

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA DA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS, COM UTILIZAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO NATURAL**TECHNICAL AND ECONOMIC-FINANCIAL VIABILITY OF TILAPIA FARMING USING NATURAL FEED****VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICO-FINANCIERA DEL CULTIVO DE TILAPIA UTILIZANDO ALIMENTO NATURAL**

 10.56238/revgeov17n3-145

Décio Marcellino

Mestre em Sistemas Produtivos; Mestrando em Inteligência Artificial
Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

E-mail: decio@octopusia.com.br

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9377741513727832>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2509-9629>

Merisandra Côrtes de Mattos Garcia

Doutora em Engenharia Elétrica
Instituição: Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)

E-mail: mem@unesc.net

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6197977154367709>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7028-8025>

Marcelo Leandro de Borba

Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento
Instituição: Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

E-mail: marcelo.leandro@univille.br

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3433453361612569>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1940-5994>

RESUMO

A fome e a insegurança alimentar persistem como desafios globais críticos, agravados pelas desigualdades socioeconômicas, mudanças climáticas e pela pressão crescente sobre os recursos naturais. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023), mais de 735 milhões de pessoas ainda enfrentam algum grau de fome, evidenciando a urgência de sistemas produtivos sustentáveis e inclusivos. Nesse contexto, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS 2) - “Fome Zero e Agricultura Sustentável” -, propõe metas que incluem a erradicação da fome e a promoção de práticas agrícolas resilientes. A busca por soluções inovadoras para a produção de alimentos torna-se, assim, uma prioridade estratégica. A piscicultura surge como alternativa promissora na ampliação da oferta de proteína animal de forma sustentável. Entre as espécies cultivadas, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) destaca-se como a mais difundida mundialmente. Nesse contexto, o presente estudo busca demonstrar a viabilidade técnica e econômico-financeira da criação de tilápias com alimentação exclusivamente natural, como alternativa inovadora e sustentável



alinhada às metas do ODS 2. Foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de identificar espécies animais e vegetais potencialmente utilizáveis como ração natural para tilápias. A partir dessa revisão, foi selecionado um mix de alimentos naturais composto por *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis* e *Phalloceros harpagos* ou *Poecilia reticulata*. A seleção baseou-se em critérios que privilegiam a facilidade de cultivo por pessoas leigas, com tempo limitado. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Univille e recebeu autorização do ICMBio para sua execução. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural de pequeno porte, utilizando-se de triplicata e controle. Durante seis meses, quatro lotes de 110 tilápias cada foram mantidos em quatro caixas d'água de mil litros e alimentados duas vezes ao dia — um com ração comercial e três com o mix de alimentação natural. Além da alimentação servida, composta por larvas de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*, cada caixa possuía uma ilha flutuante, construída com mangueira de jardim e uma armação de arame envolvida por tela plástica, onde eram cultivados *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis*, que serviam de ambiente e proteção para a reprodução de *Phalloceros harpagos* ou *Poecilia reticulata*. Folhas, raízes e peixes que ultrapassavam a tela, ficavam disponíveis para alimentação das tilápias durante tempo integral. Um dos problemas enfrentados, que refletiu no desenvolvimento das tilápias, foi a baixa temperatura da água (máxima média de 26,6°C e mínima média de 21,6°C). Diferentes áreas do conhecimento atravessam a fundamentação teórica desta pesquisa, caracterizando seu caráter interdisciplinar. Agronomia, Zootecnia, Zoologia, Botânica, Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, confluem para demonstrar que a produção aquícola sustentável requer uma abordagem sistêmica. O sistema testado apresentou como diferencial o fato de apresentar várias relações simbióticas (Morin, 2011) e de ser autopoiético (Maturana & Varela, 2006), constituindo-se em um sistema complexo adaptativo (Morin, 2011). A pesquisa obteve êxito ao demonstrar a viabilidade técnica e econômico-financeira da criação de tilápias com alimentação natural, evidenciando que o sistema proposto pode ser aplicado tanto comercialmente quanto em iniciativas de subsistência. Na projeção financeira proposta neste trabalho, com tempo de cultivo de um ano, o resultado operacional ficou na ordem de 350%. Além disso, o sistema configurou-se como uma estratégia ambientalmente adequada para o aproveitamento de resíduos orgânicos. Outro fato importante é que todos os componentes da alimentação natural também podem ser comercializados diretamente. O experimento descortinou inúmeras possibilidades na direção pretendida, demonstrando que o sistema de criação de tilápias com alimentação natural pode ser aplicado em diferentes contextos produtivos e sociais. Os resultados alcançados sugerem que tal abordagem contribui não apenas para a sustentabilidade ambiental e econômica da piscicultura, mas também para a promoção da segurança alimentar e da inclusão. O modelo proposto reforça a importância da inovação baseada em princípios ecológicos e na gestão eficiente dos recursos disponíveis, alinhando-se aos propósitos do ODS 2 e aos desafios contemporâneos da produção sustentável de alimentos.

Palavras-chave: Tilápia. *Oreochromis niloticus*. Macrófitas. ODS 2. Alimentação Natural. Sistemas Complexos.

ABSTRACT

Hunger and food insecurity persist as critical global challenges, exacerbated by socioeconomic inequalities, climate change, and increasing pressure on natural resources. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2023), more than 735 million people still face some degree of hunger, highlighting the urgency of sustainable and inclusive productive systems. In this context, Sustainable Development Goal 2 (SDG 2) — “Zero Hunger and Sustainable Agriculture” — sets targets that include the eradication of hunger and the promotion of resilient agricultural practices. The search for innovative solutions for food production thus becomes a strategic priority. Aquaculture emerges as a promising alternative for sustainably expanding the supply of animal protein. Among farmed species, tilapia (*Oreochromis niloticus*) stands out as the most widely cultivated



worldwide. Within this framework, the present study aims to demonstrate the technical and economic-financial feasibility of tilapia farming based exclusively on natural feeding, as an innovative and sustainable alternative aligned with the goals of SDG 2. A literature review was conducted to identify animal and plant species potentially usable as natural feed for tilapia. Based on this review, a mix of natural food sources was selected, composed of *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis*, and *Phalloceros harpagos* or *Poecilia reticulata*. The selection was based on criteria prioritizing ease of cultivation by laypersons with limited time availability. The project was submitted to the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) of Univille and received authorization from ICMBio for its execution. The experiment was conducted on a small-scale rural property, using triplicate treatments and a control. Over a six-month period, four groups of 110 tilapia each were maintained in four 1,000-liter water tanks and fed twice daily—one group with commercial feed and three with the natural feeding mix. In addition to the food provided, consisting of larvae of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor*, each tank contained a floating island built with garden hose and a wire frame covered with plastic mesh, where *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, and *Wolffia brasiliensis* were cultivated, serving as habitat and protection for the reproduction of *Phalloceros harpagos* or *Poecilia reticulata*. Leaves, roots, and fish that extended beyond the mesh were continuously available as food for the tilapia. One of the challenges encountered, which affected tilapia development, was the low water temperature (average maximum of 26.6 °C and average minimum of 21.6 °C). Multiple areas of knowledge underpin the theoretical framework of this research, characterizing its interdisciplinary nature. Agronomy, Animal Science, Zoology, Botany, Fisheries Resources, and Fisheries Engineering converge to demonstrate that sustainable aquaculture production requires a systemic approach. The tested system was distinguished by the presence of multiple symbiotic relationships (Morin, 2011) and by being autopoietic (Maturana & Varela, 2006), thus constituting a complex adaptive system (Morin, 2011). The research was successful in demonstrating the technical and economic-financial feasibility of tilapia farming with natural feeding, showing that the proposed system can be applied both commercially and in subsistence initiatives. In the financial projection proposed in this study, with a one-year cultivation period, the operating result was on the order of 350%. In addition, the system proved to be an environmentally appropriate strategy for the use of organic waste. Another important aspect is that all components of the natural feeding system can also be directly commercialized. The experiment revealed numerous possibilities in the intended direction, demonstrating that the tilapia farming system based on natural feeding can be applied in different productive and social contexts. The results suggest that this approach contributes not only to the environmental and economic sustainability of aquaculture, but also to the promotion of food security and inclusion. The proposed model reinforces the importance of innovation based on ecological principles and the efficient management of available resources, aligning with the objectives of SDG 2 and with contemporary challenges in sustainable food production.

Keywords: Tilapia. *Oreochromis niloticus*. Macrophytes. SDG 2. Natural Feeding. Complex Systems.

RESUMEN

El hambre y la inseguridad alimentaria persisten como desafíos globales críticos, exacerbados por las desigualdades socioeconómicas, el cambio climático y la creciente presión sobre los recursos naturales. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), más de 735 millones de personas aún padecen algún grado de hambre, lo que subraya la urgencia de contar con sistemas de producción sostenibles e inclusivos. En este contexto, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 2 (ODS 2) —“Hambre Cero y Agricultura Sostenible”— propone metas que incluyen la erradicación del hambre y la promoción de prácticas agrícolas resilientes. La búsqueda de soluciones innovadoras para la producción de alimentos se convierte así en una prioridad estratégica. La acuicultura emerge como una alternativa prometedora para ampliar el suministro de proteína animal de manera sostenible. Entre las especies cultivadas, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) destaca como la



más extendida a nivel mundial. En este contexto, el presente estudio busca demostrar la viabilidad técnica y económico-financiera de la cría de tilapia con alimento exclusivamente natural, como una alternativa innovadora y sostenible alineada con los objetivos del ODS 2. Se realizó una revisión bibliográfica para identificar especies animales y vegetales potencialmente utilizables como alimento natural para la tilapia. A partir de esta revisión, se seleccionó una mezcla de alimentos naturales, compuesta por *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis* y *Phalloceros harpagos* o *Poecilia reticulata*. La selección se basó en criterios que priorizan la facilidad de cultivo por parte de personas no expertas con tiempo limitado. El proyecto fue presentado al Comité de Ética en el Uso de Animales (CEUA) de Univille y recibió autorización del ICMBio para su ejecución. El experimento se llevó a cabo en una pequeña propiedad rural, utilizando triplicados y un control. Durante seis meses, cuatro lotes de 110 tilapias cada uno se mantuvieron en cuatro tanques de agua de 1000 litros y se alimentaron dos veces al día: una vez con alimento comercial y tres veces con una mezcla de alimento natural. Además del alimento proporcionado, que consistía en larvas de *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor*, cada tanque tenía una isla flotante, construida con una manguera de jardín y una estructura de alambre envuelta en malla de plástico, donde se cultivaron *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y *Wolffia brasiliensis*. Estas servían como entorno y protección para la reproducción de *Phalloceros harpagos* o *Poecilia reticulata*. Las hojas, raíces y peces que crecían más allá de la malla estaban disponibles para que las tilapias se alimentaran las 24 horas. Uno de los problemas encontrados, que afectó el desarrollo de las tilapias, fue la baja temperatura del agua (máxima promedio de 26,6 °C y mínima promedio de 21,6 °C). Diferentes áreas del conocimiento impregnan la base teórica de esta investigación, caracterizando su naturaleza interdisciplinaria. La agronomía, la zootecnia, la zoología, la botánica, los recursos pesqueros y la ingeniería pesquera convergen para demostrar que la producción acuícola sostenible requiere un enfoque sistémico. El sistema probado presentó la ventaja de exhibir varias relaciones simbióticas (Morin, 2011) y ser autopoietico (Maturana y Varela, 2006), constituyendo un sistema adaptativo complejo (Morin, 2011). La investigación demostró con éxito la viabilidad técnica y económico-financiera del cultivo de tilapia con alimento natural, mostrando que el sistema propuesto puede aplicarse tanto comercialmente como en iniciativas de subsistencia. En la proyección financiera propuesta en este trabajo, con un tiempo de cultivo de un año, el resultado operativo fue de alrededor del 350%. Además, el sistema demostró ser una estrategia ambientalmente responsable para el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Otro hecho importante es que todos los componentes del alimento natural también pueden comercializarse directamente. El experimento reveló numerosas posibilidades en la dirección prevista, demostrando que el sistema de cultivo de tilapia con alimentación natural puede aplicarse en diferentes contextos productivos y sociales. Los resultados sugieren que este enfoque contribuye no solo a la sostenibilidad ambiental y económica de la acuicultura, sino también a la promoción de la seguridad alimentaria y la inclusión. El modelo propuesto refuerza la importancia de la innovación basada en principios ecológicos y la gestión eficiente de los recursos disponibles, en consonancia con los objetivos del ODS 2 y los desafíos actuales de la producción alimentaria sostenible.

