auxiliam no crescimento de microrganismos, como bactérias e microalgas que desencadeia a eutrofização (MARTÍNEZ, et al., 2000). A aquicultura intensiva, por exemplo, torna as águas ricas em compostos orgânicos que podem gerar vários impactos negativos para os ambientes aquáticos, tornando-os passíveis de eutrofização (LIMA, 2011). Como essa atividade vem crescendo muito nos últimos anos, os impactos negativos sobre o meio ambiente, principalmente pelos efluentes gerados, vem causando preocupação (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008). Normalmente as águas provenientes desses sistemas são lançadas diretamente nos rios e córregos, sem tratamento prévio (SIPAÚBA-TAVARES; FÁVERO; BRAGA, 2002).

As microalgas pode auxiliar no tratamento de efluentes, pois têm a capacidade de remover os fosfatos, nitratos e outros elementos presentes em águas residuais, sendo consideradas agentes purificadores. Quando presentes em piscinas de oxidação ou tanques, tratam e recuperam águas, evitando contaminação, podendo-se utilizar a água para consumo humano ou animal, sendo assim um fator positivo que colabora com o meio ambiente (CUESTA & SERRANO, 2006). Além de assimilar diversos compostos e O₂, que é consumido pelas bactérias aeróbias, a fotossíntese acarreta variação de pH, ajudando a reduzir agentes patogênicos e nutrientes, como N(nitrogênio), P(fósforo) e Fe (ferro) (MARCHELLO et al., 2015).

As pesquisas que utilizam as microalgas como ferramentas biotecnológicas estão ganhando cada vez mais destaque. Há estudos que avaliam as microalgas como elementos de recuperação de ambientes ricos em metais pesados (CHOJNACKA; NOWORYTA, 2004) e no tratamento de águas residuais pela e remoção de compostos nitrogenados e fosfatados, após a oxidação da matéria orgânica (LOURENÇO, 2006).

2.3 MICROALGAS COMO FERTILIZANTES NATURAIS

A população humana aumenta de forma exponencial levando a uma constante necessidade de aumento na produção de alimentos. A produção agrícola convencional demanda uma quantidade considerável de fertilizantes químicos, muitos deles de fontes não renováveis. Os fertilizantes sintéticos nitrogenados estão entre os mais utilizados, porém sua aplicação fornece eficiência em torno de 50%, pois boa parte deste nitrogênio é perdido ou imobilizado na biomassa microbiana para o ambiente (MOTA et al., 2015), além de aumentar o nitrato em águas subterrâneas e superficiais (SAVCI, 2012; IFTIKHAR et al., 2019).

Uma alternativa para melhorar os sistemas de cultivo é a aplicação de fertilizantes naturais, de fontes renováveis e menos poluidoras, como a utilização biofertilizante e/ou bioestimulantes, dos quais, são definidos como os compostos orgânicos que contém microrganismos vivos ou inativos (bactérias, actinomicetos, fungos e algas) que promovem a liberação e/ou fixação de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes minerais (REDDY; SARAVANAN, 2013; WIN et al., 2018), além da secreção de substâncias promotoras de crescimento para melhorar o crescimento e rendimento da cultura (DINESHKUMAR et al., 2018, 2019).

As microalgas são organismos fotossintéticos com grande potencial para uso como fertilizantes naturais que podem ser usados diretamente como biofertilizantes líquidos, graças à sua capacidade de enriquecer o solo. Esses fertilizantes líquidos também podem ser aplicados de forma foliar, pois os nutrientes disponíveis nos extratos de microalgas podem ser prontamente absorvidos pelas folhas através de seus estômatos e cutículas, apresentando melhor eficácia se aplicados em horas mais amenas do dia (baixa radiação) e com boa umidade, quando os estômatos estão completamente abertos (BATTACHARYYA et al., 2015; MEYER et al., 2022).

A utilização de biofertilizantes e/ou bioestimulantes à base de microalgas verdes pode ser uma alternativa para possibilitar o aumento da produção de alimentos, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos de custo elevado, através do uso de fontes mais sustentáveis.

2.4 MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

A busca por hábitos alimentares saudáveis é uma tendência global que tem levado cada vez mais à procura por alternativas naturais para promoção da saúde (Holban & Grumezescu, 2018; Fanzo et al., 2020). As microalgas, por exemplo, estão ganhando popularidade no contexto de tratamento de deficiências nutricionais (VIDOTTI, 2004). Biomassa de microalgas como a da espécie *Spirulina* tem sido produzidas e comercializadas como suplemento proteico, em pó, em cápsulas, em pasta, e ocasionalmente adicionadas em produtos alimentícios devido às suas qualidades nutricionais (Barkia & Saari, 2019; Lafarga, 2019).



Figura 2. Spirulina em cápsulas e em pó para suplementação humana. Fonte: Freepic.com

As microalgas são ricas em macro e micronutrientes, além de compostos bioativos como aminoácidos, ácidos graxos polinsaturados, minerais, vitaminas, antioxidantes e pigmentos, que podem contribuir para a nutrição e saúde humana (BATISTA et al., 2013; BENNAMOUN; AFZAL; LÉONARD, 2015) destaca-se o alto teor protéico e excelente perfil de aminoácidos que se equipara a das fontes convencionais de proteínas. Desse modo se viabiliza a utilização desta fonte em preparações alimentícias como um suplemento proteico e/ou ingrediente funcional (Raposo et al., 2013).

Tabela 1. Composição centesimal (g/100 g matéria seca) de algumas espécies de microalgas comparadas com fontes convencionais de proteínas.

