

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Veterinária
Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Débora de Almeida Freitas

FARINHA DE INSETO COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
JUVENIS DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)

Belo Horizonte
2024

Débora de Almeida Freitas

**FARINHA DE INSETO COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
JUVENIS DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Prof. Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro

Belo Horizonte
2024

F866f Freitas, Débora de Almeida, 1997-
Farinha de inseto como fonte proteica em dietas para juvenis de Tilápia
(*Oreochromis niloticus*) / Débora de Almeida Freitas.- 2024.
34 f: il.

Orientadora: Paula Adriane Perez Ribeiro

Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da
UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Zootecnia.
Bibliografia f. 27 a 34.

1. Peixe - Tilápia - Teses - 2. Dieta em Veterinária - Teses - 3. Nutrição -
Teses - I. Ribeiro, Paula Adriane Perez - II. Universidade Federal de Minas
Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD - 639.31

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB 2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte- MG
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao

E-mail cpgzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE DEBORA DE ALMEIDA FREITAS

Às 09:00 horas do dia 10 de setembro de 2024, reuniu-se, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada no dia 30/08/2024, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada: “Farinha de inseto como fonte proteica em dietas para juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*)”, como requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração **Nutrição Animal**. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Paula Adriane Perez Ribeiro, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de dissertação, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) Leandro Santos Costa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) Renan Rosa Paulino	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof.(a)/Dr.(a) Paula Adriane Perez Ribeiro	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a): Aprovado (a)

Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 03 volumes encadernados da versão final da dissertação acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 10 de setembro de 2024.

Assinatura dos membros da banca:

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que sempre me mostrou que nada é impossível, desde que a minha fé seja inabalável e foi através Dele que cheguei até aqui.

À minha avó, Maria Duarte (in memoriam), por ser o meu exemplo de mulher persistente e dedicada.

Ao meu avô, Honorino (in memoriam) por ser meu parceiro de vida, que sempre acreditou em mim e comemorou cada uma de minhas conquistas desde o “prézinho” e que hoje continua me acompanhando para sempre em meu coração.

A minha mãe, Fátima, por todo apoio, correção e por não me deixar desistir e sempre me lembrar de onde vinha a minha força.

Ao meu pai, Antônio, por todo carinho, apoio e companheirismo ao longo da vida.

Ao meu namorado, André Sena, que me apoiou, incentivou, ajudou, secou as lágrimas e sempre esteve presente em todos os momentos.

A todos os meus familiares, por compreenderem a minha ausência nos finais de semana, e por apoiarem a minha jornada acadêmica.

Aos membros da banca de defesa Prof. Dr. Leandro Santos Costa, Prof. Dr. Renan Rosa Paulino, por terem aceitado participar da banca e contribuir com o trabalho.

A Agência de Fomento CNPq pela concessão da minha bolsa de estudos.

À minha orientadora Prof^a. Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro pelos ensinamentos, apoio, e confiança depositados em mim em todo esse tempo no Laboratório de Nutrição.

À equipe do Laboratório de Nutrição, pela companhia e apoio na execução dos experimentos.

Em especial aos meus amigos Helder e Verônica, que me ajudaram sempre.

Aos meus amigos de Laqua que ajudaram a caminhada a ficar mais leve, obrigada pelo companheirismo durante o tempo de graduação e mestrado.

A todos os funcionários do Laqua, que colaboram para o funcionamento desse local.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

Á todos vocês que me apoiaram e foram essenciais para que eu chegasse até aqui o meu
MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A aquicultura no Brasil tem se desenvolvido nos últimos anos, mas a escassez e o alto custo da farinha de peixe utilizada na formulação das rações destacam a necessidade de alternativas sustentáveis, como o uso de insetos como fonte de proteína. A aplicação dessas alternativas pode otimizar a produção e aumentar a eficiência e rentabilidade do setor. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de inseto, sobre a preferência alimentar da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). O trabalho foi subdividido em dois experimentos independentes, ambos com o mesmo desenho experimental. Foram utilizados, em cada experimento, 60 juvenis de tilápia (peso médio de $67,3 \pm 12,39$ g), alojados em 60 aquários (40 L), mantidos em sistema de recirculação de água. Em cada ensaio foram fornecidas quatro dietas aos animais, contendo 0, 33, 66 e 100% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de larvas de black soldier fly, no primeiro experimento, e farinha de larvas de mosca doméstica, no segundo experimento. No primeiro experimento, os peixes não mostraram preferência clara entre dietas com e sem black soldier fly, quando a substituição foi de 33% na ração. No entanto, em contrastes com substituições de 66% e 100%, houve maior aceitação das dietas com menor substituição. O consumo diário das rações pelos peixes refletiu a preferência alimentar, mostrando que não houve diferença significativa entre as dietas com 0% e 33% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de black soldier fly. No segundo experimento, os peixes preferiram dietas com maior inclusão de farinha de mosca doméstica, em comparação com dietas sem o uso desse ingrediente. No entanto, não houve uma preferência clara entre diferentes níveis de substituição (33%, 66% e 100%). O maior consumo foi registrado para animais alimentados com dietas contendo 66% de substituição, enquanto para as comparações entre 33% e 100%, a dieta com 33% foi a mais consumida pelos peixes. Dietas sem mosca doméstica resultaram em menor consumo em porcentagem por grama de peso vivo dos peixes. Concluímos que, a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de black soldier fly, em dietas para juvenis de tilápia do Nilo é recomendada até 33%, devido à possível presença de fatores que podem comprometer a ingestão e o crescimento dos peixes. Em contrapartida, a farinha de mosca doméstica é bem aceita pelos animais até 66% de substituição.

Palavras chave: tilápia; nutrição; farinha de inseto.

ABSTRACT

Aquaculture in Brazil has developed in recent years, but the scarcity and high cost of fishmeal used in feed formulation highlights the need for sustainable alternatives, such as the use of insects as a source of protein. The application of these alternatives can optimize production and increase the efficiency and profitability of the sector. The aim of this study was to evaluate the effect of different levels of substitution of fishmeal protein by insect meal protein on the feeding preference of nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*). The work was subdivided into two independent experiments, both with the same experimental design. In each experiment, 60 juvenile tilapia were used (average weight 67.3 ± 12.39 g), housed in 60 aquariums (40 L), kept in a recirculating water system. In each trial, the animals were given four diets containing 0, 33, 66 and 100% substitution of fishmeal protein with black soldier fly larvae meal in the first experiment and housefly larvae meal in the second experiment. In the first experiment, the fish showed no clear preference between diets with and without black soldier fly, when the substitution was 33% of the feed. However, in contrast with substitutions of 66% and 100%, there was greater acceptance of the diets with less substitution. The fish's daily consumption of the feed reflected their food preference, showing that there was no significant difference between the diets with 0% and 33% substitution of fishmeal protein by black soldier fly meal protein. In the second experiment, the fish preferred diets with a higher inclusion of black soldier fly meal compared to diets without this ingredient. However, there was no clear preference between different levels of substitution (33%, 66% and 100%). The highest consumption was recorded for animals fed diets containing 66% substitution, while for comparisons between 33% and 100%, the 33% diet was the most consumed by the fish. Diets without houseflies resulted in lower consumption in percentage per gram of live weight of the fish. We conclude that replacing fish meal protein with black soldier fly meal protein in diets for juvenile Nile tilapia is recommended up to 33%, due to the possible presence of factors that may compromise fish intake and growth. On the other hand, housefly meal is well accepted by animals up to 66% replacement.

Key words: tilapia; nutrition; insect meal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Seleção de dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de Black Soldier Fly, por juvenis de tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>), com diferenças significativas identificadas pelo teste T ($P<0,05$)	17
Figura 2 - Consumo das dietas, nos diferentes contrastes, pelos juvenis de tilápia, ao longo do experimento com Black Soldier Fly. Fig. 2A – consumo diário (em %) e Fig. 2B – consumo em relação ao peso vivo dos animais (em %)	19
Figura 3 Seleção de dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica, por juvenis de tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>), com diferenças significativas identificadas pelo teste T ($P<0,05$)	21
Figura 4 Consumo das dietas, nos diferentes contrastes, pelos juvenis de tilápia, ao longo do experimento com mosca doméstica. Fig. 4A – consumo diário (em %) e Fig. 4B – consumo em relação ao peso vivo dos animais (em %)	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição das dietas do Experimento 1 – black soldier fly..... 14

Tabela 2 -Composição das dietas do Experimento 2 – mosca domestica 15

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Tilápia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	10
2.2 Insetos na alimentação animal	10
2.3 Comportamento alimentar em peixes	12
2.3.1 Preferência alimentar	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GERAL	13
3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
5. RESULTADOS	17
5.1 EXPERIMENTO 1 – DIETAS CONTENDO BLACK SOLDIER FLY	17
5.2 EXPERIMENTO 2 – DIETAS CONTENDO MOSCA DOMÉSTICA	20
6. DISCUSSÃO	23
7. CONCLUSÕES	26
8. AGRADECIMENTOS	27
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura no Brasil vem crescendo e atingiu 860.355 toneladas produzidas, representando um aumento de 2,3% em relação ao ano anterior (Peixe BR, 2023). Para que essa cadeia continue prosperando é necessário observar todos os seus componentes, em especial a nutrição animal. Considerando que a alimentação é uma das despesas mais significativas na aquicultura, é crucial conhecê-la e monitorá-la para garantir que os peixes recebam uma dieta de qualidade e em quantidade suficiente para garantir crescimento adequado, com o mínimo de desperdício e impacto ambiental (da Silva et al., 2016).

A tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) demonstra uma habilidade notável de reconhecer o sabor dos alimentos em questão de segundos, evitando testá-los repetidamente. A relevância de identificar potenciais estimulantes alimentares para *O. niloticus* é acentuada pelo fato desta espécie ter se tornado a segunda mais cultivada mundialmente (FAO, 2020).

A farinha de peixe desempenha um papel fundamental e amplamente difundido nas formulações dietéticas para peixes, graças à sua composição nutricional equilibrada e elevada palatabilidade. Entretanto, esse ingrediente está se tornando progressivamente mais escasso, em função da estabilização nas capturas globais de pescado. Nesse contexto, a disponibilidade de farinha de peixe está em declínio, resultando num aumento constante dos custos associados (Cao et al., 2015; FAO, 2018; Huang et al., 2018).

O crescimento da produção aquícola econômica e ambientalmente sustentável está intrinsecamente ligado à utilização de fontes proteicas alternativas, que possam substituir a farinha de peixe na formulação das dietas (Barroso et al., 2014; Huang et al., 2018). Desta forma, pesquisas nessa área têm buscando viabilizar o uso dessas fontes alternativas em dietas para peixes.

Atualmente, os insetos estão sendo explorados como uma nova fonte proteica para a alimentação animal (Premalatha et al., 2011). Eles compõem naturalmente a dieta dos peixes, tanto marinhos, quanto de água doce (Whitley e Bollens, 2014) e são reconhecidos como excelentes fontes de proteína, além de fornecerem quantidades significativas de energia, ácidos graxos, vitaminas e minerais (Rumpold e Schlüter, 2013). Assim, os insetos têm sido levados em consideração como uma alternativa promissora em substituição a ingredientes como farelo de soja e farinha de peixe. Além disso, os insetos apresentam vantagens como rápido crescimento e reprodução, excelente conversão alimentar e capacidade de serem produzidos em bioresíduos (Collavo et al., 2005).

A aplicação desse conhecimento sobre o comportamento alimentar, no contexto dos sistemas de produção aquícola, tem o potencial de proporcionar benefícios significativos, como a maximização da eficiência alimentar e a melhoria do manejo dos animais. Práticas refinadas não só promovem o uso mais eficaz dos recursos disponíveis, como também podem otimizar os processos produtivos, resultando em maior rentabilidade para as operações na aquicultura.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)

Com o crescimento exponencial da população mundial e a consequente busca por alternativas sustentáveis de proteínas para atender essa demanda, a aquicultura tem se destacado como um setor em notável expansão. Em 2023, a produção aquícola nacional alcançou a marca impressionante de 860.355 toneladas, com a tilápia respondendo por 550.060 toneladas desse total. A tilápia, especificamente, é a espécie mais cultivada na piscicultura brasileira, representando aproximadamente 65% da produção nacional de peixes de cultivo, conforme dados fornecidos pela Peixe BR (2023).

Dada a sua predominância na produção aquícola do Brasil, é essencial reconhecer a importância da tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Essa espécie se destaca por ser onívora, muito tolerante às condições de cultivo. Apresenta capacidade de se desenvolver rapidamente em sistemas de cultivo intensivos, completando seu ciclo de produção num período relativamente curto, de 6 a 8 meses. Além disso, apresenta boa conversão alimentar e carne de alta qualidade (Coward e Bromage (2000), Asad et al. (2010), Vicente et al. (2014), Sayed e Moneeb (2015). Esses fatores tornam a tilápia uma escolha potencial entre os produtores, contribuindo significativamente para o crescimento do setor aquícola brasileiro.

2.2 Insetos na alimentação animal

Os insetos oferecem soluções promissoras para a produção de ração e alimentos, em função de seu elevado valor nutricional e sustentabilidade de sua produção, comparada à pecuária convencional (Cutrigelli et al., 2018). Trata-se de uma excelente fonte de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. No entanto, a quantidade desses nutrientes pode variar dependendo da fase de desenvolvimento do inseto (larva, pré-pupa, pupa ou adulto), assim como do tipo de alimento que recebem e das condições de criação (Nogales-Mérida et al., 2019). Atualmente, a utilização de insetos como ingrediente na alimentação de peixes não

estabelece uma concorrência direta com a produção tradicional de alimentos (Li et al., 2020). Assim, os insetos são considerados uma fonte alternativa de proteína, substituindo produtos como a soja e a farinha de peixe.

Muitas espécies de insetos apresentam ciclo de vida rápido, com facilidade de crescimento e reprodução. Podem ser criados eficientemente em ambientes que utilizam bioresíduos, incluindo resíduos vegetais e restos de alimentos provenientes de restaurantes. Essa capacidade de utilizar bioresíduos não apenas maximiza a eficiência da produção de insetos, como também contribui para a redução de resíduos, promovendo uma abordagem mais sustentável e ecológica para a produção de alimentos (Premalatha et al., 2011; Spranghers et al., 2017).

Insetos são parte natural da dieta de peixes marinhos e de água doce (Howe et al., 2014; Whitley e Bollens, 2014). A palatabilidade das dietas contendo farinha de insetos parece depender de vários fatores, como a espécie de peixe alimentada, sua fase de vida e sua resposta alimentar (aceitação ou rejeição do alimento, consumo diário e conversão alimentar). Além disso, o tipo de inseto, as características dos substratos usados para alimentá-lo, o método de cultivo e seu processamento final também influenciam nessa palatabilidade (Henry et al., 2015; Tschirner e Simon, 2015).

A *Hermetia illucens* L., conhecida como “Black Soldier Fly” ou mosca-soldado-negra, destaca-se como uma das espécies de inseto mais promissoras mundialmente (Zotte et al., 2019). As larvas dessa espécie emergiram como uma fonte primordial de proteína, sendo atualmente empregadas na produção de rações (Barragan-Fonseca et al., 2017). A farinha de larvas de Black Soldier Fly é rica em proteínas e lipídios, contendo entre 39 e 43% de proteína bruta e entre 21 e 38% de lipídios (Makkar et al., 2014; Henry et al., 2015). Esse ingrediente possui grande potencial na formulação de rações animais, em função de seu valor nutricional e de sua produção sustentável, já que os insetos são criados com resíduos alimentares ou qualquer resíduo orgânico (Spranghers et al., 2017) e em uma ampla gama de materiais orgânicos em decomposição, como frutas e vegetais apodrecidos, polpa de grãos de café, grãos de destilaria, além de esterco animal e excreta humana (van Huis et al., 2013).

A *Musca domestica*, conhecida como mosca doméstica comum, destaca-se por seu rápido ciclo de vida e notável capacidade de bioconversão, tornando-se um recurso valioso em várias aplicações. A composição corporal desse inseto varia consideravelmente, com teores proteicos entre 40 e 60%, e conteúdos lipídicos que variam de 9% a 26%. Essas variações na

composição nutricional são influenciadas tanto pelo método de processamento utilizado, quanto pelo estágio de desenvolvimento do inseto. Especificamente, as pupas tendem a apresentar níveis mais elevados de proteína bruta e menores concentrações lipídicas, em comparação com as larvas, evidenciando diferenças nutricionais significativas entre esses estágios (Makkar et al., 2014; Ghosh et al., 2017).

2.3 Comportamento alimentar em peixes

O comportamento alimentar em peixes é considerado complexo, sendo diretamente influenciado por uma variedade de fatores, como hábito alimentar, mecanismos de detecção do alimento, quantidade e frequência de alimentação, habitat e condições ambientais (temperatura, fotoperíodo e salinidade) (Volkoff e Peter, 2006).

Os sistemas de autoalimentação, também conhecidos como sistemas de alimentação sob demanda, são essenciais para entender o padrão alimentar de uma espécie. Tratam-se de ferramentas importantes para monitorar e identificar o ritmo de alimentação dos animais, que podem ser integrados a softwares que permitem o registro contínuo e detalhado do comportamento alimentar (Kitagawa et al., 2015; Benhaiim et al., 2017; Reis et al., 2019). Essa metodologia possibilita a compreensão dos padrões alimentares e a identificação dos horários preferenciais de alimentação, reduzindo, assim, o desperdício de alimentos. Além disso, ajuda a caracterizar os hábitos alimentares dos animais, seja durante a noite, dia, amanhecer, anoitecer, ou mesmo em padrões duais (Azzaydi et al., 1998; Mattos et al., 2016; Fortes-Silva et al., 2017).

2.3.1 Preferência alimentar

As preferências alimentares dos peixes são afetadas por uma variedade de fatores inerentes à espécie. Entre esses fatores, destacam-se as propriedades do alimento, como sabor e aroma. A escolha das dietas é um aspecto complexo do comportamento alimentar dos peixes, que inclui a ingestão de alimentos, os padrões alimentares e a frequência das refeições. A percepção de alimentos e as preferências alimentares dos peixes são componentes fundamentais para entender como eles escolhem sua dieta em diversos ambientes e condições (Volkoff et al., 2005).

