

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
ESCOLA DE VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FARINHAS DE INSETO COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
JUVENIS DE TAMBQUI (*Colossoma macropomum*)

PEDRO GOMES GAMARANO

Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2022

Pedro Gomes Gamarano

**FARINHAS DE INSETO COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Trabalho apresentado 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
Escola de Veterinária – UFMG
2022

Gamarano, Pedro Gomes, 1994 -

G212f Farinhas de inseto como fonte proteica em dietas para Juvenis de Tambaqui (*Colossomamacropomum*) / Pedro Gomes Gamarano. – 2023.

62f: il

Orientadora: Paula Adriane Perez Ribeiro

Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da UFMG, com requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Inclui bibliografia f. 59 – 61.

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



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 cpzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE PEDRO GOMES GAMARANO

As 13:00 horas do dia 08 de abril de 2022, reuniu-se, remotamente, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada em reunião ordinária no dia 24/03/2022, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada: "**FARINHAS DE INSETO COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA JUVENIS DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**", como requisito final para a obtenção do Grau de **Mestre em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal – Aquicultura**.

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) Renan Rosa Paulino	X	
Prof.(a)/Dr.(a) Leandro Santos Costa	X	
Prof.(a)/Dr.(a) Paula Adriane Perez Ribeiro	X	

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, 08 de abril de 2022.

Assinatura dos membros da banca:

LEANDRO SANTOS COSTA

Renan Rosa Paulino

Paula Adriane Perez Ribeiro

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Dr^a. Paula Adriane Perez Ribeiro, pela paciência, ensinamentos e companhia todos esses anos.

Ao meu coorientador Dr. Leandro Santos da Costa, pelos ensinamentos em todo período de mestrado.

À equipe da nutrição, pela companhia e apoio na execução dos experimentos.

Ao amigo e companheiro de equipe Helder, por ter sido como um professor pra mim durante todos esses anos de laboratório, me ajudando e ensinando sempre.

Ao meu amigo F. Aremil e a Camila pela ajuda com o desenvolvimento desse projeto.

A todos os funcionários do Laqua, por terem sido sempre tão gentis e solícitos.

À minha mãe Maria Aparecida e ao meu pai Miguel, por me apoiarem nessa caminhada e em todas as outras e por todo o carinho de sempre.

Ao meu irmão Caio Gamarano, pela ajuda e companheirismo desde sempre.

A todos os meus familiares, pela importância durante a minha jornada acadêmica.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

Farinhas de inseto como fonte proteica em dietas para juvenis de tambaqui

(Colossoma macropomum)

O objetivo do presente estudo foi avaliar a substituição de farinha de peixe por farinhas de inseto como fonte proteica em dietas para juvenis de *Colossoma macropomum*. Para tal, realizou-se dois experimentos. No primeiro, foram avaliados os efeitos de diferentes níveis de substituição de farinha de peixe (FP) por farinha de larvas de mosca soldado-negro (FMSN) sobre o desempenho, bioquímica sanguínea e composição muscular de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram utilizados 75 juvenis de *C. macropomum*, pesando $68,19 \pm 0,49$ g, em média, mantidos em 15 tanques de 100 litros cada, em sistema de recirculação de água. Foram formuladas cinco dietas experimentais: dieta controle (sem substituição de FP por FMSN) e dietas com 12,5%, 25%, 37,5 e 50% de substituição de FP por FMSN. Cada tratamento possuía três repetições, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Após 60 dias de experimento, concluiu-se que o peso final e conversão alimentar aparente dos animais são influenciadas negativamente pela substituição crescente de FP por FMSN na dieta. Entretanto, variáveis como ganho de peso diário, consumo de ração, taxa de crescimento específico e índice viscerossomático não são influenciadas por essa substituição. O índice hepatossomático foi maior para peixes alimentados com 12,5% de substituição. A bioquímica sanguínea foi alterada em função dos níveis crescentes de substituição de FP por FMSN. No segundo estudo, foi avaliado o efeito da substituição de FP por uma mistura de farinhas de larvas de mosca soldado-negro e mosca doméstica (blend), sobre o desempenho, bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal de juvenis de *Colossoma macropomum*. Foram utilizados 72 juvenis de *C. macropomum*, pesando $35,27 \pm 0,44$ g, em média, distribuídos em 12 tanques (100 L cada), mantidos em recirculação de água. Foram formuladas quatro dietas experimentais: 0%, 33%, 66% e 100% de substituição da FP pela farinha de blend), em três repetições. Foram avaliados: desempenho, bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal dos animais. Ao final do experimento observou-se que não houve influência da inclusão do blend de farinhas de inseto sobre os parâmetros avaliados ($P > 0,05$). Desta forma, a substituição da farinha de peixe por um blend de farinhas de mosca soldado negro e mosca

doméstica é viável em dietas para juvenis de tambaqui, não interferindo no desenvolvimento dos animais, bem como na manutenção adequada de sua bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal.