Espécies	Proteínas	Carboidratos	Lipídios	Fibras	Referência
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9	0,5-1,8	(MADEIRA et al., 2017; UM; KIM, 2009)
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	8-14	4-16	9	(CHRISTAKI; FLOROU-PANERI; BONOS, 2011; TORRES-DURÁN et al., 2006)
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22	0,4-1,4	(CHRISTAKI; FLOROU-PANERI; BONOS, 2011; MADEIRA et al., 2017)
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	ND	(UM; KIM, 2009)
Soja grão	38	27	19	4,0	Kagawa (1995)
Soja proteína texturizada	37,8	26,8	28	7,7	TBCA
Ovo	48,3	9,1	38,7	0	TBCA
Carne bovina	76,1	0	21,1	0	TBCA

ND=Não determinado

Tabela 2. Perfil de aminoácidos essenciais em diferentes espécies de microalgas comparadas com fontes convencionais de proteínas (g/100g).

Espécies	His	Iso	Leu	Met	Lis	Fen	Tre	Tri	Val
<i>Spirulina platensis</i>	2,2	6,7	9,8	4,8	2,5	5,3	6,2	0,3	7,1
<i>Spirulina maxima</i>	1,8	6,0	8,0	4,6	1,4	4,9	4,6	1,4	6,5
<i>Chlorella vulgaris</i>	2,0	3,8	8,8	8,4	2,2	5,0	4,8	2,1	5,5
<i>Euglena gracilis</i>	2,5	3,9	6,3	6,5	1,7	3,7	4,1	1,6	6,6
Ovo	2,4	6,6	8,8	5,3	3,2	5,8	5,0	1,7	7,2
Soja	2,6	5,3	7,7	6,4	1,3	5,0	4,0	1,4	5,3

Fonte: Adaptado de (CHRISTAKI; FLOROU-PANERI; BONOS, 2011), (BARONE et al., 2018; LIM et al., 2018; SARKER et al., 2016).

His = Histidina; Iso = isoleucina; Leu = leucina; Lis = lisina; Met = metionina; Fen = fenilalanina; Ter = treonina; Tri = triptofano e Val = valina.

2.5 MICROALGAS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Na aquicultura, de forma direta, o fitoplâncton tem grande importância na alimentação de algumas espécies peixes, bem como para produzir zooplânctons como rotíferos, copépodos, artêmias e cladóceros, que servem de alimento para larvas e juvenis de crustáceos e peixes (COUTTEAU, 1996).

Segundo um estudo realizado por Ross & Dominy (1990), a adição de Spirulina (1,5% a 12%) como fonte proteica, pode substituir o farelo de soja sem afetar o ganho de peso do frango. Evans et al. (2015) avaliaram a suplementação da dieta de frangos com diferentes concentrações de alga Spirulina (0, 6, 11, 16 e 21%), ao final observaram que os resultados da dieta contendo até 16% de alga tiveram um nível maior de digestão de cisteína, lisina e metionina. Em outro estudo realizado por Mariey et al. (2012), foi avaliada a suplementação dietética de Spirulina sobre o desempenho de galinhas. Eles observaram que a microalga (0,2%) melhorou a capacidade de absorção das vitaminas da dieta, melhorando a função imunitária e a eficiência econômica em 63,8%, comparada à dieta controle. Há estudos mais recentes como Mirzaie et al. (2018) e Bonos et al., (2016) que não atingiram alterações na performance dos animais com a utilização da Spirulina em concentrações inferiores à 10%, mesmo com a utilização desde o início da vida dos animais, porém, podem ocorrer melhorias significativas na resposta imunitária dos animais (Mirzaie et al., 2018).

Na aquicultura a Spirulina vem sendo estudada como fonte de proteínas de forma natural ou como suplemento alimentar devido às suas qualidades nutricionais e rápida produção de biomassa. Alguns autores estudaram a substituição de ingredientes por esta microalga na ração de animais aquáticos (GUROY et al., 2012; SIRAKOV et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2010).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGAEBASE. [Homepage]. 2024. Disponível em: . Acesso em: 20 nov. 2024.

ANGELO, E.A.; ANDRADE, D.S.; FILHO, A.C. Cultivo não-fotoautotrófico de microalgas: uma visão geral. Semin: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 35, n. 2, p. 125-136, 2014.

BARKIA, I., & SAARI, N. (2019). Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. *Mar. Drugs*, 17(5), 304. doi: 10.3390/md17050304.

BARONE, R. S. C. et al. Digestibility and pricing of chlorella sorokiniana meal for use in tilapia feeds. *Scientia Agricola*, v. 75, n. 3, p. 184–190, 1 maio 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0457>.

BARSANTI, L.; GUALTIERI, P. *Algae: anatomy, biochemistry and biotechnology*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006, 301p.

BATISTA, A. P. et al. Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, v. 2, n. 2, p. 164–173, mar. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2013.01.004>.

BATTACHARYYA, D. et al. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, v. 196, p. 39-48, 2015.

BENAMOUN, L.; AFZAL, M. T.; LÉONARD, A. Drying of alga as a source of bioenergy feedstock and food supplement - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews Elsevier Ltd*, 13 jun. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.196>.

Bonos, E., Kasapidou, E., Kargopoulos, A., Karampampas, A., Christaki, E., FlorouPaneri, P. & Nikolakakis, I. (2016), Spirulina as a functional ingredient in broiler chicken diets. *South African Journal of Animal Science*, 46, 94-102.

CHISTI, Y. (2007) Biodiesel from microalgae. *Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances*, 25, 294–306.

CHOJNACKA K.; NOWORYTA, A. Evaluation of Spirulina sp. growth in photoautotrophic, heterotrophic and mixotrophic cultures. *Enzyme and Microbial Technology*, n. 34, v. 5, p. 461–465. 2004.

CHRISTAKI, E.; FLOROU-PANERI, P.; BONOS, E. Microalgae: A novel ingredient in nutrition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 62, n. 8, p. 794–799, dez. 2011. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.582460>.

CHUNTAPA, B.; POWTONGSOOK, S.; MENASVETA, P. Water quality control using Spirulina platensis in shrimp culture tanks. *Aquaculture*, v. 220, p. 355–366. 2003.

COUTTEAU, P. Micro-algae. In: LAVENS, P.; SORGELOOS, P. (Eds.). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Rome: FAO, p. 7-48. (FAO Fisheries Technical Paper, n. 361). 1996.