Estudos utilizando alimentadores automáticos têm proporcionado percepções valiosas sobre o comportamento alimentar dos peixes. Descobriu-se que esses animais demonstram uma notável habilidade de discriminar entre os diversos macronutrientes disponíveis em sua dieta, incluindo proteínas, lipídios e carboidratos. Essa capacidade intrínseca permite aos peixes

ajustarem sua ingestão alimentar de acordo com suas necessidades nutricionais, regulando a proporção de cada nutriente consumido. Essa flexibilidade dietética demonstra a sofisticação do sistema de regulação alimentar dos peixes, destacando sua adaptabilidade e capacidade de otimização nutricional em ambientes variáveis (Vivas et al., 2006 ; de Mattos et al., 2016 ; Fortes-Silva et al., 2017 ; Luz et al., 2018 ; Santos et al., 2019).

A teoria da seleção alimentar em animais postula que os indivíduos possuem uma capacidade inata que lhes permite escolher dietas capazes de corrigir desequilíbrios metabólicos, resultantes de desafios nutricionais específicos. Essa capacidade é comumente denominada de "sabedoria alimentar". Segundo essa teoria, os animais são capazes de identificar e consumir nutrientes específicos, necessários para manter a homeostase metabólica e responder de forma eficaz às variações nas necessidades nutricionais, garantindo, assim, saúde e bem-estar (Simpson e Raubenheimer, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo avaliar a preferência alimentar de juvenis de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) submetidos a dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de farinhas de inseto.

3.1.1 Objetivos específicos

- Observação da preferência alimentar dos animais.
- Observação da capacidade de seleção alimentar.
- Avaliação do consumo do alimento ofertado.
- Comparação de diferentes dietas fornecidas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no setor de Nutrição e Comportamento Alimentar do Laboratório de Aquacultura, Universidade Federal de Minas Gerais, com metodologias aprovadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA 75/2022).

Foram conduzidos dois experimentos com juvenis de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), para avaliar a preferência alimentar, sendo: Experimento 1 – dietas contendo farinha de larvas de Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*); Experimento 2 - dietas contendo farinha de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*). Em ambos experimentos, as dietas foram

formuladas com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de inseto, sendo 0, 33, 66 e 100% de substituição.

Foram utilizados, em cada experimento, 60 juvenis machos de tilápia nilótica, com peso médio inicial de $67,3 \pm 12,39$ g, alojados em 60 aquários de 40L cada, com um animal em cada aquário, mantidos em sistema de recirculação de água, com temperatura controlada em 28°C, aeração constante e fotoperíodo de 12:12 horas (Luz: Escuro).

Para cada experimento foram formuladas quatro dietas, sendo uma dieta controle, sem inclusão de farinha de inseto e outras três dietas, substituindo 33%, 66% e 100% da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de inseto. Todas as dietas foram extrusadas (Inbramaq®, modelo Labor PQ30), com pellets de 3 mm e armazenadas a -20°C até o fornecimento aos animais. As tabelas 1 e 2 apresentam a composição das dietas ofertadas aos animais nos Experimentos.

Tabela 1- Composição das dietas do Experimento 1

Ingredientes (g Kg ⁻¹)	Proteína da black soldier fly (%)				
	BSF	0	33	66	100
Milho		257,50	211,30	165,00	118,70
Farinha de peixe		150,00	100,00	50,00	0,00
Farelo de soja		531,30	539,10	547,00	554,80
Farelo de trigo		10,00	10,00	10,00	10,00
Black soldier fly		0,00	93,20	186,50	279,70
Óleo de soja		35,00	30,20	25,40	20,60
Sal		5,00	5,00	5,00	5,00
Fosfato bicálcico		5,00	5,00	5,00	5,00
Suplemento vitamínico mineral ^a		5,00	5,00	5,00	5,00
Óxido crômico		10,00	10,00	10,00	10,00
Antioxidante (BHT) ^b		0,20	0,20	0,20	0,20
Composição analisada (% na matéria seca) ^c					
Proteína bruta	38	37,77	36,64	36,41	37,56
Energia bruta (MJ kg ⁻¹)	18	20,27	20,71	20,98	21,92
Extrato etéreo	25,5	9,04	9,34	11,02	10,88
Quitina ^d	4,37	0,28	0,45	0,83	1,22

^a BSF – Farinha de Black Soldier Fly;

^b Composição do suplemento vitamínico e mineral: Ácido fólico (Min) 2500 mgkg⁻¹, Ácido pantotênico (Min) 3750 mg kg⁻¹, Biotina (Min) 125 mg kg⁻¹, Zinco (Min) 20 g kg⁻¹, Cobre (Min) 2000 mg kg⁻¹, Colina (Min) 125 g kg⁻¹, Ferro (Min) 15 g kg⁻¹, Iodo (Min) 125 mg kg⁻¹, Vit K (Min) 1000 mg kg⁻¹, Manganês (Min) 3700 mg kg⁻¹, Niacina (Min) 7800 mg kg⁻¹, Selênio (Min) 75 mg kg⁻¹, Vit A (Min) 2.000.000 UIkg⁻¹, Vit E (Min) 15000 UIkg⁻¹, Vit B₁ (Min) 2500 mgkg⁻¹, Vit B₁₂ (Min) 5000 mgkg⁻¹, Vit B₂ (Min) 2500 mgkg⁻¹, Vit B₆ (Min) 2000 mgkg⁻¹, Vit D₃ (Min) 500.000 UIkg⁻¹;

^c BHT – Butil-hidroxi-tolueno;

^d Determinations according to Smets and Borghet (2021).

Tabela 2- Composição das dietas do Experimento 2

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Proteína da farinha de larva de mosca doméstica (%)				
	MD	0	33	66	100
Milho		257,5	246,6	236	224,8
Farinha de peixe		150	100	50	0
Farelo de soja		531,3	533,2	535	536,8
Farelo de trigo		10	10	10	10
Farinha de mosca doméstica		0	62	124	186,1
Óleo de soja		35	32	29	26
Sal		5	5	5	5
Fosfato bicálcico		5	5	5	5
Suplemento vitamínico-mineral ^a		5	5	5	5
Óxido crômico		1	1	1	1
Antioxidante (BHT) ^b		0,2	0,2	0,2	0,2
Composição analisada (% na matéria seca)					
Proteína bruta	57,16	37,77	37,8	37,24	37,84
Energia bruta (MJ kg ⁻¹)	18,42	20,27	21,60	21,07	21,93
Extrato etéreo	18,16	9,04	9,77	10,87	10,61
Quitina	8,09	0	0,51	1,01	1,53

^a MD – Farinha de mosca doméstica;

^b Composição do suplemento vitamínico e mineral: Ácido fólico (Min) 2500 mgkg⁻¹, Ácido pantotênico (Min) 3750 mgkg⁻¹, Biotina (Min) 125 mgkg⁻¹, Zinco (Min) 20 gkg⁻¹, Cobre (Min) 2000 mgkg⁻¹, Colina (Min) 125 gkg⁻¹, Ferro (Min) 15 gkg⁻¹, Iodo (Min) 125 mgkg⁻¹, Vit K (Min) 1000 mgkg⁻¹, Manganês (Min) 3700 mgkg⁻¹, Niacina (Min) 7800 mgkg⁻¹, Selênio (Min) 75 mgkg⁻¹, Vit A (Min) 2.000.000 UI kg⁻¹, Vit E (Min) 15000 UIkg⁻¹, Vit B₁ (Min) 2500 mgkg⁻¹, Vit B₁₂ (Min) 5000 mgkg⁻¹, Vit B₂ (Min) 2500 mgkg⁻¹, Vit B₆ (Min) 2000 mgkg⁻¹, Vit D₃ (Min) 500.000 UIkg⁻¹;

^c BHT - Butil Hidroxi Tolueno;

^d Determinations according to Smets and Borghot (2021).

As dietas, em cada experimento, foram fornecidas aos animais em contraste, duas a duas, em cada aquário experimental, sendo: contraste 1 – 0% x 33% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de inseto; contraste 2 – 0% x 66% de substituição; contraste 3 – 0% x 100% de substituição; contraste 4 – 33% x 66% de substituição; contraste 5 – 33% x 100% de substituição; e contraste 6 – 66% x 100% de substituição.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (contrastes entre as dietas) e dez repetições (aquários), totalizando 60 unidades experimentais.

Para a determinação da preferência alimentar dos juvenis de tilápia, em cada experimento, os peixes foram alimentados com as duas dietas de cada contraste (6% do seu

peso vivo, ajustado semanalmente por meio de biometria dos animais), em cochos flutuantes (um para cada dieta), semicirculares, confeccionados em PVC, para evitar dispersão das dietas. Os tanques foram sifonados diariamente para retirada de excretas e as sobras de ração foram coletadas após cada alimentação e secas em estufa (55°C), para posterior cálculo do consumo de alimento pelos animais. O fornecimento das dietas nos tratamentos, uma em cada cocho no aquário, foi mantido pelo tempo necessário para estabelecimento de um padrão de seleção. Após a observação de um padrão claro de seleção, as dietas foram invertidas nos cochos, em cada aquário, e oferecidas novamente aos animais, como forma de avaliar se os peixes restabeleceriam o padrão de seleção anterior, eliminando, assim, a influência da posição do cocho de alimentação dentro do aquário.