Palavras- chave: fonte proteica, nutrição, farinha de black soldier fly, farinha de mosca doméstica, desempenho

ABSTRACT

Insect meal as a protein source in diets for juveniles of Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

The aim of the present study was to evaluate the replacement of fish meal by insect meal as a protein source in diets for *Colossoma macropomum* juveniles. To this end, 2 experiments were carried out. In the first one, the effects of different levels of fishmeal replacement by black soldier fly larvae (FMSN) on performance, blood biochemistry and muscular composition of juvenile tambaqui (*C. macropomum*) were evaluated. We used 75 juveniles of *C. macropomum*, weighing 68.19 ± 0.49 g at a density of five fish per tank, in 15 tanks of 100 liters each. Five experimental diets with partial replacement of fish meal by black soldier fly larvae (FMSN) were formulated: Control (No replacement of fish meal by FMSN), 12.5%, 25%, 37.5 and 50 %. Each treatment had three replications, distributed in a completely randomized design. After 60 days of experiment, it is concluded that the final weight and apparent feed conversion are negatively influenced with the increasing substitution of FM by FMSN in the diets. However, variables such as daily weight gain, feed consumption, specific growth rate and viscerosomatic index are not influenced by this substitution. The hepatosomatic index was higher for fish fed with 12.5% replacement. Blood biochemistry parameters were strongly affected by different levels of FM to FMSN substitution. In the second study, the effect of replacing fish meal with a mixture of black soldier fly larvae and housefly (blend) meal on performance, blood biochemistry, carcass composition and intestinal morphometry of *Colossoma macropomum* juveniles was evaluated. We used 72 juveniles of *C. macropomum* weighing 35.27 ± 0.44 g, distributed in 12 tanks (100 L each). Four experimental diets were formulated: 0%, 33%, 66% and 100% of fish meal replacement by the insect meal blend), in three replications. Were evaluated: performance, blood biochemistry, carcass composition and intestinal morphometry of the animals. At the end of the experiment, it was observed that there was no influence of the inclusion of the insect flour blend on the evaluated parameters ($P > 0.05$). In this way, the replacement of fish meal by a blend of black soldier fly and housefly meal is viable in diets for tambaqui juveniles, not interfering in the development of the animals, as well as in the adequate maintenance of their blood biochemistry, carcass composition. and intestinal morphometry.

Keywords: Protein source, nutrition, Black Soldier fly meal, house fly meal, perform

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1: (A) Peso final, (B) conversão alimentar, (C) Índice hepatossomático	34
Figura 2: Umidade	35
Figura 3: (A) Glicose, (B) creatinina, (C) colesterol, (D) triglicerídeos, (E) LDL, (F) AST, (G) ALT	37

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Dietas experimentais	31
---------------------------------------------	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1: Dietas experimentais	52
---------------------------------------------	----

Tabela 2: Desempenho	55
-----------------------------------	----

Tabela 3: Composição de carcaça	55
----------------------------------------------	----

Tabela 4: Parâmetros sanguíneos	56
----------------------------------------------	----

Tabela 5: Morfometria intestinal	57
-----------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO 1	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Potencial dos insetos na alimentação animal	15
2.2 Insetos de interesse na nutrição animal	15
2.3 Farinha de mosca soldado-negro em dietas para organismos aquáticos	17
2.4 Farinha de mosca doméstica em dietas para organismos aquáticos	18
2.5 Farinha de tenébrio em dietas para organismos aquáticos	18
2.6 Efeitos da quitina das farinhas de inseto para organismos aquáticos	20
2.7 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivos gerais	20
3.2 Objetivos específicos	20
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO 2	27
Artigo 1: Efeito da inclusão de farinha de larvas de mosca soldado-negro (<i>Hermetia illucens</i>) na dieta de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) sobre desempenho, composição muscular e bioquímica sanguínea	27
Resumo	28
1. Introdução	29
2. Material e métodos	31
2.1 <i>Instalações e delineamento experimental</i>	31
2.2 <i>Dietas experimentais</i>	32
2.3 <i>Manejo experimental</i>	32