Palabras clave: Tilapia. *Oreochromis niloticus*. *Macrófitas*. ODS 2. Alimentación Natural. Sistemas Complejos.



1 INTRODUÇÃO

Em setembro de 2021, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu a Cúpula de Sistemas Alimentares, reunindo agricultores, pescadores, jovens, povos indígenas e líderes governamentais de 148 países. A principal conclusão do evento foi que sistemas alimentares mais saudáveis, inclusivos, sustentáveis e equitativos podem catalisar a realização dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos na Agenda 2030 (ONU, 2021). O foco da cúpula esteve na reorientação do setor alimentício para que este contribua efetivamente para o cumprimento dos ODS.

Diante de um cenário global marcado por uma população de oito bilhões de pessoas em 2022, com projeção de atingir dez bilhões até 2050, a ONU alertou para dados preocupantes: centenas de milhões de pessoas enfrentam a fome; três bilhões não têm acesso a uma dieta saudável; dois bilhões estão com sobrepeso ou obesidade; e 462 milhões estão abaixo do peso. Paralelamente, cerca de um terço de todos os alimentos produzidos é desperdiçado (ONU, 2021).

A necessidade de reforma nos sistemas alimentares envolve múltiplos fatores, como o enfrentamento da emergência climática, o consumo de 70% da água doce do planeta, a geração de um terço das emissões de gases de efeito estufa e o impacto da agricultura sobre 86% das 28 mil espécies em risco de extinção (ONU, 2021). Na mesma ocasião, o secretário-geral da ONU, António Guterres, destacou que a comida é um direito humano fundamental. Nesse contexto, o Brasil comprometeu-se com a construção de um sistema alimentar mais produtivo, inclusivo, resiliente e sustentável, assumindo metas como evitar a abertura de novas áreas agricultáveis, reduzir perdas e desperdícios, promover alimentação saudável, apoiar a agricultura familiar e reduzir emissões (ONU, 2021).

A aquicultura surge como alternativa promissora para atender à crescente demanda por alimentos e por sistemas alimentares mais saudáveis, especialmente pela eficiência na produção de peixes. Contudo, essa atividade também enfrenta desafios de sustentabilidade, sobretudo em função da alta demanda por proteína (Cardenete et al., 2022). No Brasil, a produção de peixes de cultivo atingiu 841 mil toneladas em 2021, representando um crescimento de 4,7% em relação a 2020 e de 45% nos últimos oito anos (PeixeBR, 2022). Apesar disso, o consumo per capita ainda é inferior a 5 kg por ano.

A tilápia (*Oreochromis* spp.), principal espécie cultivada no país, respondeu por 63,5% da produção em 2021. Enquanto isso, a produção de peixes nativos registrou queda de 5,85%. A tilápia também lidera as exportações, correspondendo a 88% do total em dólares (PeixeBR, 2022). Das 77 espécies de tilápias dos gêneros *Tilapia*, *Sarotherodon* e *Oreochromis*, quatro são mais utilizadas na piscicultura: tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), tilápia de Moçambique (*O. mossambicus*), tilápia azul (*O. aureus*) e tilápia de Zanzibar (*O. urolepis hornorum*) (Oliveira et al., 2007).

Neste estudo, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), especialmente na linhagem GIFT



(Genetically Improved Farmed Tilapia), foi escolhida por ser a mais produzida no Brasil. Essa linhagem apresenta melhores índices de crescimento, conversão alimentar, rendimento de filé e prolificidade. Originada em 2005 por meio de melhoramento genético realizado pela Universidade Estadual de Maringá, a linhagem GIFT representa atualmente mais de 70% da produção nacional (PeixeBR, 2022).

De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a alimentação diária representa até 70% do custo total da produção de peixes, além de influenciar diretamente em variáveis como crescimento, conversão alimentar, qualidade da água, saúde, resistência a doenças e qualidade do produto final (SENAR, 2019; EMBRAPA, 2021). A nutrição também afeta significativamente a reprodução, impactando a quantidade de ovos e a qualidade das larvas.

Alimentos naturais com potencial nutricional equivalente ou superior ao das rações comerciais são abundantes no meio ambiente, especialmente para espécies onívoras como a tilápia. Quando pensados em sistemas simbióticos e autopoiéticos, tais alimentos também contribuem para a oxigenação da água, fator crucial ao desenvolvimento dos peixes (Chellappa, 2012). Diversos países utilizam alimentos naturais, vegetais ou animais, como complemento ou substituto das rações, incluindo soja, milho cozido, farinha de peixe (Boscolo et al., 2010), farinha de vísceras de aves (Costa et al., s.d.), farelo de soja (Abreu et al., s.d.) e resíduos como manga (Campeche et al., 2018).

Estudos sobre o comportamento alimentar da tilápia em ambientes naturais indicam preferência por plantas aquáticas, insetos, larvas, moluscos, microcrustáceos, aracnídeos e pequenos peixes (Chellappa et al., 2012). Além disso, a alimentação natural apresenta menor risco de contaminação por micotoxinas, frequentemente encontradas em rações comerciais mal armazenadas ou mal formuladas (Araújo Neves et al., 2015; Barbosa et al., 2013).

Com base nesse contexto, este trabalho buscou responder à seguinte questão: é possível viabilizar, técnica e econômico-financeiramente, a criação de tilápias para fins comerciais ou de subsistência utilizando exclusivamente alimentação natural?

Diante do exposto, observa-se que a maioria das pesquisas sobre substituição de ração comercial na criação de tilápias concentra-se em trocas parciais de ingredientes, substituições pontuais ou desenvolvimento de rações alternativas ainda comerciais, muitas vezes utilizando poucas variáveis ou aplicando modelos estatísticos apenas nas análises finais. Nesse contexto, este estudo propõe-se a investigar a viabilidade técnica e econômico-financeira da criação de tilápias com o uso exclusivo de alimentação natural, seja para fins comerciais ou de subsistência.

O objetivo geral da pesquisa foi demonstrar essa viabilidade, a partir da seleção de componentes naturais da dieta (plantas e animais), desenvolvimento do cultivo desses alimentos, aplicação de modelos de aprendizagem de máquina para regulação dinâmica da alimentação,



implementação de um ambiente de teste e análise comparativa de investimentos e custos frente ao uso de ração comercial.

A justificativa central reside no potencial dessa abordagem para aumentar a lucratividade da piscicultura comercial, permitir a criação de subsistência com custos reduzidos e promover a segurança alimentar de populações vulneráveis. Trata-se de uma solução alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 2: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável”, e por intermédio dele, servir como catalisador dos demais (ONU, 2021).

Com a sustentabilidade ambiental, o reaproveitamento de resíduos orgânicos e a inclusão produtiva de públicos diversos, como idosos, pessoas com deficiência e famílias de baixa renda.

O uso exclusivo de alimentação natural pode ainda agregar valor ao pescado, já que há consumidores dispostos a pagar mais por produtos considerados saudáveis e sustentáveis. Mesmo que o crescimento das tilápias alimentadas naturalmente não atinja os mesmos patamares daquelas alimentadas com ração comercial, há a expectativa de compensação via aumento da densidade de cultivo, com melhoria na qualidade do produto final. Além disso, todos os insumos utilizados, bem como as próprias tilápias, são de fácil acesso e baixo custo.

Esta proposta parte de premissas específicas: o sistema adotado não visa imitar criações intensivas em tanques, mas aproveitar a densidade e controle ambiental dessas estruturas; não se espera equiparação entre a composição nutricional da alimentação natural e da ração comercial; e as técnicas de manejo devem ser acessíveis a pessoas leigas. Por fim, a viabilidade econômico-financeira considera a obtenção de lucro já ao final de um ciclo de criação, com investimentos e custos compatíveis com esse período, enquanto a viabilidade técnica baseia-se na simplicidade e acessibilidade dos recursos utilizados.

2 PANORAMA TEÓRICO

A presente pesquisa teve como ponto de partida uma revisão de literatura com o objetivo de identificar animais e plantas utilizados na alimentação de diferentes espécies de tilápias ou que fazem parte de sua dieta natural. O propósito central da investigação é viabilizar uma prática de alimentação alternativa que seja técnica e economicamente acessível, especialmente para pessoas de baixa renda. Para tanto, foram estabelecidas categorias específicas para seleção dos organismos, considerando critérios de viabilidade prática e autonomia produtiva.

Os critérios adotados para seleção incluíram: facilidade de acesso ou ocorrência, possibilidade de início do cultivo com custo nulo ou muito reduzido em qualquer região, alto potencial reprodutivo, foco do cultivo direcionado à retenção e não à reprodução, facilidade no manejo, ausência de necessidade de conhecimento técnico aprofundado, baixa demanda de tempo diário para cultivo,



possibilidade de cultivo por pessoas com outras ocupações, ausência de custos e investimentos, possibilidade de cultivo com materiais reciclados ou de baixo custo, adaptação a espaços reduzidos como pequenos terrenos, áreas não agricultáveis, varandas ou apartamentos.

Adicionalmente, os componentes da dieta deveriam, em conjunto, apresentar perfil nutricional equilibrado (proteínas, gorduras, carboidratos e outros nutrientes) semelhante ao das rações industrializadas, com boa digestibilidade e palatabilidade. Também foi considerado essencial que pudessem utilizar resíduos orgânicos, inclusive gerados pelas próprias tilápias, como substrato, contribuindo para a formação de um sistema autopoietico. O sistema ideal inclui ciclos simbióticos nos quais as tilápias possam se alimentar de organismos que, por sua vez, se alimentam dos resíduos das tilápias.

Outros critérios relevantes foram: possibilidade de cultivo contínuo ao longo do ano, independência de safra, fornecimento de alimento in natura, sem processamento além da mistura dos componentes, e oferta contínua e acessível para as tilápias. Além disso, parte dos componentes selecionados deveria poder ser disponibilizada em estruturas como ilhas de tela flutuantes, nas quais as tilápias não tenham acesso direto, mas possam se beneficiar dos organismos que escapem dessas estruturas. Por fim, foi considerada a possibilidade de comercialização do excedente, incentivando a troca entre produtores e o uso de plataformas digitais, com o intuito de reduzir custos e transformar a prática, opcionalmente, em fonte de renda.

A seleção de artigos científicos foi realizada por meio das bases de dados Scopus, Web of Science e Core Search, com foco em periódicos com ISSN que abordassem tilápias dos gêneros *Oreochromis*, *Sarotherodon* e *Tilapia*. Foram utilizadas as palavras-chave “food”, “feed”, “diet” e “feeding”, conforme o seguinte argumento de pesquisa: (“food” OR “feed” OR “diet” OR “feeding”) AND (“Tilapia” OR “Oreochromis” OR “Sarotherodon”)

Os títulos, resumos e metadados dos artigos obtidos foram exportados em formato CSV e armazenados em um banco de dados SQLite. Totalizaram 8.840 artigos da Scopus, 11.144 da Web of Science e 4.398 da Core Search.

A partir desses artigos, foi realizada a análise de n-gramas (unigramas, bigramas e trigramas) relacionados às palavras-chave utilizadas, destacando-se as seguintes expressões: *food*; *feed*; *diet*; *feeding*; natural food source; fish feed; diet composition; supplemental feeding; food habits; pellet feed; food waste; algae feed; tilapia feeding; feeding habits; food intake; feeding ecology; food conversion e commercial feed tilapia.

Com base na análise das expressões mais recorrentes, foi selecionado um conjunto de organismos (animais e vegetais) compatíveis com os critérios definidos previamente, considerando o contexto de cultivo no Brasil:

- Macrófitas: *Eichhornia crassipes* (Aguapé), *Lemna minor* e *Wolffia brasiliensis*



- *Insetos: Hermetia illucens* (Mosca-soldado-negra) e *Tenebrio molitor*
- *Peixes: Phalloceros harpagus* e *Poecilia reticulata* (Barrigudinhos)

Para cada componente selecionado, uma nova busca foi realizada nas mesmas bases de dados utilizando o argumento de pesquisa: “Nome científico do componente” AND (“food” OR “feed” OR “diet” OR “feeding” OR “nutrition”) AND (“Oreochromis” OR “Tilapia” OR “Sarotherodon”)

Os títulos, resumos e metadados dos artigos resultantes foram igualmente armazenados em banco de dados SQLite, categorizados conforme a espécie analisada. Após a remoção de duplicatas, os artigos foram processados por ferramentas de inteligência artificial com capacidade de interpretação de linguagem natural. Foram aplicadas técnicas como análise de frequência de n-gramas, similaridade semântica, sumarização, tradução e clusterização, com o intuito de ampliar o escopo da revisão e aumentar a precisão na seleção dos artigos relevantes.