Ao longo do período de avaliação, nos dois experimentos, foram monitorados diariamente o teor de oxigênio dissolvido e a temperatura da água, com auxílio de um oxímetro digital portátil (HI9146, Hanna). Semanalmente foram monitoradas pH e amônia não ionizadas na água, com auxílio de kits comerciais (pH Tropical®, Labcon Test®).

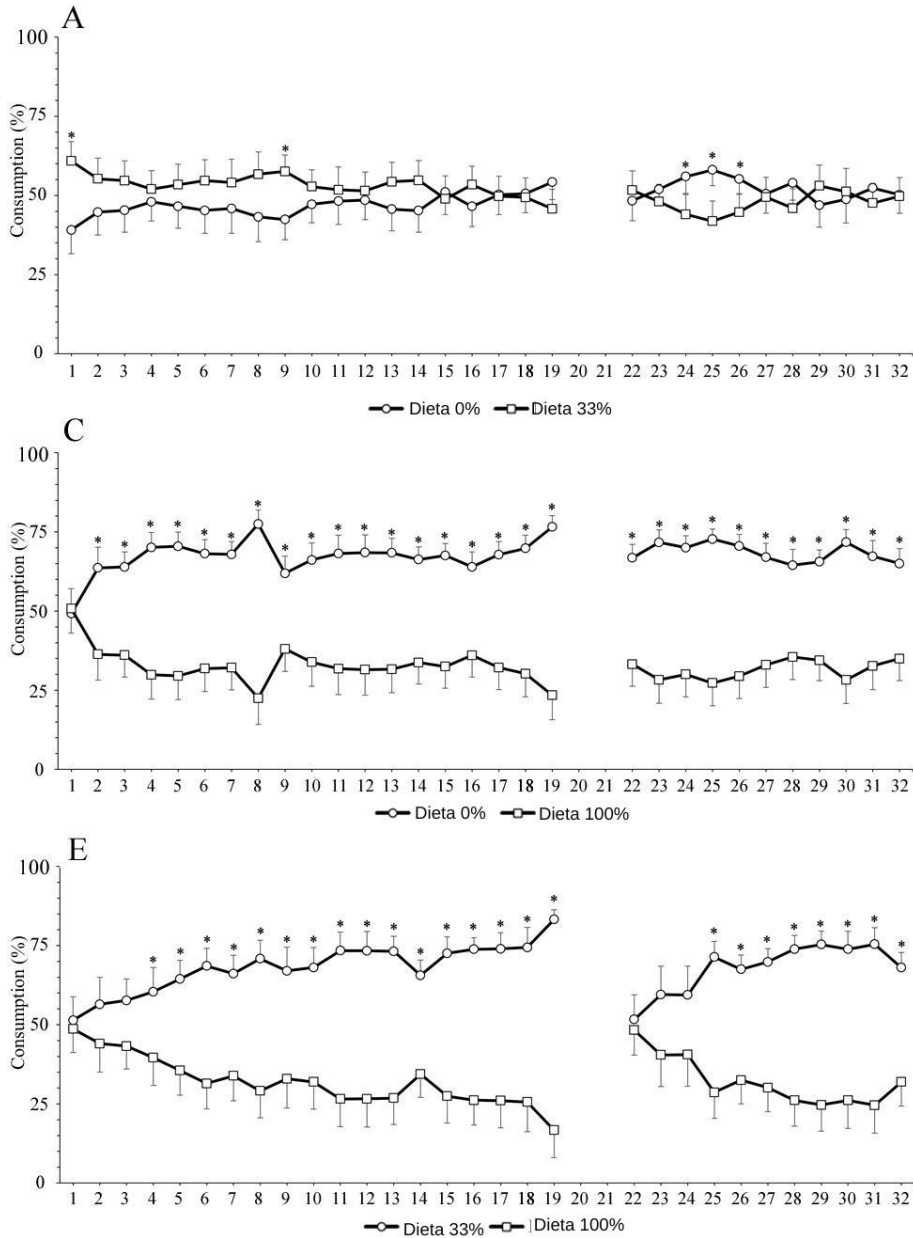
A preferência alimentar dos animais pelas dietas com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de inseto, em cada experimento, foi expressa como porcentagem de seleção, tendo o consumo total da dieta em 100%.

Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey (5%), com auxílio do software Statistical Package for Social Sciences (SPSS), versão 12.0.

5. RESULTADOS

5.1 Experimento 1 – Dietas contendo Black Soldier Fly

A evolução da seleção diária da dieta pelos peixes, no experimento 1, está ilustrada na Figuras 1.



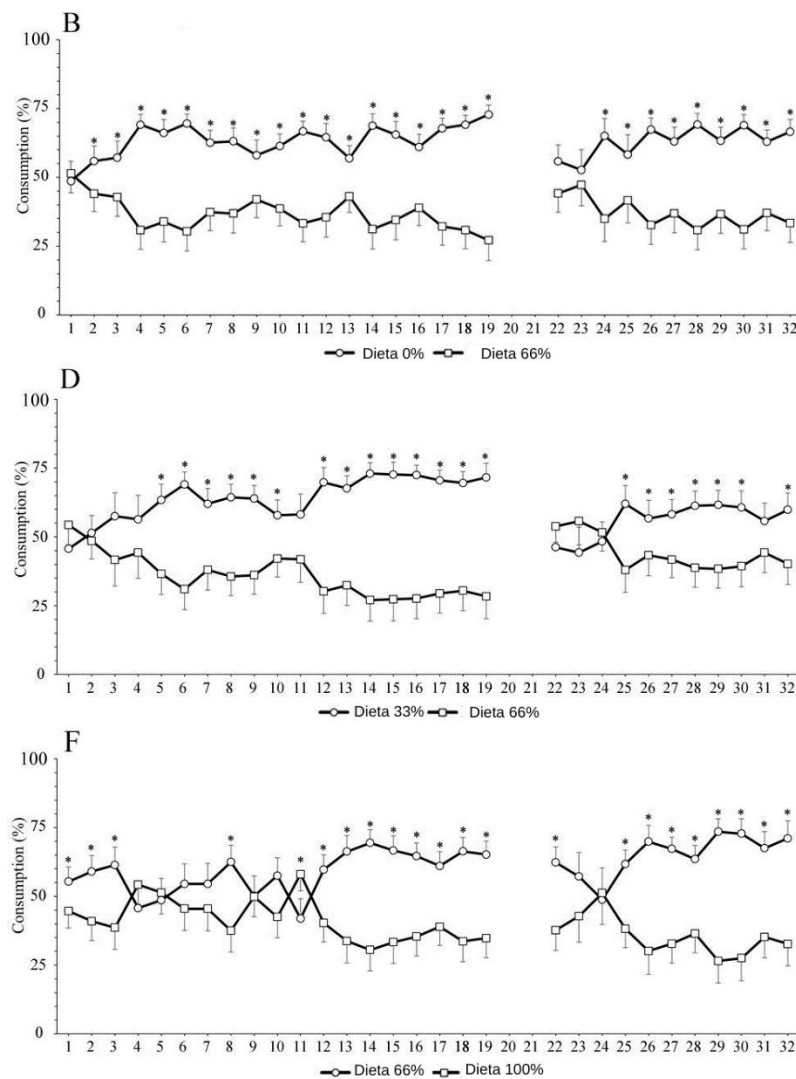


Figura 1 Seleção de dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de Black Soldier Fly, por juvenis de tilápia nilótica (*O. niloticus*), com diferenças significativas identificadas pelo teste T ($P < 0,05$).

Os peixes alimentados com a dieta sem inclusão de Black Soldier Fly, em comparação àqueles alimentados com dieta contendo 33% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da Black Soldier Fly (contraste 1) não demonstraram uma preferência alimentar clara. Entretanto, os animais dos contrastes 2, 3, 4, 5 e 6 (comparações entre 0% e 66%, 0% e 100%, 33% e 66%, 33% e 100% e 66% e 100%) demonstraram maior aceitação das dietas com menor nível de substituição ($P < 0,05$).

Em todos esses tratamentos, o padrão de preferência alimentar foi consistente após a alteração do local onde as dietas foram oferecidas.

Na figura 2A demonstra os resultados do consumo total das dietas durante todo o experimento. Na figura 2B apresentamos o consumo das dietas em relação ao peso vivo dos animais.