2.4	<i>Desempenho zootécnico</i>	32
2.5	<i>Bioquímica sanguínea</i>	33
2.6	<i>Índices viscerossomático e hepatossomático</i>	33
2.7	<i>Composição muscular</i>	33
2.8	<i>Análise de dados</i>	33
3.	Resultados	33
3.1	<i>Desempenho e composição muscular</i>	33
3.2	<i>Bioquímica sanguínea</i>	35
4.	Discussão	38
5.	Conclusão	42
6.	Referências	42
	CAPÍTULO 3	48
	Artigo 2: Utilização de uma mistura de farinhas de inseto (<i>Hermetia illucens</i> e <i>Musca domestica</i>) em dietas para tambaquis (<i>Colossoma macropomum</i>): desempenho, composição de carcaça, bioquímica sanguínea e morfometria intestinal	48
	Resumo	49
1.	Introdução	50
2.	Material e métodos	51
2.1	Instalações e delineamento experimental	51
2.2	Dietas experimentais	51
2.3	Manejo experimental	53
2.4	Desempenho zootécnico	53
2.5	Bioquímica sanguínea	53
2.6	Índices viscerossomático e hepatossomático	53
2.7	Composição de carcaça	54
2.8	Morfometria intestinal	54
2.9	Análise de dados	54

3.	Resultados	54
3.1	Desempenho	54
3.2	Composição de carcaça	55
3.3	Bioquímica sanguínea	55
3.4	Histologia intestinal	56
4.	Discussão	57
5.	Conclusão	59
6.	Referências bibliográficas	59
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

1. INTRODUÇÃO GERAL

O constante declínio na captura de peixes selvagens (FAO, 2014) e a crescente demanda por alimentos advindo da aquicultura têm resultado em uma rápida diminuição na disponibilidade da farinha (FP) e óleo (OP) de peixe e consequente aumento do seu preço (FAO, 2014). Além disso, a população global está crescendo e, com o objetivo de ao menos se manter o atual consumo per capita, será necessária uma produção adicional de 23 milhões de toneladas de pescados em 2030, dos quais grande parte deverá vir da aquicultura (FAO, 2014). Assim, o uso desses commodities na aquicultura tem diminuído (Karapanagiotidis, 2014).

O desenvolvimento e uso de alternativas à FP e ao OP na alimentação de organismos aquáticos é de grande importância (Glencross et al., 2007), a fim de permitir que a produção aquícola se mantenha econômica e ambientalmente sustentável, a longo prazo (Barroso et al., 2014). Esse fato é preocupante e tem gerado diversas linhas de pesquisa relacionadas ao tema, por todo o mundo.

As fontes proteicas de origem vegetal, ricas em proteínas e lipídios, têm sido introduzidas nas dietas para organismos aquáticos a fim de substituir ingredientes (Hardy, 2002; Espe et al., 2006; Gatlin et al., 2007). Dessas fontes vegetais, a soja é a melhor fonte proteica disponível em termos de conteúdo proteico e perfil de aminoácidos essenciais. No entanto, ela é potencialmente limitante em aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), além de conter alguns fatores antinutricionais, tais como inibidores de tripsina, hemaglutinina e antivitaminas (Tacon, 1993).

Atualmente, os insetos estão sendo considerados uma nova fonte proteica para a alimentação animal (Premalatha et al., 2011). Fazem parte naturalmente da dieta dos peixes, tanto marinhos quanto de água doce (Whitley and Bollens, 2014) e, em geral, os insetos são excelentes fontes de proteína, energia, gordura, vitaminas e minerais (Rumpold, 2013). Portanto, são considerados uma alternativa potencial ao farelo de soja (FS), FP e OP. Além disso, crescem e se reproduzem facilmente, têm alta taxa de eficiência alimentar e podem ser criados em bioresíduos. A produção de 1 Kg de biomassa de insetos pode ser obtida, por exemplo, a partir de aproximadamente 2 kg de biomassa alimentar (Collavo et al., 2005).