2.1 MACRÓFITAS

As macrófitas foram incluídas neste estudo por apresentarem alta taxa de reprodução, podendo ser cultivadas diretamente no mesmo ambiente das tilápias, em ilhas de tela plástica que ocupam pouca profundidade da coluna d’água. Essas plantas aquáticas realizam a retirada de amônia e nitrito do meio, ao mesmo tempo em que servem como fonte de alimento natural para os peixes. Estabelecem, portanto, uma relação simbiótica com as tilápias, constituindo um sistema autopoiético, conforme definido por Maturana (2006).

2.2 EICHHORNIA CRASSIPES (AGUAPÉ)

A utilização de macrófitas como *Eichhornia crassipes*, conhecida como aguapé ou jacinto-d’água, representa um recurso valioso para o cultivo ecológico de peixes tropicais (Domenico et al., 2018). Esta planta é originária da região amazônica do Brasil e caracteriza-se por sua elevada capacidade reprodutiva e adaptativa. Em razão dessas propriedades, é considerada uma das dez ervas daninhas aquáticas mais invasivas do mundo, estando presente em mais de cinquenta países e causando impactos negativos sobre a flora e fauna nativa (Guevara Granja & Ramírez Cando, 2015).

Apesar dos efeitos adversos em ecossistemas aquáticos, suas características de crescimento em ambientes contaminados têm sido exploradas positivamente na fitorremediação, sendo promissora para a remoção de metais pesados, pesticidas e corantes de ambientes aquáticos (Guevara Granja & Ramírez Cando, 2015; Blanco Salas et al., 2016). Além disso, tem sido avaliada quanto a potenciais propriedades antioxidantes e anticancerígenas (Aboul-Enein et al., 2014), e na produção de biocombustíveis (Sunil et al., 2015).

Outros estudos identificam sua utilização como planta ornamental (Guevara Granja & Ramírez Cando, 2015), na redução de emissões de gases como CO₂ e CH₄ (Arya et al., 2017), e no aumento da



resistência de peixes como trutas arco-íris contra infecções (Asadi et al., 2022). Também pode ser empregada na produção de fertilizantes orgânicos via compostagem (Reyes de Cabrales, 2009) e transformada em carvão ativado para adsorção de íons de chumbo (Said et al., 2017).

No contexto da qualidade da água, a *Eichhornia crassipes* demonstra crescimento favorecido pela presença de compostos nitrogenados, como nitrato, nitrito e amônia (Sudarmadji et al., 2012), e possui potencial como bioissorvente de poluentes industriais (Kroumov et al., 2013). Em sistemas aquapônicos, atua como biofiltro, contribuindo para a melhoria da sobrevivência de espécies como a carpa koi (*Cyprinus carpio*) (Moakher et al., 2021).

Gaiolas flutuantes artificiais (AFIs) compostas por *Eichhornia crassipes* foram utilizadas por Osti et al. (2020) em experimentos para a redução de nitrogênio e fósforo no cultivo de tilápias, com resultados positivos na qualidade da água e no aproveitamento da ração. A substituição da alimentação basal por silagem da planta também apresentou efeitos positivos no ganho de peso de ovelhas, sem prejuízo à saúde dos animais (Mariana et al., 2021).

A composição nutricional média da *Eichhornia crassipes*, segundo Heuze et al. (2015) é a seguinte quanto aos Macronutrientes (com valor médio em %): Matéria seca (8,1%); Proteína bruta (13,5%); Fibra bruta (20,2%); Extrato etéreo (2,8%); Cinzas (18,7%) e Energia bruta (16,2 MJ/Kg). Quanto aos Aminoácidos essenciais (em percentual médio): Leucina (8,4%); Lisina (4,3%); Valina (5,6%); Isoleucina (5,1%); Metionina (1,3%); Fenilalanina (5,2%); Treonina (3,9%); Histidina (1,7%) e Arginina (6,7%).

Estudos adicionais indicam altos teores de vitamina C nas folhas (204,8 mg/100g) e caules (216,6 mg/100g) da planta, e menor presença de vitamina D, sobretudo nas raízes (Enyi, Uwakwe & Wegwu, 2020). Todavia, a planta também contém compostos antinutricionais, como taninos (706,01 a 991,36 mg/100g) e oxalatos (5,14 a 9,63 mg/100g), cujas concentrações variam conforme a parte da planta analisada.

2.3 LEMNA MINOR

A *Lemna minor* apresenta elevado teor proteico e mostra-se promissora em diversos setores, contribuindo para a sustentabilidade, segurança alimentar e redução de impactos ambientais (Mahoney et al., 2021). Em resposta à Comissão Europeia, o Painel da EFSA avaliou o concentrado proteico derivado de uma mistura de *Lemna minor* e *Lemna gibba*, para consumo humano (Turck et al., 2023). A planta é reconhecida por sua atividade antioxidante (Gülçin et al., 2010).

Na aquicultura, estudos mostram a viabilidade da farinha de *Lemna* como ingrediente em rações de tilápia vermelha, podendo compor até 25% da dieta (Peters et al., 2009). Outros trabalhos indicam que sua inclusão em até 20% da dieta da truta arco-íris não compromete o crescimento (Fiordelmondo et al., 2022). A combinação com larvas de *Hermetia illucens* também tem sido estudada



como alternativa alimentar sustentável (Goyal et al., 2021). A inclusão de 15 a 20% de *Lemna minor* na dieta da tilápia do Nilo demonstrou melhora no perfil de ácidos graxos ômega-3 (Opiyo et al., 2022).

Além da alimentação, a *Lemna minor* atua na fitorremediação, sendo integrada a sistemas de recirculação (RAS) para reduzir nutrientes nos efluentes e aumentar a rentabilidade (Dediu et al., 2012). Em sistemas aquapônicos, destaca-se pela sua eficiência na retenção de nutrientes, entre 7% e 8% do nitrogênio e fósforo, mantendo a qualidade da água adequada para a criação de tilápias (Camargo-Castellanos et al., 2022).

A *Lemna minor* apresenta os seguintes valores nutricionais (% em base seca) segundo Chakrabarti et al. (2018): Proteína bruta (27,12 - 36,7); Lipídios (7,15 - 8,45); Cinzas (19,42 - 21,41) e Carboidratos (34,07 - 46,31). E a seguinte composição de Aminoácidos essenciais (g/100g de proteína): Leucina (4,09); Lisina (2,58); Valina (2,55); Isoleucina (2,02); Metionina (0,75); Fenilalanina (2,22); Treonina (1,85); Triptofano (0,31) e Histidina (0,82).

2.4 WOLFFIA BRASILIENSIS

A espécie *Wolffia brasiliensis* foi selecionada neste estudo por suas propriedades nutricionais e pelo tamanho extremamente reduzido, que a torna adequada como alimento para alevinos de tilápia, que não conseguem consumir *Lemna* in natura. A base de dados Scopus reúne 571 artigos que tratam sobre essa macrófita.

Pesquisas indicam seu potencial nutricional na aquicultura de espécies como *Labeo rohita* (Pradhan et al., 2019), bem como sua eficácia na remoção de nitrogênio e fósforo em efluentes da aquicultura (Nath et al., 2021). A planta é rica em proteínas de alta qualidade, antioxidantes, fenóis, flavonoides e carotenóides, com aplicações possíveis nas indústrias farmacêutica, cosmética, de biocombustíveis e de bioplásticos.

Estudos de Velichkova & Sirakov (2013) mostram que a associação de *Lemna* e *Wolffia* em sistemas de recirculação aumenta o oxigênio dissolvido e reduz amônia, nitrito e fósforo total, além de favorecer o crescimento dos alevinos. A avaliação de doze espécies de macrófitas de água doce, incluindo *Wolffia*, também confirma seu potencial como ingrediente alimentar para peixes (Kumar et al., 2022).

Appenroth et al. (2018), apresenta os valores nutricionais da *Wolffia brasiliensis* (% em base seca): Proteína (20 - 30); Amido (10 - 20); Lipídios (1 - 5) e Fibra alimentar (aprox. 25).

Embora não tenham sido encontrados dados específicos sobre os aminoácidos essenciais da *Wolffia brasiliensis*, estudos com outras espécies do mesmo gênero, como *W. globosa*, indicam que os aminoácidos essenciais correspondem a mais de 50% do total (Appenroth et al., 2018).



2.5 INSETOS

A crescente demanda global por carne, aliada à limitação de áreas terrestres disponíveis para a produção, tem impulsionado a busca por fontes alternativas de proteínas. Ao mesmo tempo, a sustentabilidade da pecuária convencional tornou-se uma preocupação crescente. Nesse contexto, os insetos comestíveis vêm se destacando como uma promissora fonte alternativa de proteínas tanto para a alimentação humana quanto para a ração animal. Entre suas vantagens, destacam-se as baixas emissões de gases de efeito estufa, a alta eficiência na conversão alimentar, o uso reduzido de terras agrícolas e a capacidade de transformar resíduos orgânicos de baixo valor em produtos proteicos de alto valor agregado (van Huis, 2016).

Na aquicultura, a produção sustentável enfrenta desafios relacionados ao aumento dos custos dos ingredientes convencionais e à superexploração dos recursos naturais. Diante disso, alternativas como plantas, algas, proteínas de célula única e, principalmente, a farinha de insetos vêm sendo adotadas. Os insetos apresentam-se como substitutos particularmente promissores da farinha de peixe, uma vez que muitos peixes possuem dietas naturais que incluem insetos, o que torna a substituição nutricionalmente coerente. Além disso, os insetos podem converter grandes volumes de resíduos alimentares e agrícolas em nutrientes de alto valor, contribuindo para uma abordagem ecologicamente viável na alimentação aquícola (Hameed et al., 2022).

A produção de larvas de insetos oferece vantagens adicionais ao se considerar seu cultivo em substratos orgânicos. Suas propriedades nutricionais favorecem o posicionamento dos insetos como uma fonte alternativa de proteína valiosa (Bruni et al., 2019). Segundo Bruni et al. (2021), as principais vantagens incluem a alta eficiência de conversão alimentar, a menor demanda por água e os benefícios ambientais relacionados ao reaproveitamento de resíduos.

A necessidade de transformar a produção de proteína animal em sistemas mais sustentáveis tem levado à investigação do uso de insetos na alimentação. Estudo conduzido por Hatab et al. (2019) avaliou a substituição de 50% da farinha de soja por farinha de *Spodoptera littoralis* e *Bactrocera zonata* em dietas de pintos japoneses. As farinhas de insetos apresentaram maior teor de proteína e gordura, menor teor de carboidratos e mais ácidos graxos saturados, promovendo melhor desempenho de crescimento e características de carcaça, em comparação à farinha de soja.

A agricultura de insetos também é considerada viável do ponto de vista ambiental. Abro et al. (2020) apontam que ela exige menos terra e água, gera menor impacto ecológico e contribui com a economia circular, ao converter resíduos orgânicos em ingredientes alimentares de alta qualidade. A escassez crescente de recursos naturais e os impactos ambientais da produção de alimentos reforçam a insustentabilidade das fontes tradicionais e impulsionam o interesse por fontes alternativas como os insetos.



2.6 HERMETIA ILLUCENS (MOSCA-SOLDADO-NEGRA)

A *Hermetia illucens*, conhecida como mosca-soldado-negra ou BSF (*black soldier fly*), vem sendo amplamente estudada como fonte alternativa de proteína. Biasato et al. (2019) substituíram o óleo de soja em dietas de coelhos por óleo extraído de *H. illucens*, em proporções de 50% e 100%, sem observar prejuízos ao desempenho, morbidade, mortalidade ou variáveis sanguíneas.

Estudos como o de Bbosa (2020) indicam que a *H. illucens* contém todos os aminoácidos essenciais necessários à alimentação humana e animal, incluindo aves e peixes. Entretanto, uma preocupação comum relacionada ao uso da ração natural com larvas de *H. illucens* refere-se à sua produção em larga escala. Hempel et al. (2020) desenvolveram modelos estatísticos para prever a taxa de crescimento e mortalidade das larvas, contribuindo para a viabilidade dessa criação.

O uso de insetos na alimentação animal pode reduzir a demanda por soja, colaborando com a diminuição do desmatamento e da degradação ambiental. Especificamente, as larvas de *H. illucens* são destacadas por sua capacidade de transformar resíduos orgânicos em biomassa proteica de alto valor. Estudos com frangos de corte e galinhas evidenciam os benefícios dessa substituição (Hernandez et al., 2021).