DERNER, R. B. et al. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciência Rural*, v. 36, n. 6, p. 1959–1967, dez. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600050>.

DINESHKUMAR, R.; KUMARAVEL, R.; GOPALSAMY, J.; SIKDER, M.N.A.; SAMPATHKUMAR, P. Microalgae as bio-fertilizers for rice growth and seed yield productivity. *Waste and biomass valorization*, v. 9, n. 5, p. 793-800, 2018.

EMBRAPA. Agroenergia em revista: microalgas. Embrapa Agroenergia-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), n. 10, p. 1-60, 2016.

Evans, A. M., Smith, D. L., Moritz, J.S. (2015), Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *J. Appl. Poult. Res.*, 24, 206-214.

EXPRESSO, C. Cultivo de spirulina avança no Brasil com produção em grande escala no Mato Grosso. Disponível em < <https://www.expressodocerrado.com.br/2020/03/06/cultivo-de-spirulina-avanca-no-brasil-com-producao-em-grande-escala-no-mato-grosso/>>. Acesso em: 26 de mai. de 2020.

FANZO, J., COVIC, N., DOBERMANN, A., HENSON, S., HERRERO, M., PINGALI, P., & STAAL, S.(2020). A research vision for food systems in the 2020s: Defying the status quo. *Global Food Security*, 26, 100397. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100397>.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2024. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 2, p. 181-188. 2008.

HOLBAN, A. M., & GRUMEZESCU, A. M. (2018). *Alternative and Replacement Foods* (pp.494). Academic Press, San Diego.

IFTIKHAR, S.; SALEEM, M.; AHMAD, K.S.; JAFFRI, S.B. Synergistic mycoflora–natural farming mediated biofertilization and heavy metals decontamination of lithospheric compartment in a sustainable mode via *Helianthus annuus*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 16, n. 11, p. 6735-6752, 2019.

KAGAWA A. Standard table of food composition in Japan. Tokyo: University of Nutrition for women, 1995. p. 104-105.

LAFARGA, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41, 101566. doi:<https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101566>.

LIM, A. S. et al. Amino acids profiles of six dinoflagellate species belonging to diverse families: Possible use as animal feeds in aquaculture. *Algae*, v. 33, n. 3, p. 279–290, 1 set. 2018. <https://doi.org/10.4490/algae.2018.33.9.10>.

LOURENÇO, S. O. Cultivo de microalgas marinhas princípios e aplicações. São Carlos: Rima. 2006.

MADEIRA, M. S. et al. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. *Livestock Science*, v. 205, p. 111–121, 1 nov. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.020>.

MARCHELLO, Adriano E. Microalgae population dynamics in photobioreactors with secondary sewage effluente as culture medium. *Brazilian Journal of Microbiology*. p. 75-84. São Carlos, Brasil, 2015. Disponível em: . Acesso em: 01 dez 2024.

MARIEY, Y.A., SAMAK, H.R, IBRAHEM, M.A. (2012), Effect of using *Spirulina platensis* algae as a feed additive for poultry diets: 1- productive and reproductive performances of local laying hens. *Egyptian Poultry Science Journal*, 32, 201-215.

MARTÍNEZ, M.E.; et al. Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology*. Editora Elsevier, Espanha, 3 jul 2000. Disponível em: . Acesso em: 30 nov 2024.

MIRA, V.S.; Desenvolvimento de um Iogurte suplementado com *Spirulina platensis*: Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Sensorial. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar - Peniche Instituto Politécnico de Leiria. 2015.

MIRZAIIE, S., ZIRAK-KHATTAB, F., HOSSEINI, S.A. & DONYAEI-DARIAN, H. (2018), Effects of dietary *Spirulina* on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *AsianAustralasian Journal of Animal Sciences*, 13, 556-563.

MORAES, G. S. C., SILVA, M. B., MACHADO, M. A. G., DE MATOS, S. M., CHAVES, J. DA S., SAMPAIO, E. DA S., DA COSTA, L. A. M. A., & LIMA, V. M. (2023). Produção de biodiesel a partir das microalgas: revisão. *International Journal of Scientific Management and Tourism*, 9(3), 1672–1689. <https://doi.org/10.55905/ijstvtv9n3-013>.

MOTA, M.R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; DALL'IGNA, L. Stabilized nitrogen sources as an alternative for increasing grain yield and nitrogen use efficiency by Maize. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 2, p. 512-522, 2015.

RAPOSO, M. F. D. J., MORAIS, R. M. S. C., & MORAIS, A. M. M. B. (2013). Health applications of bioactive compounds from marine microalgae. *Life Sciences*, 93(15),479–486. doi: 10.1016/j.lfs.2013.08.002
(PDF) *Microalgas e saúde: uma breve revisão / Microalgae and health: a short-review*.

REDDY, C.A.; SARAVANAN, R.S. Polymicrobial multi-functional approach for enhancement of crop productivity. In: *Advances in applied microbiology*. Academic Press, v. 82, 2013, 53-113 p.

ROSS, E., DOMINY, W. (1990), The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. *Poult. Sci.*, 69, 794-800.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa et al. A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA: IMPACTOS, POLÍTICAS PÚBLICAS E DESAFIOS. . Rio de Janeiro: [s.n.], out. 2012. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf.

SARKER, P. K. et al. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from 55 freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. *Aquaculture Nutrition*, v. 22, n. 1, p. 109–119, 1 fev. 2016. <https://doi.org/10.1111/anu.12230>.

SAVCI, S. An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, v. 3, n. 1, p. 73, 2012.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; FÁVERO, E. G. P.; BRAGA, F. M. S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floating plant. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, v. 62, n. 4a, p. 713-723. 2002.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. [Acesso em: 24 de novembro de 2024]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>.

TORRES-DURÁN, P. V. et al. Protective Effect of *Arthrospira maxima* on Fatty Acid Composition in Fatty Liver. *Archives of Medical Research*, v. 37, n. 4, p. 479–483, maio 2006. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.08.005>.