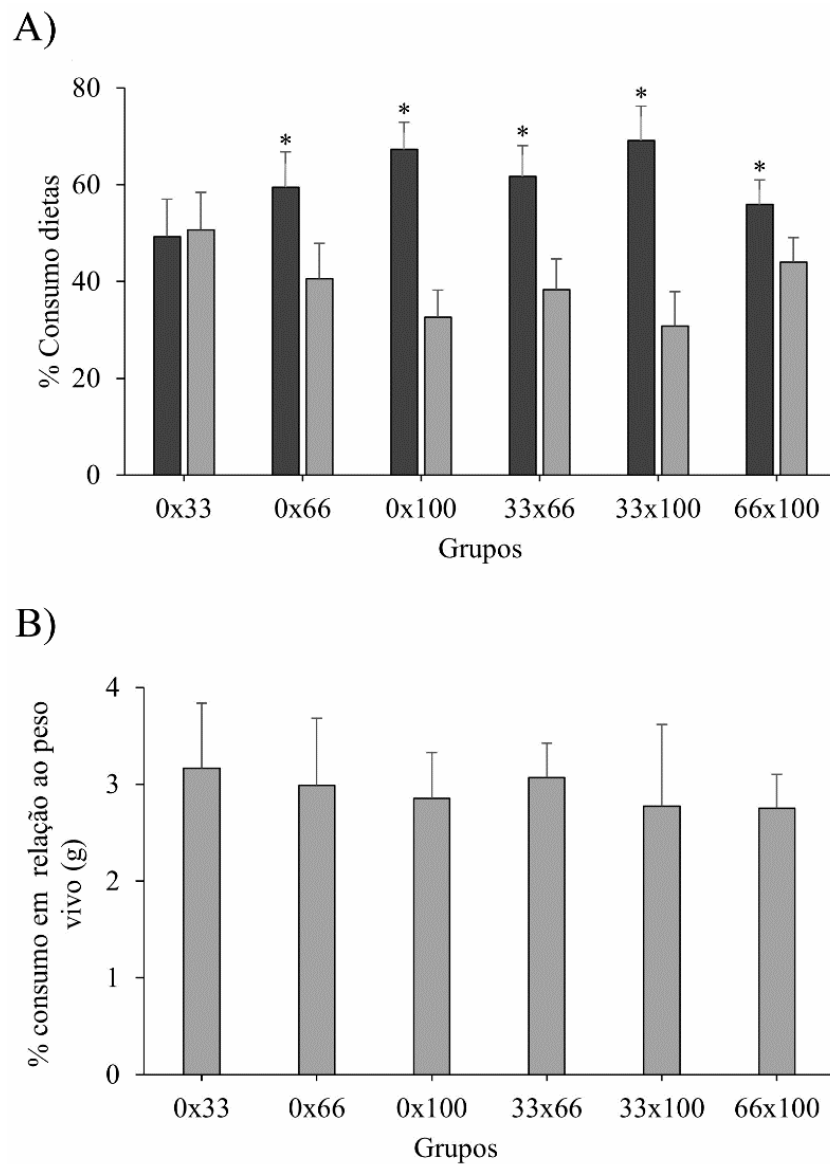


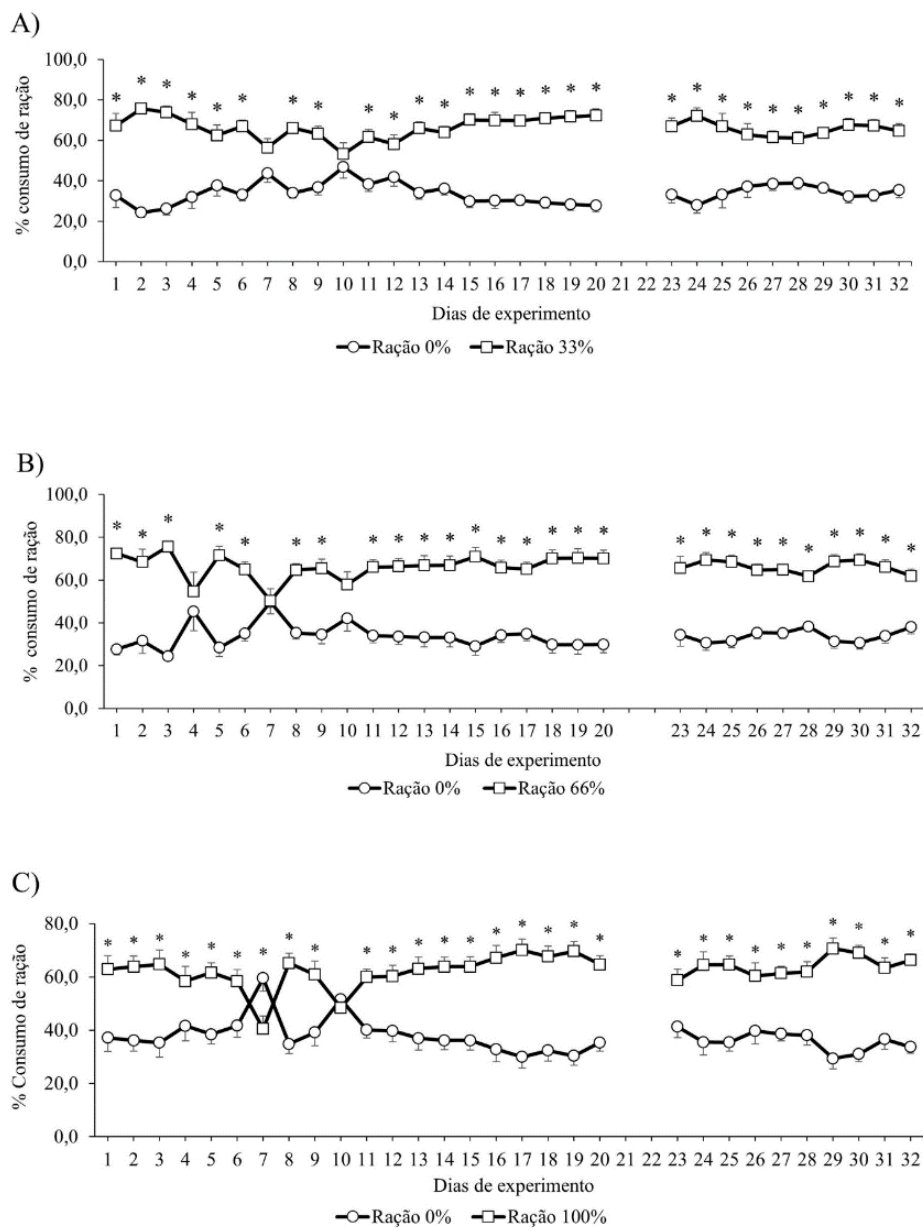
Figura 2 Consumo das dietas, nos diferentes contrastes, pelos juvenis de tilápia, ao longo do experimento com Black Soldier Fly. Fig. 2A – consumo total (em %) e Fig. 2B – % do consumo em relação ao peso vivo.

Ao examinarmos o consumo diário das diferentes rações pelos peixes notamos que o mesmo acompanha a seleção pelos animais, sendo que não houve diferença de consumo entre as dietas de zero e 33% de substituição ($P > 0,05$) e, em contrapartida, nos demais contrastes os animais consumiram a dieta contendo o menor nível de substituição na comparação ($P < 0,05$).

Não houve diferença significativa no consumo em relação ao peso vivo dos animais, entre os contrastes avaliados ($P>0,05$).

5.2 Experimento 2 – Dietas contendo mosca doméstica

A evolução da seleção diária da dieta pelos peixes, no experimento 2, está representada na Figura 3.