As projeções apontam para um crescimento urbano acelerado, aumento da demanda por produtos de origem animal e pressões ambientais sobre o setor agropecuário. Nesse cenário, a produção de proteína a partir de insetos, como *H. illucens*, surge como alternativa estratégica. No entanto, essa espécie é sensível a fatores ambientais, como temperatura e condições de criação, o que demanda cuidados específicos (Borgemeister et al., 2019).

A composição nutricional das larvas de *H. illucens* varia de acordo com a dieta, o estágio de desenvolvimento e o método de processamento. Ricas em quitina — polissacarídeo com propriedades de fibra alimentar e potencial imunomodulador —, as larvas também apresentam altos teores de proteína e lipídios, configurando-se como fonte sustentável de nutrientes para aplicações na alimentação animal e humana (Lu et al., 2022).

As propriedades nutricionais da *Hermetia illucens*, segundo Lu et al. (2022) são as seguintes quanto aos macronutrientes (% variando conforme o substrato): Proteína bruta (21,6 - 65,5); Gordura bruta (2,9 - 51,5); Fibra bruta (4,1 - 21,3); Cinzas (minerais totais 2,7 - 13,2) e Quitina (3,9 - 7,2). Quanto aos aminoácidos essenciais (g/Kg de matéria seca): Leucina (27,8 - 78,3); Lisina (23,0 - 68,2); Valina (28,2- 67,9); Isoleucina (17,7 - 48,0); Metionina (inferior à farinha de peixe) e Triptofano (Comparável à farinha de soja).

2.7 TENEBRIO MOLITOR

O *Tenebrio molitor* também vem sendo estudado como fonte alternativa de proteína para alimentação aquícola. Soares et al. (2023) avaliaram diferentes níveis de inclusão de suas larvas na



dieta da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), observando melhores resultados em biomassa final, ganho de peso e desenvolvimento de fibras musculares com inclusão de até 26% da proteína. A composição bioquímica dos peixes não foi prejudicada, e a expressão de genes lipogênicos aumentou.

Sánchez-Muros et al. (2016) analisaram a inclusão de até 50% de *T. molitor* na dieta de peixes, sem prejuízo na ingestão, digestibilidade ou composição de aminoácidos. Contudo, observaram redução no crescimento e alterações nos ácidos graxos musculares, sugerindo a necessidade de mais estudos sobre o papel da quitina e possíveis toxinas.

No contexto da aquaponia, Arregi et al. (2021) testaram a substituição parcial da farinha de peixe por *T. molitor* em um sistema integrado com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e alface (*Lactuca sativa*). A inclusão de 25% da farinha de larvas promoveu melhor crescimento das trutas, demonstrando viabilidade do uso dessa fonte proteica em sistemas sustentáveis.

El-Desouky et al. (2024) investigaram o uso da farinha de *T. molitor* como substituto da farinha de peixe e de soja em dietas de tilápia, com ou sem suplementação de butirato de sódio (SB). A suplementação com SB resultou em maior ganho de peso, saúde intestinal, atividade antioxidante e parâmetros hematológicos, demonstrando que a farinha de *T. molitor* suplementada pode ser uma alternativa eficiente.

Tubin et al. (2020) testaram a inclusão de farinha de *T. molitor* em dietas de juvenis de tilápia do Nilo criados em sistemas de bioflocos, com níveis entre 0% e 20%. Os resultados indicaram efeitos positivos lineares em ganho de peso, taxa de crescimento e parâmetros fisiológicos, com níveis ideais de inclusão entre 10% e 11%.

Hong, Han & Kim (2020) apresentam as propriedades nutricionais do *Tenebrio molitor* quanto aos macronutrientes (Valor médio em %): Proteína bruta (49,0 - 55,3); Lipídios (extrato etéreo 22,97 - 37,7); Cinzas (3,1 - 6,99); Fibra bruta (4,19 - 22,35) e Energia bruta (7.188,6 kcal/kg). Quanto aos aminoácidos essenciais (% da proteína): Leucina (8,6%); Lisina (5,4%); Valina (6,0%); Isoleucina (4,6%); Metionina (1,5%); Fenilalanina (4,0%); Treonina (4,0%); Triptofano (0,6%) e Histidina (3,4%)

2.8 PEIXES MENORES

Em seu habitat natural, as tilápias convivem com diversas espécies de peixes menores e, dependendo das condições ambientais, podem utilizá-los como fonte de alimento. Dentre esses peixes, destaca-se o popularmente conhecido como “barrigudinho”, também chamado de “guppy”, “lebiste” ou “guaru”, amplamente encontrado em lagoas e córregos.

O “barrigudinho” possui hábito larvófago, sendo reconhecido por sua eficácia no controle biológico de larvas de mosquito, tanto em ambientes urbanos quanto rurais. Essa característica contribuiu significativamente para sua ampla disseminação. No entanto, a nomenclatura popular “barrigudinho” é utilizada para diferentes espécies de peixes pequenos, que variam conforme a região.



Para a presente pesquisa, foram tomados como referência os peixes *Phalloceros harpagus* e *Poecilia reticulata*, considerando-se que, em diferentes locais, outras espécies conhecidas por esse nome popular podem estar presentes. A dificuldade na identificação taxonômica, aliada ao fato de que esses peixes podem ingressar espontaneamente nos sistemas aquícolas por meio da captação de água diretamente da natureza, reforça essa variação regional.

Apesar da existência de diferentes espécies designadas como “barrigudinho”, não foram identificadas, até o momento, pesquisas que abordem diretamente o fornecimento intencional desses peixes como alimento para tilápias.

Em relação à espécie *Phalloceros harpagus*, foram identificados apenas 33 artigos nas bases indexadas pelo Portal de Periódicos CAPES. A distribuição das espécies do gênero *Phalloceros*, geralmente caracterizada como alopátrica — ou seja, espécies que ocupam áreas geográficas distintas e não se sobrepõem —, apresenta uma exceção relevante: *Phalloceros harpagus*. Esta espécie possui uma distribuição geográfica ampla, ocorrendo em várias bacias hidrográficas brasileiras, o que permite interações entre populações distintas. Como consequência, há variações morfológicas observadas entre exemplares oriundos de diferentes regiões (Oliveira et al., 2023).

Já a espécie *Poecilia reticulata* é frequentemente mencionada em estudos que realizam levantamentos em ambientes naturais e urbanos, geralmente em convivência com espécies exóticas como *Oreochromis niloticus* (Trindade et al., 2010). Foram encontrados 2.546 documentos indexados no Portal de Periódicos CAPES relacionados a essa espécie.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA) da Universidade de São Paulo (2023) apresenta os valores médios de composição nutricional de dez espécies de peixes de água doce no Brasil, sendo uma referência para se compreender o potencial alimentar de pequenos peixes como o “barrigudinho” (por 100 g de parte comestível): Energia (101 kcal); Umidade (76,7 g); Proteína (17,4 g); Lipídios (3,56 g); Carboidratos (0,63 g); Cinzas (1,69 g); Colesterol (91,1 g); Ácidos graxos saturados (2,34 g); Ácidos graxos monoinsaturados (1,95 g); Ácidos graxos poli-insaturados (0,63 g); Vitamina A (RE) (4,82 μ g); Vitamina D (6,50 μ g); Tiamina (Vitamina B1) (0,05 mg); Riboflavina (Vitamina B2) (0,06 mg); Niacina (Vitamina B3) (2,88 mg) e Vitamina B6 (0,12 mg).

2.9 PLÂNCTON

A alimentação da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi objeto de estudo de Temesgen et al. (2022), que analisaram seu comportamento alimentar ao longo de um ano no lago Langeno, na Etiópia, entre março de 2016 e fevereiro de 2017. Foram coletadas mensalmente 610 amostras de peixes com estômagos cheios, provenientes de seis locais distintos e capturados com redes de diferentes tamanhos de malha. No conteúdo estomacal, identificaram-se sete itens alimentares, entre os quais o fitoplâncton se destacou como o mais consumido, seguido por detritos, zooplâncton e



macrófitas. Observou-se variação sazonal na dieta, com predomínio de fitoplâncton e detritos na estação seca, enquanto zooplâncton e macrófitas foram mais consumidos durante o período chuvoso. Além disso, a dieta variou conforme o tamanho dos peixes: indivíduos menores consumiram preferencialmente fitoplâncton, zooplâncton e insetos, ao passo que peixes maiores alimentaram-se principalmente de detritos, macrófitas e outros peixes. Os resultados demonstraram a adaptabilidade da espécie à disponibilidade sazonal de recursos alimentares no ambiente.

Dieleman et al. (2021) investigaram os hábitos alimentares de três espécies de tilápias no lago Chala: *Oreochromis cf. korogwe*, *Coptodon rendalli* (espécies introduzidas) e a tilápia endêmica *Oreochromis hunteri*. O estudo, realizado ao longo de 20 meses, avaliou amostras de peixes com o objetivo de identificar suas dietas e adaptações sazonais. Verificou-se que todas as espécies apresentaram dieta predominantemente herbívora, com consumo principal de algas e detritos orgânicos localizados entre rochas na zona litoral durante a maior parte do ano. No entanto, entre julho e setembro, essas tilápias migraram para águas abertas em busca de fitoplâncton. As análises do conteúdo intestinal e da composição isotópica estável indicaram que *O. hunteri* pode apresentar vantagem competitiva sazonal em relação às espécies introduzidas, as quais dependem mais fortemente do fitoplâncton sazonal.

No lago Shala, ambiente de água doce localizado em altitude elevada, Wagaw et al. (2022) analisaram os hábitos alimentares de *Oreochromis niloticus*. Foram examinados os estômagos de 226 indivíduos, dos quais 65,9% continham itens alimentares, enquanto 34,1% estavam vazios. O fitoplâncton foi identificado como a principal fonte alimentar, estando presente em 90,3% dos estômagos e representando 75,5% do volume total ingerido. A dieta apresentou variações de acordo com a classe de tamanho dos peixes: os menores consumiram predominantemente zooplâncton, enquanto os maiores se alimentaram principalmente de fitoplâncton. Também foi observada uma variação sazonal significativa na composição alimentar, com maior relevância de zooplâncton, quironomídeos, nematóides, peixes menores e detritos na estação chuvosa, enquanto o fitoplâncton predominou na estação seca. O estudo concluiu que *O. niloticus* apresenta hábito alimentar predominantemente fitoplanctívoro no lago Shala, sendo sua dieta influenciada pela sazonalidade e pelo tamanho corporal.

2.10 TILÁPIA

A piscicultura no Brasil é uma atividade relativamente recente em comparação a outros setores da criação animal. O país apresenta alta disponibilidade hídrica, condições climáticas favoráveis e uma crescente demanda de mercado, o que tem impulsionado o rápido crescimento da atividade nos últimos anos. Estima-se que, até 2030, cerca de 60% do suprimento de peixes destinados ao consumo humano será proveniente da aquicultura. Este cenário contribui para a redução da pressão sobre estoques



pesqueiros naturais, gerando benefícios ambientais. Adicionalmente, a piscicultura fortalece a segurança alimentar ao oferecer proteína de alta qualidade e criar oportunidades de emprego e renda, atendendo ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, que visa à erradicação da fome por meio do estímulo à produção de alimentos sustentáveis e práticas resilientes que aumentem a produtividade e a produção (Corrêa & Silva, 2022).

As tilápias apresentam hábitos alimentares variados, abrangendo o herbivorismo, fitoplanctofagia, onivorismo e detritivorismo. Entre as espécies mais criadas, destaca-se a tilápia nilótica, que apresenta hábito predominantemente fitoplanctófago, mas demonstra boa aceitação tanto por rações comerciais quanto por formulações artesanais derivadas de subprodutos agropecuários. Tal versatilidade permite sua criação em diversos ambientes e sistemas produtivos (EMBRAPA, 2007).

No ambiente natural, as tilápias consomem ampla variedade de itens alimentares, como detritos, invertebrados, alevinos, pequenos peixes e vegetação aquática, incluindo macroalgas e plantas enraizadas (Zhu et al., 2015). Estudo de He et al. (2015) investigou o impacto de diferentes intensidades alimentares na produtividade e nos índices bioquímicos da espécie, observando que taxas de alimentação de 6% da biomassa por dia, a 29 °C, aumentam a produtividade, porém de forma economicamente inviável; por outro lado, taxas de 2% sem alimentação natural complementar são inadequadas, sendo ideal a taxa de 4% da biomassa/dia.