UM, B. H.; KIM, Y. S. Review: A chance for Korea to advance algal-biodiesel technology. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, jan. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2008.08.002>.

WIN, T.T.; BARONE, G.D.; SECUNDO, F.; FU, P. Algal biofertilizers and plant growth stimulants for sustainable agriculture. *Industrial Biotechnology*, v. 14, n. 4, p. 203-211, 2018.

ZUCCARO, G.; YOUSUF, A.; POLLIO, A.; STEYER, J. P. Microalgae Cultivation Systems. In: *Microalgae Cultivation for Biofuels Production*. Academic Press, 2020, p. 11-29.

4. ARTIGO

**Desempenho zootécnico de juvenis de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)
alimentados com rações suplementadas com farinha de microalga *Spirulina*
*maxima***

Autor: Daniel Ferreira Lopes (Bolsista PIBIC-IFB-FAPDF)

Orientador: prof. Dr. Bruno Ceolin da Silva

Brasília-DF

2024

4.1 RESUMO

As microalgas tem sido apontadas como uma fonte nutritiva e sustentável de alimento para humanos e animais PET e de produção. Além de serem altamente produtivas possuem em geral altos teores de proteína e elementos como vitaminas e minerais importantes para a saúde. Os peixes necessitam de dietas com altos teores de proteína, principalmente nas fases mais jovens. A farinha de microalga pode ser uma opção em substituição aos ingredientes tradicionais como farelo de soja e farinha de peixes. Foi realizado um experimento objetivando avaliar o desempenho zootécnico de peixes da espécie tilápia recebendo rações com níveis crescentes de farinha de microalga do gênero spirulina. Rações isoprotéicas e isoenergéticas contendo 0%, 10%, 20% e 30% de farinha de microalgas foram formuladas e oferecidas para juvenis de tilápias durante um período de 44 dias. Os peixes, após pesagem e medição do comprimento, foram distribuídos em 12 aquários, com sistema de filtragem e temperatura controlada, contendo 5 peixes cada, compondo 4 tratamentos e 3 repetições. Ao final do período experimental, após nova biometria, avaliou-se o efeito da inclusão da spirulina no desempenho zootécnico dos peixes. Após realizada a análise estatística dos dados coletados verificou-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos ao nível de 5%. Conclui-se, portanto, que a farinha de spirulina pode ser incluída nas rações para tilápias até o nível de 30% mantendo o desempenho.

Palavras-chave: piscicultura; alimentos alternativos; spirulina; desempenho; fitoplâncton

4.2 INTRODUÇÃO

O amplo território brasileiro, sua extensa bacia hidrológica e o clima o tornam adequado para a criação de espécies de peixes tropicais, como a tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Um dos maiores gargalos na produção de peixes é a alimentação, pois o custo pode alcançar mais de 70% dos custos totais. Os peixes necessitam de teores elevados nas dietas, principalmente nas fases iniciais de crescimento. Para algumas espécies a exigência de proteína pode superar 40% na matéria seca. Para atender esses altos teores proteicos torna-se necessária a utilização de ingredientes de elevado custo e limitada disponibilidade como farinhas de origem animal, aonde se destaca a farinha de peixe.

Para o sucesso da produção desses peixes é necessária uma alimentação adequada desde o período larval, sendo um dos fatores mais importante para assegurar o desenvolvimento e sobrevivência desses animais. De acordo com Vasconcelos et al. (2020) estabelecer ou melhorar as técnicas de manejo alimentar na produção de peixes é fundamental. A alimentação é vista como um dos fatores mais importantes para garantir a sobrevivência e crescimentos dos peixes e larvas, e ainda melhora o desempenho desses animais (DIEMER et al., 2012). Além disso, uma alimentação adequada encurta o ciclo de produção permitindo uma maior rentabilidade na aquicultura.

A utilização de microcrustáceos e microalgas para a alimentação desses animais são alternativas de suprimir essa deficiência no mercado e enriquecer as dietas dos peixes ornamentais. As microalgas são ricas em ácidos graxos e também são sintetizadoras de carotenoides (SOUZA et al., 2007, ZUANON et al., 2011). A microalga *Nanocloopsis* (classificação científica: espécie: *Nannochloropsis oculata*; família: *Monodropsidae*; filo: *Ochrophyta*) é uma espécie marinha rica em lipídeos e capaz de resistir a condições ambientais hostis (RIBEIRO et al., 2016). As microalgas tem sido amplamente utilizadas em processos de remoção da matéria orgânica e metais tóxicos de efluentes e também para geração de biocombustíveis como biodiesel e bioetanol (ANTELO, et al., 2008; KUMAR, 2011). A proliferação de grande quantidade de microalgas nos tratamentos de efluentes gera a

possibilidade de seu uso. Dentre as diversas possibilidades de utilização da biomassa de microalgas está a alimentação animal.

As rações para peixes em geral demandam o uso de ingredientes de origem animal na sua formulação devido às altas exigências de proteína de alta digestibilidade e perfil adequado de aminoácidos. Devido à escassez da farinha de peixe e ao aumento na demanda em função do aumento na produção de animais, os nutricionistas têm tentado substituir parcialmente ou totalmente esta fonte por outros subprodutos animais ou vegetais (EL-SAYED, 1999).

Diversos trabalhos tem demonstrado que as fontes protéicas de origem animal podem ser substituídas parcialmente ou totalmente por fontes de origem vegetal para várias espécies de peixes. Dentre os ingredientes de origem vegetal se destaca o farelo de soja, que possui em média 45% de proteína bruta. No entanto a adição de microalgas nas rações também pode ser viável, pois em geral possuem alto teor de proteína e lipídeos com excelente perfil de ácidos graxos. Dentre as espécies de microalgas a Spirulina se destaca pelo seu alto valor nutricional (Silveira et al., 2007). De acordo com Çelekli e Yavuzatmaca (2009), em comparação com outras microalgas, a spirulina é uma das espécies que melhor se adapta aos cultivos comerciais. Matos et al (2016) avaliando seis espécies de microalgas encontrou níveis de proteína que variaram de 35,4 a 42,8% de proteína bruta e com quantidade considerável de ácidos graxos ômega 3 e 6. Desta forma as microalgas processadas em forma de farinha, podem ser uma alternativa viável e econômica para a formulação de dietas para peixes ornamentais.