CAPÍTULO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Potencial dos insetos na alimentação animal

Nos últimos anos, o interesse em estudar farinha de inseto na alimentação animal, como uma alternativa alimentar viável, aumentou significativamente (Llagostera et al., 2019). Os insetos foram destacados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura como um ingrediente alimentar sustentável, de alto valor proteico (FAO, 2020). A produção de insetos apresenta baixo impacto ambiental, uma vez que requer baixo uso de água, energia e espaço, além do aproveitamento de resíduos orgânicos (Oonincx & de Boer, 2012). Muitos insetos se alimentam naturalmente de resíduos orgânicos, convertendo os nutrientes da biomassa em sua própria biomassa e reduzindo a quantidade de resíduos no ambiente (Caligiani et al., 2018).

A farinha de inseto apresenta alto valor nutricional, com níveis satisfatórios de aminoácidos essenciais, incluindo lisina, triptofano e treonina, frequentemente deficientes em cereais (Kouřimská e Adámková, 2016). O valor nutricional das farinhas de inseto pode variar de acordo com a espécie, clima e estação do ano, estágio de vida, dieta, condições de criação e processamento. Para garantir a produção de farinha com uma consistência de qualidade a indústria deve seguir um protocolo de criação estabelecido para manter os teores nutricionais constantes, nos diferentes lotes de produção (Ghosh et al., 2017).

Os valores de proteína bruta (PB) podem variar de 40% a 60% em diferentes espécies de insetos, mas tendo baixa variação dentro da mesma espécie, mesmo quando produzida em diferentes substratos, sendo que o perfil de aminoácidos essenciais mais próximo da farinha de peixe é o dos dípteros (mosca-doméstica, mosca soldado-negro, dentre outras). Já o teor de ácidos graxos apresenta uma variação média de 15% a 30%, geralmente as larvas de coleópteros (tenébrios) apresentam valores mais elevados de gordura (30%). Diferente do teor de PB, a variação no teor lipídico dentro de uma mesma espécie pode ser grande, oscilando de acordo com o substrato utilizado na produção e com a fase de vida do inseto (Barroso et al., 2014).

2.2 Insetos de interesse na nutrição animal

Existem diversas espécies de insetos que podem ser utilizadas na alimentação humana e animal (Sánchez-Muros et al., 2014), mas de acordo com Veldkamp et al. (2012), existem três principais grupos utilizados em pesquisa, sendo estes representados pela mosca soldado-negro, mosca doméstica e tenébrios, no que diz respeito à distribuição, criação, impacto ambiental, atributos nutricionais e seu uso como componente na dieta de ruminantes, suínos, aves e organismos aquáticos.

A mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) foi identificada como uma candidata adequada à produção em massa sustentável, em função de sua natureza onívora e capacidade de assimilar nutrientes de uma variedade de resíduos orgânicos, transformando-os em nutrientes de alta qualidade para alimentação animal (39 a 43% de proteína bruta e 21 a 38% de lipídios) (Makkar et al., 2014; Henry et al., 2015). As larvas podem se alimentar rapidamente, de 25 a 500 mg de matéria fresca / larva / dia, e em uma ampla gama de materiais orgânicos em decomposição, como frutas e vegetais apodrecidos, polpa de grãos de café, grãos de destilaria e especialmente em esterco animal e excreta humana (van Huis et al., 2013).

A mosca doméstica (*Musca domestica*) é a espécie mais comum de mosca (Diptera), sendo considerada uma praga em todo mundo e um importante vetor de doenças, apresentando ciclo de vida rápido e excelente capacidade de bioconversão. A *M. domestica* possui níveis proteicos de 40 a 60% e entre 9 e 26% de lipídios em sua composição corporal, sendo que essa variação está relacionada à forma de processamento e ao estágio de vida do inseto (em geral, as pupas contêm maior nível de proteína bruta e níveis inferiores de lipídio, em relação às larvas) (Makkar et al., 2014; Ghosh et al., 2017). A secagem do inseto ao sol pode, em alguns casos, resultar em níveis menores de proteína e mais elevados de lipídios, em comparação à secagem em forno (Aniebo e Owen, 2010).