A seletividade alimentar de *Oreochromis niloticus* foi estudada por Al-Aked et al. (1996), que analisaram três grupos de peixes em diferentes tamanhos no Wadi Hancefah. Os resultados indicaram comportamento seletivo, com peixes menores preferindo zooplâncton e os maiores, fitoplâncton. Fatores como aceitação e abundância de organismos, adaptação morfológica e fisiológica dos peixes, além da eficiência dos rakers branquiais e mobilidade, influenciaram essa seletividade.

Em estudo conduzido no reservatório de Ribb, Tesfahun & Alebachew (2023) analisaram 512 amostras de *O. niloticus*, verificando que 67,9% apresentavam conteúdo alimentar. A lama foi o item predominante, presente em 89,1% dos estômagos e responsável por 55,1% do volume da dieta, seguida de detritos (25,1%) e fitoplâncton (14,1%). Houve variações sazonais e conforme o tamanho dos peixes: menores consumiram mais detritos, zooplâncton e lama, enquanto os maiores preferiram lama e fitoplâncton. Na estação seca, lama e detritos predominaram; na chuvosa, fitoplâncton e detritos foram mais representativos. Assim, *O. niloticus* demonstrou hábito onívoro, com dieta influenciada por fatores sazonais e morfométricos.

No Nilo, El-Naggar et al. (2019) avaliaram quatro espécies de peixes, incluindo *O. niloticus*, coletados em El-Qanater al-Khairia. Foram identificadas 25 espécies de fitoplâncton, 25 de zooplâncton e 10 espécies bentônicas. *O. niloticus* demonstrou comportamento onívoro, com dieta influenciada pela disponibilidade ambiental mais do que por seletividade.

Xu et al. (2010), ao analisarem o conteúdo estomacal de 120 indivíduos adultos em sistemas



integrando mangue e aquicultura, identificaram dieta predominantemente composta por detritos orgânicos, microalgas bentônicas, plâncton, gastrópodes, bivalves e lodo. Em ambientes de mangue, os detritos foram a principal fonte alimentar assimilada, variando entre 5% e 55%, seguidos por fitoplâncton (10% a 40%). Na lagoa de controle, essas proporções variaram de 8% a 64% e de 25% a 55%, respectivamente. Os resultados reforçam a importância dos detritos orgânicos como componente principal da dieta da espécie, independentemente do habitat.

Fetahi et al. (2018) analisaram a dieta da tilápia em diferentes lagos etíopes, verificando variações conforme as condições ecológicas locais. No Lago Ziway, macrófitas representaram 64% da dieta assimilada, seguidas de POM (20%) e zooplâncton (16%). No Lago Hawassa, a dieta foi mais equilibrada entre macrófitas (35%), POM (33%) e zooplâncton (32%). Já no Lago Koka, POM (49%) e zooplâncton (51%) dominaram. Esses achados contrastam com estudos baseados apenas em conteúdo intestinal, apontando para a influência do ambiente na composição alimentar assimilada pela espécie.

É importante considerar que a digestibilidade observada em condições laboratoriais pode não refletir a realidade em ambientes naturais. Nos ecossistemas, diversos fatores, como diversidade alimentar, variações ambientais, comportamento de forrageamento e interações ecológicas, podem influenciar positivamente a digestão. Assim, a digestibilidade em condições naturais pode ser superior e mais complexa do que aquela observada em laboratório (Roy et al., 2024).

A tilápia apresenta elevada plasticidade nutricional, sendo a palatabilidade dos alimentos um fator determinante em sua aceitação alimentar. O estudo de Vinogradskaya & Kasumyan (2019) demonstrou a capacidade da espécie em distinguir alimentos com base em suas características gustativas, evidenciando a influência do sabor na seleção alimentar.

Tal aspecto pode gerar confusão quando se observa uma rejeição inicial a determinado alimento, especialmente diante de um hábito alimentar já estabelecido por outro com maior palatabilidade percebida. Kasumyan & Tinkova (2013) destacam a importância da recepção gustativa como principal mecanismo sensorial responsável pela seletividade alimentar em peixes, contribuindo para a redução da competição interespecífica por recursos.

Em 2004, a introdução da linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) da tilápia-do-nilo representou um marco na aquicultura brasileira. As matrizes foram importadas do World Fish Center, na Malásia, por meio de acordo entre a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca e a Universidade Estadual de Maringá. No Distrito Federal, a produção de alevinos dessa linhagem teve início em 2008, no Centro de Tecnologia em Piscicultura da SEAPA-DF. O uso da tilápia GIFT resultou em ganhos de produtividade de até 25% em comparação às linhagens anteriormente utilizadas (Borges, 2009).

Estudo de Narimbi et al. (2018) sugere que, para otimizar a produção de tilápias geneticamente



aprimoradas, é essencial priorizar o aumento da disponibilidade de alimentos naturais nos sistemas produtivos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PREPARAÇÃO INICIAL

Três meses antes do início do cultivo das tilápias, foi iniciada a criação de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) e de *Tenebrio molitor*. As larvas de ambas as espécies foram utilizadas como parte da alimentação natural das tilápias.

Na mesma data, iniciou-se também o cultivo das macrófitas *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis* e *Eichhornia crassipes*. Esses cultivos foram conduzidos de duas formas: (a) em uma piscina infantil de 6 mil litros com metade de sua capacidade preenchida com água, utilizada como cama de cultivo; e (b) em ilhas de tela plástica flutuantes instaladas dentro das caixas d'água destinadas à criação das tilápias.

As ilhas flutuantes foram confeccionadas utilizando uma mangueira de uma polegada de diâmetro, formando um círculo que ocupava aproximadamente dois terços da superfície da água nas caixas. Cada unidade recebeu armações de arame galvanizado em ambos os lados e foi envolvida por tela plástica. Essas estruturas abrigaram o cultivo das macrófitas e dos barrigudinhos (*Poecilia reticulata* ou *Phalloceros harpagos*) no mesmo ambiente de criação das tilápias.

A cama de cultivo externa, destinada principalmente à produção de *Lemna minor*, foi montada em uma piscina infantil usada, com três metros de diâmetro, doada para o experimento. A piscina recebeu um volume de 2 mil litros de água, com adição de um saco de 50 kg de esterco no fundo, em tentativa de replicar práticas utilizadas em tanques escavados. Para o controle da proliferação de mosquitos, foi introduzida uma população inicial de aproximadamente cem barrigudinhos.

A *Lemna minor* inicialmente introduzida na piscina se reproduziu rapidamente, formando uma densa camada na superfície da água. No entanto, após quatro dias consecutivos de chuvas intensas, as folhas foram danificadas, secando parcialmente. Posteriormente, houve infestação de caramujos e girinos. Para controlar esses organismos, quatro tilápias com aproximadamente 250 g, já existentes na propriedade, foram introduzidas na piscina, mesmo sabendo-se que, em virtude da ausência de renovação da água, poderiam vir a morrer. Toda a *Lemna* foi consumida ou degradada.

Uma nova tentativa de cultivo foi realizada com introdução da *Lemna* dentro de ilhas de tela flutuantes. Embora essas ilhas tenham impedido o acesso das tilápias às plantas, não foram eficazes contra os efeitos da chuva, que espalhou e danificou as macrófitas.

O farelo de trigo (*Triticum aestivum* L.) foi introduzido como substituto emergencial de qualquer componente da alimentação natural, antes mesmo do início do cultivo das tilápias.

A ração comercial utilizada foi escolhida com base na popularidade e no preço médio



observado em comércios agropecuários locais. A aquisição foi feita a granel, em pequenas quantidades. Durante os seis meses de experimento, foram utilizadas três rações diferentes, variando em tamanho e composição, conforme orientações dos respectivos fabricantes.

3.2 CRIAÇÃO DAS TILÁPIAS

O cultivo das tilápias teve início no dia 1º de novembro de 2024. Foi adquirido um lote de 440 alevinos da linhagem GIFT (*Oreochromis niloticus*), todos com reversão sexual já efetuada para evitar reprodução durante o experimento. Os alevinos foram distribuídos da seguinte forma: 110 na Caixa 1, 110 na Caixa 2, 110 na Caixa 3 e 110 na Caixa 4.

Durante seis meses, os quatro lotes de tilápias foram alimentados duas vezes ao dia, por volta das 6h30min e das 18h. Essa rotina foi escolhida com a intenção de simular o manejo alimentar possível para pessoas que trabalham fora de casa.

A Caixa 1, utilizada como controle, foi alimentada com ração comercial, seguindo as orientações dos fabricantes e os percentuais recomendados pela Embrapa (2021). As Caixas 2, 3 e 4 foram alimentadas com uma combinação de *Hermetia illucens* (larvas), *Tenebrio molitor* (larvas), *Lemna minor*, *Wolffia brasiliensis*, *Eichhornia crassipes* e farelo de trigo.

A alimentação natural foi complementada pela oferta contínua de macrófitas e barrigudinhos diretamente nas caixas d'água, por meio das ilhas flutuantes. A expectativa era que o excesso de macrófitas, nutridas pelos resíduos nitrogenados das próprias tilápias, e a reprodução dos peixes pequenos dentro das ilhas flutuantes, oferecessem alimento contínuo. As porções que escapavam das telas eram consumidas pelas tilápias, como efetivamente foi observado.

Ao término da fase de criação, foi realizado o levantamento de todos os investimentos e custos financeiros, permitindo a elaboração de uma projeção econômica para um cultivo de tilápias com produção de 300 kg/mês de filé, comparando-se os sistemas com alimentação natural e alimentação com ração comercial.

3.3 PROCESSO DE COLETA DE DADOS

Inicialmente, esperava-se realizar a coleta e análise semanal de dados dos lotes alimentados com ração natural, com a aplicação de algoritmos de inteligência artificial para ajustar as proporções alimentares e buscar um Fator de Conversão Alimentar (FCA) semelhante ao obtido pelo lote com ração comercial. No entanto, verificou-se que as tilápias apresentavam resistência à mudança alimentar, mantendo o consumo reduzido enquanto havia disponibilidade do alimento anterior.

Diante disso, o procedimento de coleta semanal foi considerado inviável, uma vez que o fornecimento contínuo de alimento pelas ilhas flutuantes reduzia a necessidade de adaptação à nova composição alimentar. A coleta de dados sobre a alimentação, portanto, foi abandonada.



3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DE DADOS

Apesar da desistência quanto ao uso de algoritmos de machine learning, foi mantida a comparação entre as caixas alimentadas com dieta natural e a caixa controle alimentada com ração comercial. Isso permitiu a avaliação dos efeitos do sistema proposto com base em parâmetros reais obtidos no experimento, sem recorrer a padrões ideais.

A temperatura da água permaneceu abaixo da faixa recomendada para esse tipo de cultivo durante todo o experimento. Além disso, a baixa vazão da água, decorrente de encanamento por gravidade com canos de 25 mm, contribuiu para o acúmulo de resíduos e elevação dos níveis de amônia no fundo das caixas.

3.5 PROCEDIMENTOS ÉTICOS

Em 12 de dezembro de 2023, foi protocolado o processo nº 03/2023 junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Animais (CEUA) da UNIVILLE, solicitando autorização para a realização desta pesquisa. Após duas pendências — uma para esclarecimentos e outra para obtenção de autorização do ICMBio — o projeto foi autorizado pelo CEUA da UNIVILLE em 29 de maio de 2024, por meio do ofício nº 009/2024 PRPPG/CEP/CEUA.

A autorização do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), foi emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), sob o número 93695-1, datada de 13 de maio de 2024. A documentação referente à autorização está apresentada no Anexo A.

A pesquisa limitou-se à criação intensiva de tilápias da variedade GIFT (*Oreochromis niloticus*), sendo esse o único organismo-alvo do estudo.

Após a inclusão inicial dos 440 alevinos nas caixas d'água, nenhuma outra tilápia foi inserida no experimento. Um acréscimo de 10% na quantidade de alevinos foi considerado desde o início, como medida preventiva diante da expectativa de mortalidade natural durante o processo.

A pesquisa não apresentou riscos adicionais aos existentes em sistemas de criação intensiva de tilápias. Foram seguidas as boas práticas recomendadas pela Embrapa (2021). Entre os potenciais benefícios, destacam-se: a viabilidade de criação sem o uso de ração comercial, inclusive em pequenos espaços por famílias de baixa renda; e a destinação alternativa para resíduos orgânicos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente estudo teve como objetivo demonstrar a viabilidade técnica e econômico-financeira da criação de tilápias com alimentação natural, considerando tanto o uso comercial quanto o de subsistência, além de avaliar uma alternativa mais adequada para a destinação de resíduos orgânicos. Os resultados obtidos indicam que esse objetivo foi alcançado com êxito.