A tilápia do Nilo é uma espécie importante para a piscicultura no mundo e a espécie de água doce mais comumente cultivada no Brasil (El-Sayed, 2006). Essa espécie tem hábito alimentar onívoro, pode ser alimentada com rações completas formuladas com fontes protéicas de origem vegetal, apresentando bom desempenho ou até superior, quando comparados aos alimentados com rações com ingredientes de origem animal (SHIAU et al., 1987 e WU et al., 1999). Devido às características nutricionais da farinha de spirulina, acredita-se que este alimento pode ser incluído em dietas para tilápias como suplemento proteico em substituição as fontes tradicionais.

4.3 OBJETIVOS

- Avaliar o desempenho de juvenis de tilápia recebendo dietas com farinha de spirulina.

- Avaliar a viabilidade da inclusão de farinha de spirulina na dieta para peixes.

4.4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no laboratório no Núcleo de Pesquisa Aplicada à Pesca e Aquicultura (NUPA), do Campus Planaltina do Instituto Federal de Brasília. A utilização dos animais para fins de pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília sob nº 8960111024.

4.4.1 ELABORAÇÃO DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram elaboradas 4 dietas experimentais com níveis crescentes de adição de farinha de microalga spirulina (FMA) que representaram os seguintes tratamentos:

0% FMA (controle) – dieta sem adição de farinha de microalga

10% FMA - dieta com inclusão de 10% de farinha de microalga

20% FMA - dieta com inclusão de 20% de farinha de microalga

30% FMA - dieta com inclusão de 30% de farinha de microalga

As rações foram balanceadas de forma que fossem isoprotéicas e isoenergéticas. Para preparação das rações experimentais os ingredientes foram finamente moídos, pesados, misturados, homogeneizados, umidificados e passados em moedor de carne. Posteriormente foram secos em estufa ventilada e quebrados para obtenção de grânulos homogêneos de

aproximadamente 4mm. Na tabela 1, são apresentados os resultados da formulação das dietas e a composição centesimal delas.



Figura 3. Fabricação das rações experimentais.

Tabela 3: Composição Centesimal e ingredientes das dietas experimentais.

Ingredientes	Dietas			
	0% FMA	10% FMA	20% FMA	30% FMA
Farelo de soja	77,5	63	48,5	34
Farinha de spirulina	0	10	20	30
Milho moído	8,5	13	17,5	22
DL-Metionina	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vit. Mineral	0,5	0,5	0,5	0,5
Óleo de soja	5	5	5	5
Fosfato bicalcico	3	3	3	3
Sal comum	0,5	0,5	0,5	0,5
Amido de milho	5	5	5	5
Proteína bruta estimada (%)	36,04	36,01	35,99	35,96
Energia digestível estimada (Kcal/kg)	4.038	4.039	4.040	4.040

Dietas experimentais balanceadas com valores tabelados dos ingredientes, com exceção da farinha de spirulina, expressos em % da matéria seca.

Tabela 4: Informações nutricionais da farinha de Spirulina utilizada na fabricação das dietas.

Matéria seca	89,3
Matéria mineral	16,0
Proteína bruta	61,9
Fibra bruta	2,6
Extrato etéreo	0,8
Cálcio	0,08
Fósforo total	0,41
Energia digestível (Kcal/Kg)	4.388

Valores expressos em % da Matéria Seca. Análise realizada na farinha de spirulina adquirida e utilizada nas rações experimentais.

4.4.2 ANIMAIS UTILIZADOS

Os peixes utilizados foram da espécie tilápia nilótica, na fase juvenil, conseguidos via doação da revenda de alevinos Vale do Sol da Região Administrativa de Planaltina-DF. A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é de clima tropical, se desenvolve muito bem em temperaturas entre 14 e 33 °C e habita ambientes especialmente bentopelágicos, de água doce ou salobra (KUBITZA, 2005). Essa espécie é de origem africana (MASSAGO et al., 2010), rústico e onívoro, pois consome alimentos de origem vegetal e animal (MARENGONI, 2006). As tilápias, de uma maneira geral, são resistentes a altas densidades populacionais e baixos teores de oxigênio (SEBRAE, 2008).

Os peixes foram submetidos a 7 dias de adaptação ao ambiente e durante esse período receberam uma dieta única, sem adição de farinha de microalgas, 2 vezes ao dia. Após o período de adaptação foi realizada uma biometria para aferir o peso e comprimento médios e iniciado o período de avaliação. O peso vivo médio inicial observado foi de 12,75g ± 1,45 e comprimento médio total inicial de 8,56cm ± 0,34.

3.4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

60 juvenis de tilápias foram distribuídos ao acaso em 12 aquários, sendo 5 animais por aquário, conforme delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada tratamento (T1 = 0%FMA; T2 = 10% FMA; T3 = 20% FMA e T4 = 30% FMA) teve 3 repetições compondo 12 unidades experimentais.

3.4.4 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Foi montado um sistema com 12 aquários com capacidade volumétrica de 20 litros cada, dotados de sistema de recirculação contínua por bomba submersa, com filtragem mecânica e biológica da água, aeração suplementar e termostato para controle da temperatura. Para manutenção da qualidade da água, os aquários foram sifonados diariamente para retirada de sobras de ração e fezes e a água completada. Para aferição dos parâmetros de qualidade da água semanalmente foram medidos a temperatura, pH, oxigênio dissolvido e amônia tóxica dos aquários.



Figura 4. Sistema experimental de aquários em recirculação.