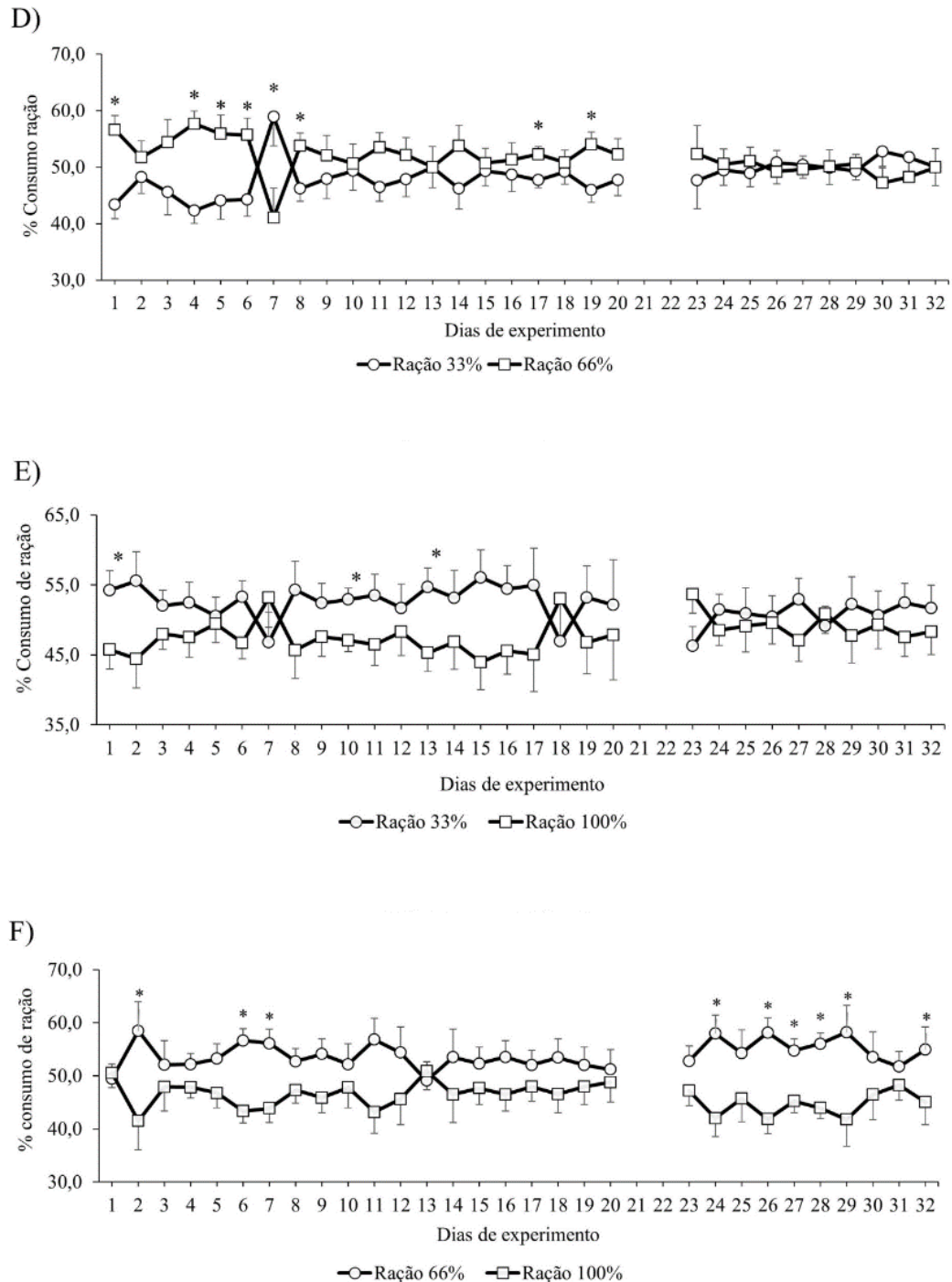


Figura 3 Seleção de dietas contendo diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica, por juvenis de tilápia nilótica (*O. niloticus*), com diferenças significativas identificadas pelo teste T ($P < 0,05$).

Os peixes alimentados com a dieta sem substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica, em comparação com as dietas contendo 33, 66 e 100% de substituição, mostraram uma preferência alimentar significativa por rações com maior inclusão de farinha de mosca doméstica. No entanto, quando se comparam as dietas com algum nível de substituição entre elas (33% x 66%, 33% x 100% e 66% x 100%), observa-se que os

juvenis de tilápia não demonstraram seleção dietética clara ($P>0,05$). Em todos esses tratamentos o padrão de preferência alimentar permaneceu consistente, mesmo após a alteração do local onde as dietas foram oferecidas no aquário.

Na figura 4A demonstra os resultados do consumo total das dietas durante todo o experimento. Na figura 4B apresentamos o consumo das dietas em relação ao peso vivo dos animais.

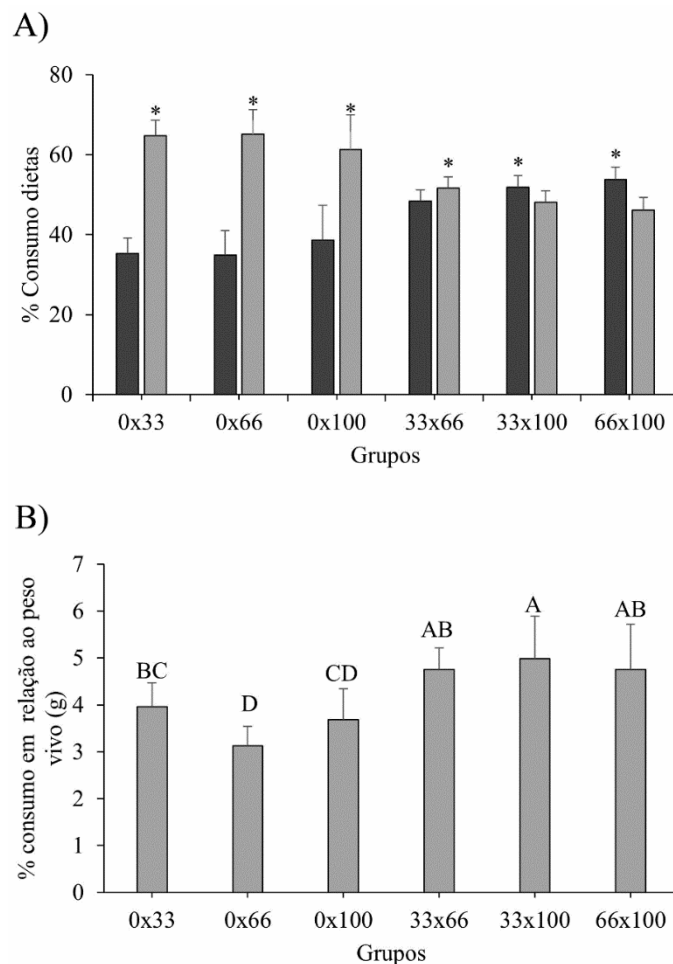


Figura 4 Consumo das dietas, nos diferentes contrastes, pelos juvenis de tilápia, ao longo do experimento com mosca doméstica. Fig. 4A – consumo total (em %) e Fig. 4B – % do consumo em relação ao peso vivo.

Observou-se, ao final do experimento, que os juvenis de tilápia tiveram um maior consumo de dietas com inclusão de mosca doméstica, em comparação à dieta sem substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica ($P<0,05$). Contudo,

ao se contrastar as dietas com 33% x 66% de substituição, bem como 66% x 100% de substituição, foi possível observar que o maior consumo pelos peixes foi da dieta contendo 66% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica, enquanto para o contraste entre 33% x 100% de substituição, houve um maior consumo da dieta com 33% dessa substituição ($P < 0,05$).

O consumo das dietas em relação ao peso vivo dos animais mostra que os grupos alimentados com dieta sem inclusão de mosca doméstica (contrastes 0% x 33%, 0% x 66% e 0% x 100%) apresentaram menor consumo por cada 100 g de peso, em relação aos demais grupos ($P < 0,05$).

6. DISCUSSÃO

As rações comerciais utilizadas na aquicultura geralmente dependem de uma combinação equilibrada de ingredientes que, em conjunto, garantem altos níveis de proteína, energia digestível e nutrientes essenciais. A farinha da black soldier fly, por sua vez, se destaca como um ingrediente alimentar sustentável, com alto teor proteico (Fisher et al., 2020). Sua utilização como uma fonte potencial de proteína em dietas formuladas para tilápia tem sido objeto de muitas investigações. Estudos têm se dedicado a explorar as propriedades nutricionais, os benefícios para o crescimento e a saúde dos peixes, bem como os aspectos econômicos e ambientais relacionados ao uso de black soldier fly na alimentação desses animais (Abdel-Tawwab et al., 2020; Dumas et al., 2018; Weththasinghe et al., 2021).

No experimento 1, quando abordamos o consumo das rações, os animais do contraste 0% x 33% não demonstraram diferença significativa, quando comparados aos demais animais, onde, nos outros contrastes a preferência foi pela dieta com menor nível de black soldier fly. Esse comportamento pode estar relacionado à baixa palatabilidade da black soldier fly, como observado para juvenis de *Psetta máxima* (Kroeckel et al., 2012). Estes autores observaram que ao substituir a farinha de peixe por diferentes proporções de farinha de black soldier fly (0%, 17%, 33%, 49%, 64% e 76% de substituição), houve diminuição da aceitabilidade e do consumo de alimento pelos animais, conforme aumento do nível de substituição (0%, 17,8%, 35,9%, 52,2%, 69,2% e 81,7% respectivamente). No entanto, os juvenis de *Psetta maxima* aceitaram dietas contendo até 33% de farinha de black soldier fly, sem comprometer significativamente a ingestão de ração.

O robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), alimentado com até 50% de black soldier fly numa ração contendo farinha de peixe, concentrado de proteína de soja, concentrado de proteína

de ervilha, glúten de milho e glúten de trigo, como fontes de proteína, não demonstrou diferença significativa no consumo, para nenhum contraste avaliado (Li et al., 2020).

Em um estudo com carpa Jian (*Cyprinus carpio* var. Jian), utilizando níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de black soldier fly desengordurada (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) não houve diferença de consumo pelos animais, até mesmo nos níveis mais altos de substituição, indicando, assim, que é possível substituir até 100% da farinha de peixe por farinha de black soldier fly desengordurada em dietas para esta espécie, sem afetar seu consumo (Li et al., 2017).

A preferência maior ou menor dos peixes por uma determinada dieta pode estar associada à presença de fatores antinutricionais e sua concentração na ração. Acredita-se que a black soldier fly possa ter em sua composição alguma substância que contribui negativamente para aceitabilidade e aproveitamento pelos peixes (Francis et al., 2001). Desta forma, é fundamental a realização de mais estudos para identificar os componentes da farinha de black soldier fly, bem como compreender seus efeitos no processo de ingestão, digestão e absorção pelos animais.

No presente estudo, não foi identificada uma preferência clara dos peixes alimentados com a dieta contendo 0%, em comparação com a dieta contendo 33% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de black soldier fly. É possível que a palatabilidade da dieta não tenha sido influenciada, quando essa substituição foi de até 33%.

As larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) se desenvolvem principalmente em ambientes tropicais e são convertidas em farinha devido à sua facilidade de produção e armazenamento (van Huis et al., 2013; Saleh, 2020). Essas larvas podem crescer em diversos substratos e transformar resíduos em biomassa rica em proteínas e gorduras, sendo um alimento seguro para peixes (Makkar et al., 2014; Mustapha e Kolawole, 2019). Embora possam ser oferecidas frescas, o produto seco é preferido em sistemas intensivos de produção animal, pela facilidade de armazenamento e transporte (van Huis et al., 2013).

No experimento 2 foi constatado que os animais apresentaram boa aceitação das dietas contendo farinha de mosca doméstica, com preferência por aquelas onde a farinha de inseto entrava em algum nível na formulação.

Um resultado semelhante ao deste estudo foi observado por De Wang et al. (2017), ao substituírem a proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica (0%, 11%, 22%, 33% e 43% de substituição) na dieta da tilápia nilótica, constatando que até 33% de substituição não houve efeito sobre a palatabilidade, e por consequência, o consumo da ração

não foi alterado, o que indica que esse nível pode ser uma opção viável na alimentação da tilápia.

Mastoraki et al. (2022), verificou que quando compararam a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de farinhas de mosca doméstica, tenébrio e black soldier fly. Dietas contendo 30% de substituição foram bem aceitas pela dourada (*Sparus aurata*), sem diferença de consumo, em comparação com a dieta controle (0% de substituição), corroborando, assim, a hipótese de aceitação desta farinha de inseto pelos animais.

Em um estudo realizado com a rã-touro (*Lithobates catesbeiana*), onde a farinha de peixe foi substituída por farinha de mosca doméstica, nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100%, não foi observada nenhuma alteração significativa na ingestão de ração, entre os diferentes tratamentos (Li et al., 2019). Acredita-se que esse resultado esteja relacionado ao uso de farinha de mosca doméstica desengordurada, que pode ter contribuído para a manutenção da palatabilidade e aceitação da dieta pelos animais, devido a disponibilidade de nutrientes e a palatabilidade (Fasakin et al., 2003).

A extensa variedade de insetos, de ecossistemas distintos, com regimes alimentares diversificados e em diferentes estágios de desenvolvimento (larval, pupal, ninfa ou adulto), acarreta uma variação relevante na composição corporal desses organismos (Sánchez-Muros et al., 2014.) No presente estudo foram utilizadas farinhas de inseto integrais (tanto de black soldier fly, como de mosca doméstica), com valores de extrato etéreo de 25,50% e 18,16%, respectivamente. Embora as dietas tenham sido isoenergéticas, as condições de criação desses insetos foram diferentes, o que pode levar a um perfil lipídico distinto. A black soldier fly é frequentemente cultivada em substratos de resíduos orgânicos e, portanto, sem padronização nutricional, enquanto a mosca doméstica é alimentada com cama de aves e ração, o que garante um padrão de nutrientes mais estável no cultivo do inseto. O perfil lipídico corporal dos organismos é reflexo de sua alimentação e pode interferir na palatabilidade do alimento que este lipídio compõe. Assim, a aceitabilidade das dietas pelos peixes também pode estar relacionada à composição lipídica das farinhas de inseto.

No presente estudo, ao analisarmos o consumo das diferentes dietas observamos que, nos contrastes entre dieta sem mosca doméstica (0%) e demais níveis de substituição (33%, 66% e 100%) os peixes consumiram mais as dietas com algum nível de substituição. Esse fato pode estar relacionado à presença de quitina em níveis elevados nas dietas contendo a farinha de inseto. A quitina é um polímero de cadeia longa, composto por N-acetil-D-glucosamina (b-(1-4)), encontrada no exoesqueleto e endo esqueleto dos insetos (Finke, 2007; Fisher et al., 2020). Parte da proteína presente na farinha de inseto está ligada à quitina, o que dificulta sua

digestão e absorção (Ng et al., 2001; Finke, 2007; Nogales-Mérida et al., 2019). Devido às suas propriedades estruturais, a quitina pode influenciar negativamente a digestibilidade dos nutrientes (Rathore e Gupta, 2015). No presente estudo, as dietas contendo entre 33% e 100% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de mosca doméstica apresentaram níveis de quitina de 0,51% a 1,53%. Nesses níveis, é provável que a quitina interfira negativamente na digestibilidade dos nutrientes da ração, sobretudo da proteína (Longvah et al, 2011). O baixo aproveitamento de nutrientes pelo animal pode determinar uma maior ingestão de alimento, no intuito de suprir possíveis déficits nutricionais.

Em um estudo com robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) foi observado que a quitina diminuiu a digestibilidade da proteína da ração, quando os animais foram alimentados com black soldier fly, em dietas contendo 7,06% de quitina (Mastoraki et al., 2022).

Marono et al. (2015) avaliando a digestibilidade *in vitro* da proteína do tenébrio e da black soldier fly, comprovaram que os valores de quitina encontrados nas farinhas desses insetos (4,80% e 6,73%, respectivamente) interferem de maneira significativa na digestibilidade da proteína, comprometendo o aproveitamento pelos peixes.

Alofa et al. (2020) alimentaram a tilápia nilótica alimentada com dietas contendo farinha de peixe, farinha de mosca doméstica seca e farinha de mosca doméstica fresca (40% de substituição da farinha de peixe pelas respectivas farinhas de mosca seca e fresca), e observaram uma preferência dos animais pelas dietas formuladas com farinha de peixe. As tilápias alimentadas com farinha de peixe apresentaram maior consumo de ração, enquanto aquelas alimentadas com larvas frescas mostraram o menor consumo dessas dietas. No entanto, o consumo de ração entre os peixes alimentados com dietas contendo larvas, secas ou frescas, não foi significativamente diferente. Segundo esses autores, o resultado pode estar associado às condições de processamento das larvas utilizadas.

7. CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos neste estudo, a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de black soldier fly, em dietas para juvenis de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) é recomendada até o limite de 33%. Esse valor considera possíveis fatores que podem afetar a aceitabilidade da ração pelo animal, comprometendo a ingestão e, conseqüentemente, reduzindo o crescimento dos peixes. Pesquisas adicionais são necessárias para identificar as substâncias presentes na farinha de black soldier fly e entender como alguns desses componentes podem influenciar os processos ingestivos e digestivos dos peixes.

No presente estudo, a farinha de mosca doméstica demonstrou ser significativamente mais palatável para os juvenis de tilápia do Nilo, permitindo a substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína desse ingrediente, na dieta, em até 66%.

8. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudo concedida à discente, bem como pela bolsa de pesquisa concedida à orientadora (Processo número 307952/2023-1) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais) pelo apoio financeiro ao projeto (APQ-01516-22).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas mais desenvolvidas sobre a composição da farinha de mosca do soldado negro são fundamentais para identificar e caracterizar possíveis fatores antinutricionais, além de avaliar como esses fatores podem afetar a aceitabilidade da ração pelos peixes. A presença de quitina, por exemplo, pode impactar níveis a digestibilidade dos nutrientes e, a longo prazo, comprometer o crescimento dos animais.

Adicionalmente, recomenda-se a utilização de farinhas de inseto desengorduradas, a fim de evitar que perfis de ácidos graxos distintos entre diferentes farinhas possam influenciar o consumo de alimento e o aproveitamento de nutrientes.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Tawwab, M., Khalil, R. H., Metwally, A. A., Shakweer, M. S., Khallaf, M. A., & Abdel-Latif, H. M. R. (2020). Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, organs-somatic indices, body composition, and hemato-biochemical variables of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 522, 735136. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735136>

Alofa, C. S., Adite, A., & Abou, Y. (2020). Evaluation of *Spirulina* (*Spirulina platensis*) wastes and live housefly (*Musca domestica*) larvae as dietary protein sources in diets of

Oreochromis niloticus (Linnaeus 1758) fingerlings. *Aquatic Research*, 24–35. <https://doi.org/10.3153/AR20003>

ANUÁRIO PEIXE BR DA PISCICULTURA 2023 ANUÁRIO 2023 Peixe BR da Piscicultura. (n.d.).

Asad, F., Ahmed, I., Saleem, M., Iqbal, T., 2010. Hormonal masculinization and growth performance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by androgen administration at different dietary protein levels. *Int. J. Agric. Biol.* 12, 939–943.

Azzaydi, M. et al. *Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding 20 and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (Dicentrarchus labrax L.). Aquaculture*, v. 163, n. 3–4, p. 285–296, 1998. Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>

Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422–423, 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>

Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M., & van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>

Benhaïm, D., Akian, D. D., Ramos, M., Ferrari, S., Yao, K., & Bégout, M. L. (2017). Self-feeding behaviour and personality traits in tilapia: A comparative study between *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron*. *Applied Animal Behaviour Science*, 187, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.12.004>

Cao, L., Naylor, R., Henriksson, P., Leadbitter, D., Metian, M., Troell, M., & Zhang, W. (2015). China's aquaculture and the world's wild fisheries. *Science*, 347(6218), 133–135. <https://doi.org/10.1126/science.1260149>

Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G. Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. Science Publishers, New Hampshire

Coward, k., Bromage, N.R., 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock.