Cada componente utilizado na alimentação natural apresentou vantagens e limitações, conforme discutido a seguir. Todos se mostraram viáveis para compor uma dieta natural para tilápias, seja em sua forma atual ou com possíveis adaptações. Para viabilizar o cultivo de macrófitas, foi utilizada uma piscina infantil com três metros de diâmetro como cama de cultivo.

O Aguapé (*Eichhornia crassipes*) apresentou múltiplas funções no sistema: alimento natural (especialmente as raízes), suporte para a reprodução de barrigudinhos nas ilhas de tela flutuante, agente na absorção de amônia e fonte de umidade no cultivo de *Tenebrio molitor*. O aguapé demonstrou comportamentos distintos de crescimento conforme as condições do ambiente e a oferta de nutrientes. Em ilhas de tela fechadas, o crescimento foi limitado, produzindo caules e bulbos consumíveis pelas tilápias devido à menor rigidez. Já em camas de cultivo abertas e com nutrientes abundantes, o aguapé cresceu verticalmente, sendo consumido apenas parcialmente, principalmente pelas raízes.

Quanto à Ervilha-d'água (*Lemna minor*), todas as porções disponibilizadas às tilápias foram integralmente consumidas, indicando boa aceitação. A perda do cultivo desse componente na fase inicial pode ter comprometido o desenvolvimento das tilápias, dada sua alta concentração proteica e valor nutricional.

O cultivo de *Wolffia brasiliensis* foi dificultado por seu tamanho reduzido, o que a torna vulnerável a condições climáticas e ao consumo por diversos animais. No experimento, sua utilização foi praticamente inviável.

Para a Mosca-soldado-negra (Hermetia illucens), a impossibilidade de construção de um viveiro ensolarado impediu a reprodução em escala adequada. Apesar disso, as fases de captura, oviposição, cultivo de larvas, formação de pupas e nascimento de moscas foram alcançadas. No entanto, a produção foi reduzida e as larvas apresentaram rigidez que interferiu negativamente na palatabilidade. Além disso, a ausência do viveiro inviabilizou a comercialização das larvas como forma de compensação de custos.

Mesmo apresentando um ciclo de reprodução mais longo, o *Tenebrio molitor* foi incorporado ao experimento como substituto pontual. Utilizou-se farelo de trigo como substrato e caules de aguapé como fonte de umidade. As larvas, bem como seus resíduos (frass), foram oferecidos às tilápias. Parte da produção foi vendida informalmente, compensando o custo com o farelo.

O Farelo de trigo (Triticum aestivum L.) foi utilizado estrategicamente por seu baixo custo, facilidade de aquisição e papel duplo como alimento e substrato para cultivo de T. molitor. Seu custo foi compensado com vendas ocasionais do inseto.

Quanto aos barrigudinhos (*Phalloceros harpagos* e *Poecilia reticulata*), de acordo com a revisão bibliográfica, os barrigudinhos permaneceram majoritariamente nas ilhas de tela flutuantes, com expressiva reprodução ao longo do experimento. Não foram predados constantemente, mas



quando o eram, a predação ocorria de forma prolongada, aparentando exercer um efeito redutor de estresse nas tilápias.

4.1 PRODUÇÃO DE TILÁPIAS

A Tabela abaixo apresenta os dados de produção nas quatro caixas do experimento. Observa-se maior mortalidade na Caixa 1, alimentada com ração comercial, com perdas concentradas nas primeiras duas semanas. Tal mortalidade pode estar associada ao transporte por rodovia, realizado em sacos plásticos com ar injetado, e à diferença de temperatura entre a água de origem e a das caixas do experimento.

Tabela 1 – Dados obtidos

Item	Caixa 1 (Ração)	Caixa 2 (Natural)	Caixa 3 (Natural)	Caixa 4 (Natural)
Quantidade inicial	110	110	110	110
Mortalidade	23 (20,9%)	15 (13,64%)	12 (10,9%)	16 (14,55%)
Quantidade final	87 (79,1%)	95 (86,36%)	98 (89,1%)	94 (85,45%)
Biomassa média inicial	3 g	3 g	3 g	3 g
Biomassa média final	353 g	235 g	232 g	235 g
Temperatura máxima	26,5 °C	26,7 °C	26,5 °C	26,6 °C
Temperatura mínima	21,6 °C	21,5 °C	21,5 °C	21,7 °C
Oxigênio dissolvido	2,0 ppm	2,0 ppm	2,0 ppm	2,0 ppm
Amônia	0,25–0,50 mg/L	0,25 mg/L	0,25 mg/L	0,25 mg/L

Fonte: Autores.

A comparação entre diferentes tabelas de referência, conforme destaca Islam et al. (2023), pode induzir a percepções equivocadas sobre a viabilidade técnica e financeira, considerando-se a grande variabilidade nas recomendações de proporção alimentar entre países.



No caso da experiência conduzida, observou-se que a faixa de temperatura registrada ao longo de todo o período permaneceu consistentemente abaixo dos valores recomendados pela literatura científica para o cultivo de tilápias. Considerando que a faixa ideal de temperatura da água para o crescimento, alimentação e eficiência metabólica da *Oreochromis niloticus* situa-se, de modo geral, entre 26 °C e 30 °C (Embrapa, 2013; El-Sayed, 2020; Kubitzka, 2011), os valores médios observados no experimento caracterizaram um ambiente térmico subótimo. Nessas condições, é amplamente reconhecido que ocorre redução da atividade metabólica dos peixes, diminuição do consumo alimentar e, conseqüentemente, limitação do desempenho zootécnico, afetando diretamente o crescimento e a conversão alimentar (El-Sayed, 2020; Popma & Masser, 1999).

Além disso, a manutenção da temperatura da água abaixo da faixa recomendada implica a ocorrência de estresse térmico crônico, ainda que não letal, capaz de comprometer processos fisiológicos essenciais, como digestão, assimilação de nutrientes e resposta imunológica. A literatura indica que temperaturas inferiores a aproximadamente 22 °C reduzem significativamente a eficiência produtiva da tilápia, podendo levar à interrupção parcial ou total da alimentação em situações mais severas (El-Sayed, 2020; Kubitzka, 2011). Dessa forma, os resultados obtidos nesta experiência devem ser interpretados à luz dessa limitação ambiental, uma vez que o regime térmico observado não refletiu condições ideais de cultivo, mas sim um cenário restritivo que influenciou o desempenho produtivo dos organismos avaliados.

Embora os resultados de produtividade obtidos no presente estudo tenham ficado aquém dos parâmetros normalmente reportados em cultivos intensivos de tilápia em larga escala, é importante destacar que tais comparações não devem ser tomadas como referência direta. Isso porque os modelos de produção em grande escala são estruturados com foco no máximo rendimento por unidade de área ou volume, geralmente dependentes de insumos externos elevados (ração balanceada, aeração artificial, medicamentos preventivos), o que não corresponde às condições e objetivos do sistema testado.

4.2 AMBIENTE DA EXPERIÊNCIA E INFRAESTRUTURA

A proximidade da área experimental com uma reserva florestal propiciou a presença de diversos animais, incluindo aves e mamíferos, além de animais domésticos das propriedades vizinhas. As tampas das caixas foram adaptadas com furos de 5 cm para proteção. Como sugestão futura, propõe-se o uso de telas pinteiro metálicas, permitindo maior entrada de luz solar e proteção mais eficaz contra predadores.

O sistema de escoamento mostrou-se ineficaz devido à baixa pressão e vazão, sendo mais perceptível na caixa com ração comercial. A montagem dos canos seria adequada para sistemas com maior movimentação de água.



4.3 INVESTIMENTOS, CUSTOS E PROJEÇÃO FINANCEIRA

A análise comparativa dos investimentos iniciais demonstra que o sistema de cultivo de tilápias com alimentação natural apresenta custo ligeiramente superior ao modelo com ração comercial, com diferença absoluta de R\$ 42,82 — aproximadamente 7% a mais. O investimento total no sistema convencional foi de R\$ 592,74, enquanto o modelo com alimentação natural totalizou R\$ 635,56, sendo o acréscimo justificado principalmente pela inclusão da ilha flutuante. Apesar disso, o custo permanece em patamar acessível para pequenos produtores e tende a ser compensado ao longo do ciclo produtivo pela redução significativa das despesas com ração.

Destaca-se, ainda, a possibilidade de redução adicional do investimento inicial mediante uso de materiais alternativos, como estruturas de madeira reciclada revestidas com lona plástica em substituição às caixas d'água, estratégia alinhada ao conceito de tecnologias sociais (Dagnino, 2014). Tal abordagem reduz custos, incentiva o reaproveitamento de materiais e fortalece a autonomia produtiva local.

No que se refere aos custos operacionais, observa-se diferença estrutural relevante entre os modelos. O cultivo com ração comercial apresentou custo total de R\$ 292,76 ao longo de 90 dias, distribuído entre rações de diferentes teores proteicos (52%, 32% e 28%). Já o sistema com alimentação natural praticamente eliminou custos diretos com insumos alimentares, registrando apenas R\$ 45,00 com farelo de trigo em situação extraordinária, valor compensado por três vendas de Tenébrio molitor, resultando em saldo positivo de R\$ 15,00. Esse resultado evidencia a vantagem econômica do sistema baseado em insumos biológicos produzidos no próprio cultivo.

Na projeção financeira anual, adotou-se a substituição da caixa d'água por piscina plástica infantil de mesmo volume, ampliando a superfície para cultivo de macrófitas, além da inclusão de bomba submersa de 1.000 l/h com fonte de 12V, visando melhorar circulação, reduzir sedimentos e contribuir para a oxigenação do sistema. O investimento total projetado foi de R\$ 464,95.

Os custos anuais estimados foram de R\$ 174,00, compreendendo aquisição de 120 tilápias (R\$ 54,00) e energia elétrica (R\$ 120,00). As receitas projetadas totalizaram R\$ 620,00, sendo R\$ 500,00 provenientes da venda de 50 kg de tilápias (R\$ 10,00/kg) e R\$ 120,00 da comercialização de 1.200 unidades de Tenébrio molitor.

Metodologicamente, a projeção não adotou modelo formal de custeio nem incorporou inicialmente custos de mão-de-obra, decisão fundamentada no caráter exploratório da análise e na baixa exigência operacional do sistema (aproximadamente 30 minutos diários), passível de execução por mão-de-obra familiar (Martins, 2018; Horngren et al., 2021; Schneider, 2016; FAO, 2019). A literatura em contabilidade gerencial indica que, quando a margem de contribuição estimada é amplamente superior aos custos diretos identificáveis, diferentes metodologias de custeio tendem a



convergir quanto à conclusão sobre a lucratividade do empreendimento (Kaplan & Atkinson, 2014; Garrison et al., 2021).

A projeção indica retorno superior a 350% ao ano no modelo com alimentação natural. Embora tal percentual deva ser interpretado com cautela, em razão do caráter experimental do sistema, os resultados sugerem elevada atratividade econômica, especialmente quando comparados ao cultivo convencional com ração comercial, que se mostra economicamente inviável nas condições climáticas locais, caracterizadas por temperaturas mais baixas que reduzem o metabolismo e o ganho de peso das tilápias (El-Sayed, 2006).

Assim, conclui-se que o modelo de alimentação natural, baseado em insumos de baixo custo, cultivo de macrófitas e aproveitamento de recursos biológicos próprios do sistema, apresenta viabilidade técnica e elevado potencial de retorno econômico em contextos de pequena escala, especialmente em bases familiares ou comunitárias.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos evidenciam a viabilidade técnica, ecológica e econômica de um modelo de criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) baseado predominantemente em alimentação natural e na construção de um ambiente produtivo que se aproxima das condições de ecossistemas aquáticos naturais. Em contraste com sistemas intensivos convencionais, dependentes de ração industrializada e elevado controle artificial, o modelo proposto fundamenta-se na integração de componentes biológicos — macrófitas, insetos e peixes de pequeno porte — que promovem autorregulação ecológica e redução substancial de insumos externos.

Entre os principais achados científicos destaca-se o papel central do aguapé (*Eichhornia crassipes*), que, quando manejado adequadamente, atuou como fonte direta de alimento, substrato para organismos perifíticos e agente de equilíbrio físico-químico da água, contribuindo para absorção de nutrientes, melhoria da qualidade hídrica e produção de biomassa. De forma complementar, a introdução do barrigudinho (*Poecilia spp.*) estruturou um elo intermediário na cadeia trófica, exercendo simultaneamente função sanitária e alimentar, ao converter micro-organismos e detritos em biomassa consumida pelas tilápias.