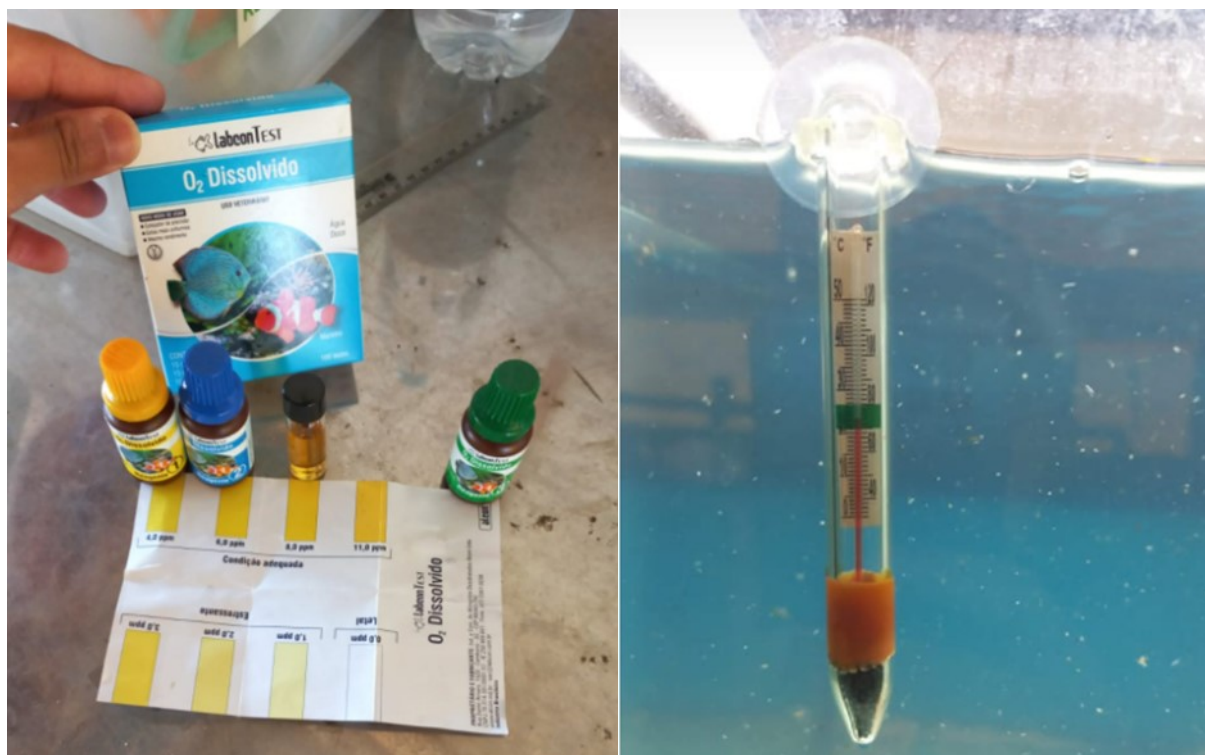


Figura 5. Testes para aferição da qualidade da água.

3.4.5 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Após o período de adaptação deu início o período de avaliação quando foram ofertadas em cada aquário, às 10h e às 16h, as rações experimentais. Os péletes de ração foram oferecidos *ad libitum* aos peixes em quantidade que pudessem ser consumidas em até 5 minutos. Ao final do período experimental de 44 dias foi realizada uma nova biometria para aferição do peso e comprimento finais. O desempenho zootécnico foi obtido através do cálculo do Ganho de Peso Total (GP), Comprimento Total Final (CT), Ganho de Peso Diário (GPD), Conversão Alimentar (CA) e Taxa de Sobrevivência (TS) de acordo com as expressões abaixo:

Ganho de Peso Total = peso final – peso inicial

Comprimento Total Final = comprimento final – comprimento inicial

Ganho de Crescimento Diário = $100 * [\ln(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{tempo}]$

Conversão Alimentar aparente = Consumo de Ração / Ganho de Peso (g/peixe)

Sobrevivência = $100 * [N \text{ Final de Animais} / N \text{ Inicial}]$



Figura 6. Biometria dos peixes ao final do período experimental.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios dos parâmetros de qualidade de água, expressos na tabela 3, se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos para espécie durante todo o período experimental (Kubitza, 2000; Vinatea, 2004).

Tabela 5: Valores médios dos parâmetros de qualidade da água

Variáveis	Médias observadas e desvio padrão
Temperatura (°C)	23,07±0,97
Oxigênio dissolvido (mg L)	9,37±0,21
Amônia (md L)	0
pH	6,68±0,05

Os valores representam as médias e desvio padrão dos parâmetros na água das unidades experimentais ao longo do experimento, as quais não tiveram diferença estatística entre os tratamentos.

Os resultados da avaliação de desempenho foram submetidos à análise de variância que demonstrou não haver diferença estatística significativa ao nível de 5% para os parâmetros avaliados entre os tratamentos, indicando que a farinha de spirulina pode ser utilizada até o nível de 30% sem afetar negativamente o desempenho dos peixes. O efeito positivo da Spirulina no crescimento pode ser devido ao seu alto teor de proteínas, aminoácidos, vitaminas e minerais (Khalila et al., 2018). Além disso, a Spirulina pode aumentar o apetite dos peixes, resultando em maior ingestão de ração e, conseqüentemente, melhorou o crescimento (Abdel-Tawabe et al., 2008).

A adição de Spirulina em dietas de peixes pode aumentar o comprimento e a largura das vilosidades intestinais, levando à melhor absorção de nutrientes (Al-Deriny et al., 2020). Assim, a Spirulina, mesmo em baixas taxas de inclusão, pode fornecer os requisitos nutricionais para a tilápia do Nilo sem causar efeitos adversos em seu crescimento e eficiência alimentar (Olvera-Novoa et al., 1998; Zhang et al., 2020). Os mesmos resultados foram encontrados por estudos anteriores (El-Sheekh et al. 2014; Abo El-Ward et al., 2016; Velasquez et al., 2016). Uma relação positiva entre o peso do peixe e o comprimento corporal é indicada, conforme detectado por Saleh et al. (2021) o que corrobora os resultados observados no presente estudo.