Cutrignelli, M. I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivotto, I., Gasco, L., Loponte, R., & Bovera, F. (2018). Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in

laying hens. *Research in Veterinary Science*, 117, 209–215.
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.020>

da Silva, R. F., Kitagawa, A., & Sánchez Vázquez, F. J. (2016). Dietary self-selection in fish: a new approach to studying fish nutrition and feeding behavior. In *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (Vol. 26, Issue 1, pp. 39–51). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/s11160-015-9410-1>

da Silva Reis, Y., Leite, J. L. R., de Almeida, C. A. L., Pereira, D. S. P., Vidal, L. V. O., de Araujo, F. G., & Fortes-Silva, R. (2019). New insights into tambaqui (*Colossoma macropomum*) feeding behavior and digestive physiology by the self-feeding approach: effects on growth, dial patterns of food digestibility, amylase activity and gastrointestinal transit time. *Aquaculture*, 498, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.054>

Dalle Zotte, A., Singh, Y., Michiels, J., & Cullere, M. (2019). Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) as Dietary Source for Laying Quails: Live Performance, and Egg Physico-Chemical Quality, Sensory Profile and Storage Stability. *Animals*, 9(3), 115. <https://doi.org/10.3390/ani9030115>

de Mattos, B. O., Filho, E. C. T. N., Barreto, K. A., Braga, L. G. T., & Fortes-Silva, R. (2016). Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. *Aquaculture*, 457, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.026>

Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., & Weltzien, E. (2018). The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 492, 24–34. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2018.03.038>

FAO, Food and Aquaculture Organization of the United Nations, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. FAO, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Fasakin, E. A., Balogun, A. M., & Ajayi, O. O. (2003). Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 34(9), 733–738. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00876.x>

Finke, M. D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol.*, 105–115.

Fisher, H. J., Collins, S. A., Hanson, C., Mason, B., Colombo, S. M., & Anderson, D. M. (2020). Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, *521*, 734978. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.734978>

Fortes-Silva, R., Costa, L. S., Paulino, R. R., Rodrigues, E. J. D., Sanchez-Vazquez, F. J., & Rosa, P. V. (2017). Hybrid fish model (*Pseudoplatystoma reticulatum*♀ × *Leiarius marmoratus*♂) to study feeding behaviour: protein source self-selection and demand-feeding rhythms. *Aquaculture Research*, *48*(7), 3705–3718. <https://doi.org/10.1111/are.13196>

Francis, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, *199*(3–4), 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)

Ghosh, S., Lee, S.-M., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *20*(2), 686–694. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, *203*, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>

Howe, E. R., Simenstad, C. A., Toft, J. D., Cordell, J. R., & Bollens, S. M. (2014). Macroinvertebrate Prey Availability and Fish Diet Selectivity in Relation to Environmental Variables in Natural and Restoring North San Francisco Bay Tidal Marsh Channels. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, *12*(1). <https://doi.org/10.15447/sfews.2014v12iss1art5>

Huang, Y.-J., Zhang, N.-N., Fan, W.-J., Cui, Y.-Y., Limbu, S. M., Qiao, F., Zhao, Y.-L., Chen, L.-Q., Du, Z.-Y., & Li, D.-L. (2018). Soybean and cottonseed meals are good candidates for fishmeal replacement in the diet of juvenile *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture International*, *26*(1), 309–324. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0215-1>

Kitagawa, A. T., Costa, L. S., Paulino, R. R., Luz, R. K., Rosa, P. V., Guerra-Santos, B., & Fortes-Silva, R. (2015). Feeding behavior and the effect of photoperiod on the performance and hematological parameters of the pacamã catfish (*Lophiosilurus alexandri*). *Applied Animal Behaviour Science*, *171*, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.025>

Kroeckel, S., Harjes, A. G. E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute — Growth performance and chitin degradation in

juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364–365, 345–352. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2012.08.041>

Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., & Yu, H. (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477, 62–70. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2017.04.015>

Li, X., Rahimnejad, S., Wang, L., Lu, K., Song, K., & Zhang, C. (2019). Substituting fish meal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in diets for bullfrog *Rana* (*Lithobates*) *catesbeiana*: Effects on growth, digestive enzymes activity, antioxidant capacity and gut health. *Aquaculture*, 499, 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.053>

Li, Y., Kortner, T. M., Chikwati, E. M., Belghit, I., Lock, E. J., & Krogdahl, Å. (2020). Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 520, 734967. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.734967>

Longvah, T., Mangthya, K., Ramulu, P., 2011. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem.* 128:400- 403.

Luz, R. K., Boluda-Navarro, D., Sánchez-Vázquez, F. J., Fortes-Silva, R., Portella, M. C., Zamora Navarro, S., & Madrid, J. A. (2018). European seabass (*Dicentrarchus labrax*) ability to discriminate between diets made with different dietary fat sources. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 65–73. <https://doi.org/10.1111/anu.12534>

Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>

Marono, S., Piccolo, G., Loponte, R., Di Meo, C., Attia, Y. A., Nizza, A., & Bovera, F. (2015). *In Vitro* Crude Protein Digestibility of *Tenebrio Molitor* and *Hermetia Illucens* Insect Meals and its Correlation with Chemical Composition Traits. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 3889. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3889>

Mastoraki, M., Katsika, L., Enes, P., Guerreiro, I., Kotzamanis, Y. P., Gasco, L., Chatzifotis, S., & Antonopoulou, E. (2022). Insect meals in feeds for juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*): Effects on growth, blood chemistry, hepatic metabolic enzymes, body composition and nutrient utilization. *Aquaculture*, 561, 738674. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738674>

Mastoraki, M., Panteli, N., Kotzamanis, Y. P., Gasco, L., Antonopoulou, E., & Chatzifotis, S. (2022). Nutrient digestibility of diets containing five different insect meals in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Animal Feed Science and Technology*, 292, 115425. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2022.115425>

Mattos, B. O. de, Nascimento-Filho, E. C. T., Anjos-Santos, A. dos, Sánchez-Vázquez, F. J., & Fortes-Silva, R. (2016). Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*). *Aquaculture*, 465, 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.005>

Mustapha, A.K., Kolawole, A.A., 2019. Potentials of fresh housefly maggot in the diet of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *J. Appl. Sci. Environ. Manag.* 23, 681. <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i4.17>

Ng, W.-K., Liew, F.-L., Ang, L.-P., Wong, & K.-W., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquac. Res.* 32, 273-280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>

Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., & Józefiak, A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/raq.12281>

Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4357–4360. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>

Rathore, A. S., & Gupta, R. D. (2015). Chitinases from Bacteria to Human: Properties, Applications, and Future Perspectives. *Enzyme Research*, 2015, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2015/791907>

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2012.11.005>

Saleh, H. H. (2020). Effect of feeding on fresh (wet) housefly maggots (*Musca domestica*) with or without artificial diet on water quality and growth rates of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fry under laboratory conditions. *Zool. Res.* 2(2). <https://doi.org/10.30564/jzr.v2i2.2053>

Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F. G., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>

Santos, F. A. C., Fortes-Silva, R., Costa, L. S., Luz, R. K., Guilherme, H. O., Gamarano, P. G., Oliveira, C. G., Santos, W. M., & Ribeiro, P. A. P. (2019). Regulation of voluntary protein/energy intake based practical diet composition for the carnivorous neotropical catfish *Lophiosilurus alexandri*. *Aquaculture*, *510*, 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.038>

Sayed, A. E-D. H, Moneeb, R.H., 2015. Hematological and biochemical characters of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) cultivated using methyltestosterone. *J. Basic Appl. Zool.* *72*, 36–42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobaz.2015.03.002>

Simpson, S. J., & Raubenheimer, D. (2001). A framework for the study of macronutrient intake in fish. *Aquaculture Research*, *32*(6), 421–432. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00593.x>

Smets, R., Claes, J., & Van Der Borght, M. (2021). On the nitrogen content and a robust nitrogen-to-protein conversion factor of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *413*(25), 6365–6377. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03595-y>

Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(8), 2594–2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>

Tschirner, M., & Simon, A. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, *1*(4), 249–259. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008>

van Huis, A., 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* *58*, 563–583.

Vicente, I.S.T., Elias, F., Fonseca-Alves, C.E., 2014. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Rev. Ciênc. Agrár.* *37*, 392-398.

Vivas, M., Rubio, V. C., Sánchez-Vázquez, F. J., Mena, C., García García, B., & Madrid, J. A. (2006). Dietary self-selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) fed paired macronutrient feeds and challenged with protein dilution. *Aquaculture*, *251*(2–4), 430–437. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.013>

Volkoff, H., & Peter, R. E. (2006). Feeding Behavior of Fish and Its Control. *Zebrafish*, *3*(2), 131–140. <https://doi.org/10.1089/zeb.2006.3.131>

Wang, L., Li, J., Jin, J. N., Zhu, F., Roffeis, M., Zhang, X. Z., 2017. A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): *Aquac. Nutr.* 23. <https://doi.org/10.1111/anu.12466>

Weththasinghe, P., Hansen, J., Nøkland, D., Lagos, L., Rawski, M., & Øverland, M. (2021). Full-fat black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal and paste in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effect on physical pellet quality, nutrient digestibility, nutrient utilization and growth performances. *Aquaculture*, 530, 735785. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735785>

Whitley, S. N., & Bollens, S. M. (2014). Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition. *Environmental Biology of Fishes*, 97(6), 659–674. <https://doi.org/10.1007/s10641-013-0168-9>