O uso de larvas de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* reforçou a eficiência nutricional do sistema, dada sua elevada qualidade proteica e lipídica, além da possibilidade de produção a partir de resíduos orgânicos. Tal arranjo fortalece a lógica de economia circular, reduz a dependência de insumos convencionais e amplia a sustentabilidade ambiental do modelo.

A integração entre macrófitas, insetos e peixes cria uma estrutura produtiva com maior diversidade biológica, característica associada, segundo a literatura em aquicultura ecológica e agroecologia, a maior estabilidade, resiliência e capacidade adaptativa. Ademais, todos os



componentes utilizados como alimentação natural apresentam valor econômico próprio, podendo ser comercializados como insumos para outros sistemas produtivos, o que transforma o cultivo em um arranjo multifuncional e diversificado, coerente com abordagens agroecológicas contemporâneas.

Do ponto de vista econômico, o sistema demonstrou elevado potencial de lucratividade associado a baixo investimento inicial e significativa redução de custos operacionais, especialmente pela diminuição da dependência de ração industrializada. A simplicidade estrutural, a possibilidade de utilização de materiais acessíveis e a viabilidade de execução com mão-de-obra familiar reduzem barreiras de entrada e favorecem a replicabilidade. A escalabilidade pode ocorrer por ampliação gradual das unidades produtivas ou intensificação controlada do manejo, sem perda proporcional de eficiência.

As considerações finais indicam que o modelo possui ampla aplicabilidade social, podendo ser implementado em sistemas familiares, cooperativas, associações comunitárias, hortas coletivas, micro-propriedades, assentamentos e contextos urbanos ou periurbanos subutilizados, inclusive em terras não agricultáveis. Trata-se de alternativa alinhada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 da Agenda 2030, ao promover segurança alimentar, acesso à proteína de qualidade e geração de renda.

Sob a perspectiva ambiental, destaca-se o aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de larvas de *Hermetia illucens*, gerando simultaneamente alimento e adubo orgânico, fechando ciclos produtivos e consolidando uma lógica de economia circular. Cientificamente, os resultados confirmam a viabilidade de um modelo de baixo custo, replicável e escalável, passível de adaptação a outras espécies aquícolas e até a sistemas de produção animal de pequena escala, como a avicultura.

Conclui-se que o sistema testado transcende o caráter experimental e configura-se como tecnologia socioambiental de base agroecológica, articulando produção de alimentos, manejo ecológico e geração de renda. Seu potencial de impacto, tanto local quanto ampliado, reside na capacidade de integrar sustentabilidade ambiental, inclusão social e viabilidade econômica em um único arranjo produtivo.



REFERÊNCIAS

Aboul-Enein, A. M., Lightfoot, D. A., Shalaby, E. A., El-Shemy, H. A., Zahran, M. M., & Shanab, S. M. M. (2014). Cytotoxic and antioxidant properties of active principals isolated from water hyacinth against four cancer cells lines. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 1472-6882. Springer Nature.

Abreu, M. G., Gonçalves, A. A., Alves, G., Barreto, N. S. E., Bentsen, H. B., Boari, C. A., Britto, E. N., Cyprian, O., Eknath, A. E., Esteves, E., Farias, M. C. A., Forsythe, S. J., Franco, B. D. G. M., Frazier, W. C., Gaspar Jr, J. C., Germano, P. M. L., Gonçalves, A. A., Jay, J. M., Soares, K. M. P., Lanzarin, M., Souza, L. B., Leitão, M. F. F., Machado, T. M., Massaguer, P. R., Nora, N. S., Nunes, M. L., Ordóñez, J. A., Rall, V. L. M., Santos, E. B., Simões, M. R., Soares, V. M., Soccoll, M. C. H., Souza, M. R. L., & Zanol, R. (Eds.). *Qualidade microbiológica de filés de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) durante o armazenamento em gelo*. *Ciência Rural*, ISSN 0103-8478, FapUNIFESP (SciELO).

Abro, Zewdu et al. 2020. Socio-economic and environmental implications of replacing conventional poultry feed with insect-based feed in Kenya. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier BV

Hameed, A., Majeed, W., Naveed, M., Ramzan, U., Bordiga, M., Hameed, M., Ur Rehman, S., & Rana, N. (2022). Success of Aquaculture Industry with New Insights of Using Insects as Feed: A Review. *Fishes*, 7(6), 395. <https://doi.org/10.3390/fishes7060395>.

Appenroth KJ, Sree KS, Bog M, Ecker J, Seeliger C, Böhm V, Lorkowski S, Sommer K, Vetter W, Tolzin-Banasch K, Kirmse R, Leiterer M, Dawczynski C, Liebisch G, Jahreis G. (2018). Nutritional Value of the Duckweed Species of the Genus *Wolffia* (Lemnaceae) as Human Food. *Front Chem*. doi: 10.3389/fchem.2018.00483. PMID: 30420949; PMCID: PMC6215809.

Araújo Neves, J., Calvet, R. M., Carvalho Alves, V., Escorcio, R. E., Evangelista Lima, C., Pereyra, C. M., Sanches Muratori, M. C., & Teixeira de Oliveira Santo, J. (2015). In vitro adsorption of ochratoxin A by probiotics used in aquaculture. *Acta Veterinaria Brasilica*, ISSN 1981-5484, Editora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - EdUFERSA.

Arregi, Maite, Subinas, Beñat, Elissalt, Oier, Arrieta, Oihane, Oreja, Leire, Barriola Baraibar, Mari Jose, Saralegui Otamendi, Ainara (2021). Landare eta arrainen ekoizpen jasangarrirako akuaponia sistema baten garapena Tenebrio molitor intsektuaren larbak erabiliz. DOI: 10.1387/ekaia.21850, ISSN: 0214-9001.

Arya, V., Attermeyer, K., Fiener, P., Flury, S., Jayakumar, R., Premke, K., Steger, K., van Geldern, R., & Wilken, F. (2017). Invasive floating macrophytes reduce greenhouse gas emissions from a small tropical lake. *Scientific Reports*, 2045-2322. Springer Science and Business Media LLC.

Asadi, S., Leitão, A., Lymbery, A. J., Ringø, E., Shafiei, S., Soltani, M., & Van Doan, H. (2022). Streptococcosis a re-emerging disease in aquaculture: Significance and phytotherapy. *Animals*, 2076-2615. MDPI AG.

Barbosa, T. S., Cavaglieri, L. R., Dias, E. O., Keller, K. M., Oliveira, A. A., Pereyra, C. M., Rosa, C. A. da R., Silva, P. P. O., Soleiro, C. A. (2013). Mycobiota and mycotoxins present in finished fish feeds from farms in the Rio de Janeiro State, Brazil. *International Aquatic Research*, ISSN 2008-6970.

Bbosa, T. et al. (2020). Nutritional characteristics of selected insects in Uganda for use as alternative protein sources in food and feed. *Journal of Insect Science*, Oxford University Press (OUP)



- Biasato, I. et al. (2019). Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, Springer Science and Business Media LLC
- Blanco Salas, J., Brufao Curiel, P., Ruiz Téllez, T., & Vázquez Pardo, F. M. (2016). Pasado, presente y futuro de una invasión biológica: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (camalote) en el río Guadiana. *Conservación Vegetal*, 1137-9952. Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Biología.
- Borgemeister, C. et al. (2019). Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. *Animals*, MDPI AG.
- Borges, A. M. (2009). *Criação de tilápia*, 2. ed. Brasília, DF: Emater-DF (Coleção Emater, ISSN 167 6-9279; n.18).
- Boscolo, W. R., Bueno, G. W., Coldebella, A., Feiden, A., & Signor, A. A. (2010). Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Ciência Agronômica*, ISSN 1806-6690, FapUNIFESP (SciELO).
- Bruni, Leonardo et al. (2019). Effects of Graded Dietary Inclusion Level of Full-Fat *Hermetia illucens* Prepupae Meal in Practical Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals*, MDPI AG.
- Bruni, Leonardo et al. (2021). Appetite Regulation, Growth Performances and Fish Quality Are Modulated by Alternative Dietary Protein Ingredients in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Culture. *Animals*, MDPI AG.
- Camargo-Castellanos J.C., Flores-García L., Herrera-Díaz I.E., Álvarez-González C.A., Albertos-Alpuche P.J., Martínez-Yáñez R. (2022). System management of *Lemna minor* in aquaponics. *Aquaculture Research*, DOI: 10.1111/are.15637, ISSN: 1355557X.
- Campeche, D. F. B., Cruz Neto, M. A. da, Melo, F. V. S. T. de, Melo, J. F. B., Moraes, G., & Souza, A. M. de. (2018). Replacing cornmeal with mango meal in diets for juvenile Tambaqui *Colossoma macropomum*: growth and metabolic parameters. *Boletim do Instituto de Pesca*, ISSN 1678-2305.
- Cardenete Hernández, Gabriel et al. (2022). Fishmeal Dietary Replacement Up to 50%: A Comparative Study of Two Insect Meals for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals*, MDPI AG.
- Chakrabarti R, Clark WD, Sharma JG, Goswami RK, Shrivastav AK, Tocher DR. (2018) Mass Production of *Lemna minor* and Its Amino Acid and Fatty Acid Profiles. *Front Chem*. doi: 10.3389/fchem.2018.00479. PMID: 30374437; PMCID: PMC6196230.
- Chellappa, N. T., Chellappa, S., da Costa, S. A. G. L., da Silva, D. A., & Pessoa, E. K. R. (2012). Feeding ecology of *Astyanax lacustris* (Osteichthyes: Characidae) from Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brazil. *Revista Biota Amazonia*, ISSN 2179-5746.
- Corrêa, R. de O., Silva, R. S. da. (2022). Bases para o manejo alimentar sustentável na piscicultura. Brasília, DF: Embrapa. ISBN 978-65-89957-16-4.



Costa, D. P. S., Trabuco, E., & Romanelli, P. F. (s.a.). Aproveitamento de vísceras não comestíveis de aves para elaboração de farinha de carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, ISSN 0101-2061. FapUNIFESP (SciELO).

Dediu L., Cristea V., Docan A. (2012). Bioremediation of recirculating systems effluents as a method to obtain high-quality aquaculture products. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, ISSN: 13115065.

Dieleman J., Cocquyt C., Nyingi W.D., Verschuren D. (2021). Seasonality in diet and feeding habits of the endemic Chala tilapia (*Oreochromis hunteri*) and two introduced tilapiine cichlids in Lake Chala, East Africa. *Hydrobiologia*, DOI: 10.1007/s10750-020-04427-3, ISSN: 00188158.

El-Desouky, FF, Ibrahim, MA, Abd El-Razek, IM, El-Nabawy, EM, Amer, AA, Zaineldin, AI, Gewaily, MS, Dawood, MAO (2024). Improving Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Utilization with Sodium Butyrate in Nile Tilapia Diets: Effects on Growth Performance, Intestinal Histology, Antioxidative Response, and Blood Biomarkers. *AQUACULTURE NUTRITION*, ISSN: 1353-5773.

El-Naggar H.A., Khalaf Allah H.M.M., Masood M.F., Shaban W.M., Bashar M.A.E. (2019). Food and feeding habits of some Nile River fish and their relationship to the availability of natural food resources. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, DOI: 10.1016/j.ejar.2019.08.004, ISSN: 16874285.

EMBRAPA. (2007). Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Circular Técnica 45. Teresina, PI. ISSN 0104-7633.

Enyi, C. N., Uwakwe, A. A. & Wegwu, M. O. (2020). Nutritional Potentials of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Direct Research Journal of Public Health and Environmental Technology*. Vol. 5 (2), pp.14-18.

Fetahi T., Rothhaupt K.-O., Peeters F. (2018). Dietary map of Nile tilapia using stable isotopes in three tropical lakes, Ethiopia. *Ecology of Freshwater Fish*, DOI: 10.1111/eff.12361, ISSN: 09066691.

Fiordelmondo, E, Ceschin, S, Magi, GE, Mariotti, F, Iaffaldano, N, Galosi, L, Roncarati, A (2022). Effects of Partial Substitution of Conventional Protein Sources with Duckweed (*Lemna minor*) Meal in the Feeding of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) on Growth Performances and the Quality Product. *PLANTS-BASEL*, ISSN: 2223-7747.