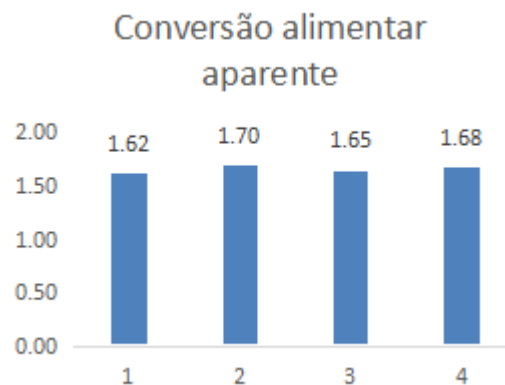
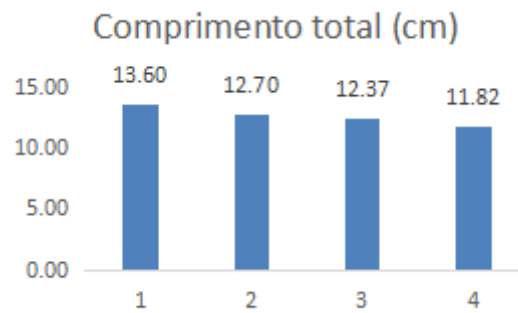
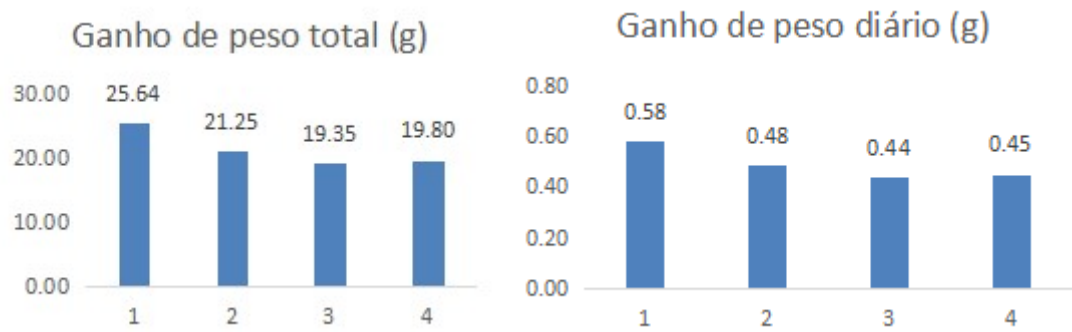
Em contraste, não houve aumento de crescimento sob baixos níveis de inclusão de Spirulina (5–20%) na tilápia vermelha híbrida (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) (Ungsethaphand et al., 2010). Além disso, outros estudos não relataram efeitos benéficos da espirulina dietética na taxa de crescimento da carpa comum (*Cyprinus carpio*) (Nandeesh et al., 1998) e da tilápia do Nilo (*O. niloticus*; Lu e Takeuchi, 2002; Wan et al., 2021).

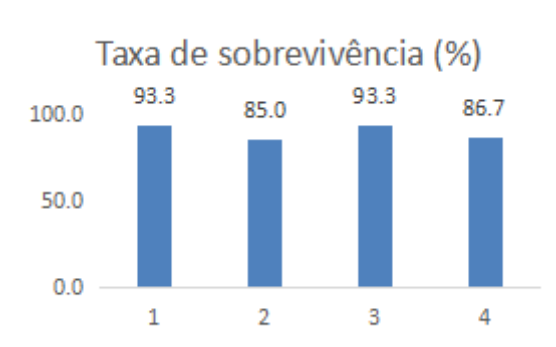
Tabela 6. Desempenho de tilápias recebendo dietas suplementadas com níveis de 0, 10, 20 e 30% de farinha de microalga spirulina.

Parâmetros	Tratamentos			
	0% FMA	10% FMA	20% FMA	30% FMA
Ganho de peso total (g)	25,64±6,9 ^a	21,25±8,9 ^a	19,35±3,6 ^a	19,80±3,2 ^a
Ganho de peso diário (g)	0,58±0,15 ^a	0,48±0,20 ^a	0,44±0,08 ^a	0,45±0,07 ^a
Comprimento total (cm)	13,60±0,36 ^a	12,70±1,43 ^a	12,37±1,89 ^a	11,82±0,92 ^a
Conversão alimentar aparente	1,62±0,32 ^a	1,70±0,27 ^a	1,65±0,30 ^a	1,68±0,31 ^a
Taxa de sobrevivências (%)	93,3±6,32 ^a	85,0±10,42 ^a	93,3±5,84 ^a	86,7±8,74 ^a

*Os valores representam as médias e desvio padrão dos parâmetros zootécnicos. Letras diferentes representam diferença estatística ($p < 0,05$).

Figura 6: Ganhos de peso totais médios, ganhos de peso diários médios, comprimentos totais finais médios, conversões alimentares e taxas de sobrevivência médias observados nos tratamentos.





Fonte: O autor. Tratamentos (1: 0%FMA; 2: 10%FMA; 3: 20%FMA e 4: 30%FMA).

Gomes et al. (2012), observaram que as tilápias alimentadas com ração suplementada com *Spirulina platensis*, tiveram desempenho superior a rações comerciais e rações suplementadas com outros ingredientes proteicos. Já Santos et al. (2022) avaliando 4 níveis de inclusão de spirulina encontrou melhores resultados de desempenho com 20% de suplementação. Youssef et al. (2023) avaliando inclusão de até 0%; 2,5%; 5% e 10% de farinha de spirulina na dieta de tilápias encontrou níveis crescentes de ganho de peso recomendando o seu uso para melhorar o desempenho e o sistema imunológico.

A farinha de *Spirulina* mostrou ser um alimento alternativo viável para o enriquecimento de rações para peixes, sendo uma alternativa à farinha de peixe que possui custo elevado e disponibilidade limitada. Esse ingrediente é uma excelente fonte de proteína e com alta digestibilidade e pode ser produzido de forma sustentável.