Goyal, S, Ott, D, Liebscher, J, Hufing, D, Muller, A, Dautz, J, Gutzeit, HO, Schmidt, D, Reuss, R (2021). Sustainability Analysis of Fish Feed Derived from Aquatic Plant and Insect. *SUSTAINABILITY*.

Guevara Granja, M. F., & Ramírez Cando, L. J. (2015). *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *La Granja*, ISSN: 1390-8596, 1390-3799.

Gülçin I., Kireççi E., Akkemik E., Topal F., Hisar O. (2010). Antioxidant, antibacterial, and anticandidal activities of an aquatic plant: Duckweed (*Lemna minor* L. Lemnaceae); [Bir su bitkisinin antioksidan, antibakteriyel ve antikandidal aktivitesi: Su mercimeği (*Lemna minor* L. Lemnaceae)]. *Turkish Journal of Biology*, DOI: 10.3906/biy-0806-7, ISSN: 13000152.

Hatab, Mahmoud H. (2019). Comparative Study of the Use of Insect Meal from *Spodoptera littoralis* and *Bactrocera zonata* for Feeding Japanese Quail Chicks. *Animals*, MDPI AG.



- He J., Qiang J., Gabriel N.N., Xu P., Yang R. (2015). Effect of feeding-intensity stress on biochemical and hematological indices of GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, DOI: 10.4194/1303-2712-v15_2_12, ISSN: 13032712.
- Hempel, Arne-Jens et al. (2020). A comprehensive dynamic growth and development model of *Hermetia illucens* larvae. PLoS ONE, Public Library of Science (PLoS).
- Hernandez, Carlos et al. (2021). Feeding live Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*) to laying hens: effects on feed consumption, hen health, hen behaviour and egg quality. Poultry Science.
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Régnier C., Bastianelli D., Lebas F., 2015. *Water hyacinth (Eichhornia crassipes)*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://feedipedia.org/node/160> Last updated on October 13, 2015, 16:25
- Hong J, Han T, Kim YY. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review. Animals (Basel). 0(11):2068. doi: 10.3390/ani10112068. PMID: 33171639; PMCID: PMC7695176.
- Huis, Arnold van. (2016). Edible insects are the future? DOI: 10.1017/s0029665116000069, ISSN: 0029-6651, 1475-2719.
- Islam, M. A., Mely, S. S., Alam, M. S., & Rahman, M. H. (2023). Effect of Different Feeding Rates on Growth Performance and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus* L. 1758) Fingerlings Reared in Rectangular Hapas. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 25(3), 18–30. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v25i3664>
- Kasumyan A.O., Tinkova T.V. (2013). Taste attractiveness of different hydrobionts for roach *Rutilus rutilus*, bitterling *Rhodeus sericeus amarus*, and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Ichthyology, DOI: 10.1134/S0032945213040024, ISSN: 15556425.
- Kroumov, A. D., Ross, A. A., Módenes, A. N., Souza, B. V., Geraldi, C. Q., Espinoza-Quiñones, F. R., & Dotto, J. (2013). Biosorption of BF-4B Reactive Red Dye by using Leaves of Macrophytes *Eichhornia crassipes*. Bulgarian Academy of Sciences, ISSN: 1314-1902, 1314-2321.
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, 13(9), 831. <https://doi.org/10.3390/insects13090831>
- Mahoney R., Weeks R., Huang Q., Dai W., Cao Y., Liu G., Guo Y., Chistyakov V.A., Ermakov A.M., Rudoy D., Bren A., Popov I., Chikindas M.L. (2021). Fermented Duckweed as a Potential Feed Additive with Poultry Beneficial Bacilli Probiotics. Probiotics and Antimicrobial Proteins, DOI: 10.1007/s12602-021-09794-4, ISSN: 18671306.
- Mariana, E., Situmorang, A. H., & Yaman, M. A. (2021). Pengaruh Pemberian Konsentrat Fermentasi dan Silase Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap
- Maturana, H. (2006). *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG.
- Moakher, GV, Soltani, M, Shamsaee-Mehrjan, M, Kmali, A (2021). Effect of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) density on water quality, growth performance and survival of koi carp (*Cyprinus carpio carpio*) in an aquaponic system. IRANIAN JOURNAL OF FISHERIES SCIENCES, ISSN: 1562-2916.



Morin, E. (2011). O método 2: a vida da vida. Porto Alegre, RS: Sulina.

Narimbi J., Mazumder D., Sammut J. (2018). Stable isotope analysis to quantify contributions of supplementary feed in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (GIFT strain) aquaculture. *Aquaculture Research*, DOI: 10.1111/are.13642, ISSN: 1355557X.

Nath K., Munilkumar S., Patel A.B., Kamilya D., Pandey P.K., Banerjee Sawant P. (2021). Lamellidens and Wolffia canopy improves growth, feed utilization and welfare of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) in integrated multi-trophic freshwater aquaculture system. *Aquaculture*, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736207, ISSN: 00448486.

Oliveira, Elenise Gonçalves de; Santos, Francisco José de Seixas; Pereira, Alitienne Moura L.; Lima, Carolyny Batista. (2007). Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Circular Técnica, Teresina-PI, EMBRAPA

ONU. (2021). Relatório anual 2021. Nações Unidas. Brasil

ONU. (2015). Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nações Unidas.

Opiyo, MA, Muendo, P, Mbogo, K, Ngugi, CC, Charo-Karisa, H, Orina, P, Leschen, W, Glencross, BD, Tocher, DR (2022). Inclusion of duckweed (*Lemna minor*) in the diet improves flesh omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid profiles but not the growth of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *ANIMAL FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY*, DOI: SEP 2022, ISSN: 0377-8401.

Osti, JAS, do Carmo, CF, Cerqueira, MAS, Giamas, MTD, Peixoto, AC, Vaz-dos-Santos, AM, Mercante, CTJ (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eichhornia crassipes*. *AQUACULTURE REPORTS*, ISSN: 2352-5134.

PeixeBR. (2022). Anuário brasileiro da piscicultura Peixe BR 2022. São Paulo: Peixe BR Associação Brasileira de Piscicultura.

Pereira, D. L. N. C., Areco, K. C. N., Duarte, J. M., Shimaoka, A. M., Silva Junior, A. C. da., Machado, V. T., Bandiera-Paiva, P., & Ancao, M. S. (2014). Tabela de Composição Química dos Alimentos - TABNUT (Versão 3). <https://tabnut.dis.epm.br>

Peters, RR, Morales, ED, Morales, NM, Hernández, JL (2009). Feeding Quality Evaluation of *Lemna obscura* Meal as Ingredients in the Elaboration of Food for Red Tilapia (*Oreochromis spp.*). *REVISTA CIENTIFICA-FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS*, ISSN: 0798-2259.

Pradhan A., Patel A.B., Singh S.K. (2019). Evaluation of live duckweed, *Wolffia globosa* as an allochthonous feed for *Labeo rohita* fry during nursery rearing. *Aquaculture Research*, DOI: 10.1111/are.14025, ISSN: 1355557X.

Queiroz, J. F. De; Alves, J. M. C.; Losekann, M. E.; Frasca-Scorvo, C. M. D.; Scorvo Filho, J. D.; Ferri, G. H.; Ishikawa, M. M. (2021). Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente.

Reyes de Cabrales, C. E. (2009). Elaboración de abono orgánico a partir de plantas acuáticas: *Elodea* (*Hydrilla verticillata*) y Jacinto o Lirio de agua (*Eichhornia crassipes*), procedentes del Lago de Coatepeque y Lago de Güija. ITCA Editores, ISSN: 2070-0458.



Roy, K., Kajgrova, L., Capkova, L., Zabransky, L., Petraskova, E., Dvorak, P., Nahlik, V., Kuebutornye, F.K.A., Blabolil, P., Blaha, M., Vrba, J., and Mraz, J. (2024). Synergistic digestibility effect by planktonic natural food and habitat renders high digestion efficiency in agastric aquatic consumers. *Science of the Total Environment*, 927, 172105.

Said, I., Sangkota, V. D., & Supriadi, S. (2017). Pengaruh Aktivasi Kimia Arang Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) terhadap Adsorpsi Logam Timbal (Pb). Tadulako University, ISSN: 2477-5185.

Sánchez-Muros M.J., de Haro C., Sanz A., Trenzado C.E., Villareces S., Barroso F.G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*, DOI: 10.1111/anu.12313, ISSN: 13535773.

SENAR. (2019). *Piscicultura: alimentação*. Coleção Senar, Brasília-DF, Senar.

Soares L.J.F., Ribeiro G.O., Freitas D.F., Madureira E.R., Aiura F.S., Maciel M.P., Nascimento J.C.S., Ribeiro A.G., Santos S.H.S., Costa D.V. (2023). Performance, blood and histological parameters and gene expression of lipogenic markers in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed *Tenebrio molitor* larvae meal. *Journal of Insects as Food and Feed*, DOI: 10.1163/23524588-20230063, ISSN: 23524588.

Sudarmadji, S., Sugiharto, E., Suprayogi, S., & Wantasen, S. (2012). Dampak Transformasi Nitrogen Terhadap Lingkungan Biotik Di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara (The Impact of Nitrogen Transformation on the Biotic Environment in the Lake Tondano North Sulawesi). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, ISSN: 2460-5727, 0854-5510. Gadjah Mada University.

Sunil, K. R., John, M., Girisha, S. T., & Girish, V. (2015). A Comparative Study of Bioethanol Production from Aquatic Weeds. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 2091-2609. Nepal Journals Online (JOL).

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). (2023). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo. Acesso em: 20 abr 2025. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>.

Temesgen M., Getahun A., Lemma B., Janssens G.P.J. (2022). Food and Feeding Biology of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Lake Langeno, Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, DOI: 10.3390/su14020974, ISSN: 20711050.

Tesfahun A., Alebachew S. (2023). Food and feeding habits of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from Ribb reservoir, Lake Tana sub-basin, Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, DOI: 10.1080/23311932.2023.2212457, ISSN: 23311932.

Trindade M.E.J., Cetra M., Jucá-Chagas R. (2010). Ichthyofauna of the Ribeirão Limoeiro, Cachoeira River Basin, BA; [Ictiofauna do Ribeirão Limoeiro, Bacia do Rio Cachoeira, BA]. *Biota Neotropica*, DOI: 10.1590/s1676-06032010000400015, ISSN: 16786424.

Tubin J.S.B., Paiano D., Hashimoto G.S.D.O., Furtado W.E., Martins M.L., Durigon E., Emerenciano M.G.C. (2020). *Tenebrio molitor* meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734763, ISSN: 00448486.

Turck D., Bohn T., Castenmiller J., De Henauw S., Hirsch-Ernst K.I., Maciuk A., Mangelsdorf I., McArdle H.J., Naska A., Pelaez C., Pentieva K., Siani A., Thies F., Tsabouri S., Vinceti M., Aguilera-Gómez M., Cubadda F., Frenzel T., Heinonen M., Prieto Maradona M., Marchelli R., Neuhäuser-



Berthold M., Poulsen M., Schlatter J.R., van Loveren H., Kouloura E., Knutsen H.K. (2023). Safety of water lentil protein concentrate from a mixture of *Lemna gibba* and *Lemna minor* as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, DOI: 10.2903/j.efsa.2023.7903, ISSN: 18314732.

Velichkova K.N., Sirakov N.I. (2013). The usage of aquatic floating macrophytes (*Lemna* and *Wolffia*) as biofilter in recirculation aquaculture system (RAS). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.4194/1303-2712-v13_1_13, ISSN: 13032712.

Vinogradskaya M.I., Kasumyan A.O. (2019). Palatability of Water Organisms for Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). *Journal of Ichthyology*, DOI: 10.1134/S0032945219030196, ISSN: 00329452.

Wagaw S., Mengistou S., Getahun A. (2022). Diet composition and feeding habits of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in Lake Shala, Ethiopia. *Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.47853, ISSN: 22341749.

Xu S., Chen Z., Huang H., Huang X., Li S. (2010). Food sources of *Oreochromis niloticus* in the mangrove and plantation-aquaculture ecological coupling systems. *Zhongshan Daxue Xuebao/Acta Scientiarum Natralium Universitatis Sunyatseni*, ISSN: 05296579.

Zhu J.J., Huang D.L., Fu Q., Ao Q.W., Tan Y., Lan G.Q., Guo Y.F., Zhang M., Gan X., Jiang H.S. (2015). Proteomic analysis of genetic improvement of farmed tilapia (GIFT) liver. *Current Proteomics*, DOI: 10.2174/157016461202150903115040, ISSN: 15701646.