4.6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos no presente estudo pode-se concluir que a farinha de spirulina pode ser incluída em dietas para juvenis de tilápia em até 30% mantendo o desempenho zootécnico.

4.7 REFERÊNCIAS

Abdel –Tawabe, M.; Ahmad, M. H.; Abdel-Hadi, Y. M.; Seden, M. E. A. (2008). Use of *Spirulina (Arthrospira platensis)* as growth and immune promoter for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fry challenged with *Aeromonas hydrophila*. 8th international symposium on tilapia in aquaculture (2):1015-1031.

Abo El-Ward, A.; Eid, A. E.; Mohamed, K. A.; Abd-elfattah, B.; Hasan, M. A. (2016). Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings fed diet supplemented with different of *Spirulina platensis* levels. Egyptian Journal of Animal Production 53(3): 181-190.

Al-Deriny, S. H.; Dawood, M. A.; Abou Zaid, A. A.; Wael, F.; Paray, B. A.; Van Doan, H.; Mohamed, R. A. (2020). The synergistic effects of *Spirulina platensis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Reports 17: 390-397.

Çelekli A, Yavuzatmaca M. Predictive modeling of biomass production by *Spirulina platensis* as function of nitrate and NaCl concentrations. Biores Technol 2009; 100:1847-1851.

EL-SAYED, A.F.M. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis spp.* *Aquaculture*, 179(1-4):149-168.

El-Sayed, A.M. 2006. Tilapia culture. CABI Publishing. Oxford. 277 pp

El-Sheekh, M.; El-Shourbagy, I.; Shalaby, S.; Hosny, S. (2014). Effect of feeding *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 14(2): 471-478.

GOMES, Igor GRF et al. Dietary supplementation with *Spirulina platensis* increases growth and color of red tilapia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, v. 25, n. 3, p. 462-471, 2012.

Khalila, H. S.; Fayed, W. M.; Mansour, A. T.; Srour, T. M.; Omar, E. A.; Darwish, S. I.; Nour, A. M. (2018). Dietary supplementation of *Spirulina*, *Arthrospira platensis*, with plant protein sources and their effects on growth, feed utilization and histological changes in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Aquaculture Research and Development 9: 549-558.

Kubitza, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiá, 2000.

KUBITZA, F. Tilápia em água salobra e salgada: uma boa alternativa de cultivo para estuários e viveiros litorâneos. Panorama da aquicultura, Rio de Janeiro, v. 15, n. 88, p. 14-18, mar./abr. 2005.

Lu, J.; Takeuchi, T. (2002). Taste of tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina*. Fisheries Science 68: 987-988.

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitalada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. Archivos de Zootecnia, v. 55, n. 210, p. 127-138. 2006.

MASSAGO, H. et al. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 397-403, out./dez. 2010.

- MATOS, A.; SANTA'ANNA, A. P. Composição química e índices nutricionais de seis espécies de microalgas com aplicação em alimentos funcionais, suplementos e nutracêuticos. 25 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – SBQ, Poços de Caldas – MG, 2002.
- Nandeesh, M. C.; Gangadhar, B.; Varghese, T. J.; Keshavanath, P. (1998). Effect of feeding *Spirulina platensis* on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture Research* 29(5): 305-312.
- Olvera-Novoa, M. A.; Domínguez-Cen, L. J.; Olivera-Castillo, L.; Martínez-Palacios, C. A. (1998). Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. *Aquaculture research* 29(10): 709-715.
- Saleh, E. S.; Tawfeek, S. S.; Abdel-Fadeel, A. A.; Abdel-Daim, A. S.; Abdel-Razik, A. R. H.; Youssef, I. M. I. (2021). Effect of dietary protease supplementation on growth performance, water quality, blood parameters and intestinal morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 106: 419- 428.
- SANTOS, Paola de Oliveira. Desempenho Zootécnico de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com ração suplementada com *Spirulina maxima*. 2022. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Aquicultura) - Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2022.
- SEBRAE. Aquicultura e pesca: tilápias. Relatório completo. [S. l.]. 2008.
- SHIAU, S.Y. 1997. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, 151:79-96.
- Silveira ST, Burkert JFM, Costa JAV, Burkert CAV, Kalil SJ. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. *Biores Technol* 2007; 98:1629-1634.
- Velasquez, S. F.; Chan, M. A.; Abisado, R. G.; Maliwat, G. C.; Ragaza, J. A. (2016). Dietary *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) replacement enhances performance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Phycology* 28: 1023–1030.
- Vinatea L. Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura. 2nd ed. Florianópolis: UFSC; 2004.
- Youssef, I.M.I., Saleh, E.S.E., Tawfeek, S.S. *et al.* Effect of *Spirulina platensis* on growth, hematological, biochemical, and immunological parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Trop Anim Health Prod* 55, 275 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03690-5>
- Wan, D.; Wu, Q.; Kuča, K. (2021). *Spirulina*. In *Nutraceuticals, Second Edition* (pp. 959-974). Academic Press.
- WU, Y.V., TUDOR, K.W., BROWN, P.B. et al. 1999. Substitution of plant proteins or meat and bone meal in diets of Nile tilapia. *North Amer. J. Aquac.*, 61(1):58-63.
- Zhang, F.; Man, Y. B.; Mo, W. Y.; Wong, M. H. (2020). Application of *Spirulina* in

aquaculture: a review on wastewater treatment and fish growth. *Reviews in Aquaculture* 12(2): 582-599.

Documento Digitalizado Público

TCC final Daniel Ferreira Lopes

Assunto: TCC final Daniel Ferreira Lopes
Assinado por: Edimilson Caldas
Tipo do Documento: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Edimilson de Sousa Caldas**, ASSISTENTE DE ALUNO, em 27/02/2025 10:19:01.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/02/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 683001

Código de Autenticação: d7b85336e2