Juntamente com a mosca soldado-negro e a mosca doméstica, as larvas de *Tenebrio molitor* são candidatas promissoras para substituir a farinha de peixe na alimentação animal (Henry et al., 2015). Apresentam alto nível proteico (47 a 60%) e lipídico (31 a 43%) (Makkar et al., 2014; Ghosh et al., 2017; Su et al., 2017). O *T. molitor* é uma praga de grãos, farinha e estoques de alimentos, e suas larvas são onívoras, ingerindo material vegetal diverso, bem como produtos de origem animal, como carne e penas (Ramos-Elorduy et al., 2002). O *T. molitor* tem capacidade de reciclar resíduos de

plantas de baixa qualidade em ingredientes para rações de alta qualidade, ricas em energia, proteína e gordura, num tempo relativamente curto (Makkar et al., 2014).

2.3 Farinha de mosca soldado-negro em dietas para organismos aquáticos

Em estudo com tilápias (*Oreochromis niloticus*), foram ofertadas diferentes dietas substituindo gradualmente a farinha de peixe (FP), que representava 10% na dieta controle, por até 10% de farinha de mosca soldado-negro (FMSN). Os índices de eficiência de crescimento e utilização de ração, consumo de ração, taxas de sobrevivência e parâmetros hematológicos não foram significativamente diferentes entre peixes alimentados com FP e FMSN, enquanto a resposta imune da mucosa foi melhorada em peixes alimentados com FMSN (Tippayadara et al., 2021). Muin et al. (2016) encontraram os melhores resultados de desempenho para tilápias alimentadas com dietas onde a substituição de FP por FMSN foi de 50%, sendo que a FP representava 30% da composição da dieta. Avaliando a substituição da soja ao invés da FP, Dietz e Liebert (2018) relataram que a inclusão de 50% de FMSN, como substituto do concentrado proteico de soja, que representava 37,5% na dieta controle, não comprometeu o crescimento, desempenho e conversão alimentar dos animais.

Belghit et al. (2019) observaram que uma substituição total de FP (10% da dieta) por FMSN, em dietas para salmão do Atlântico (*Salmo salar*), proporcionou efeito negativo no desempenho, utilização da ração pelos animais, digestibilidade de nutrientes, características hepáticas e na qualidade sensorial do filé. Magalhães et al. (2017) relataram que, para robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), a substituição de até 45% de FP por FMSN, onde a dieta controle apresentava 32,4% de FP, não afetou o desempenho nem o consumo das dietas, indicando que, até este nível de inclusão a dieta é palatável para o robalo europeu. O bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) não apresentou mudanças no desempenho com a substituição de até 48% da FP por FMSN, numa dieta onde a FP representava 40% da dieta controle, mas observou resultados de desempenho superiores aos demais níveis de substituição e ao tratamento controle na dieta, substituindo 25% de FP (Xiao et al., 2018).

Richardson et al. (2021) testaram três níveis de inclusão de FMSN (4,5, 7,5 e 10,5%) em dietas para camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei*), observando que, todas as dietas com FMSN proporcionaram melhor ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico, em comparação ao controle, sendo 4,5% de

inclusão melhor para taxa de crescimento específico e 7,5% para conversão alimentar. Terrey et al. (2021) avaliaram a palatabilidade das dietas elaboradas com hidrolisado proteico de mosca soldado-negro e farinhas de lula e krill para *L. vannamei*, obtendo resultados de maior palatabilidade para o maior nível de inclusão do hidrolisado proteico de mosca soldado-negro, contendo 2% de inclusão.

2.4 Farinha de mosca doméstica em dietas para organismos aquáticos

Wang et al. (2017) constataram que a farinha de mosca doméstica (FMD) é palatável e digerível para a *O. niloticus*, e sua inclusão na dieta não afeta o consumo. (dieta controle apresentava 36% FP). A substituição de até 75% de FP por FMD, numa dieta onde a FP representa 36% da composição total, não teve impacto sobre o desempenho dos animais. Entretanto, a substituição total da FP por FMD, nessa situação, determinou uma piora significativa na taxa de sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar dos animais. Foi visto, ainda, por esses autores, que a substituição de 50% ou mais de FP por FMD suprimiu a imunidade inata das tilápias.

Para barramundi (*Lates calcarifer*), Lin e Mui (2017) utilizaram dietas com 10, 15, 20 e 30% de inclusão de FMD em substituição à FP, constatando que a inclusão de 30% de FMD na dieta não gerou efeitos negativos no crescimento e utilização de ração pelos animais.

Li et al. (2019), alimentando rã-touro americana (*Lithobates catesbeiana*) com uma dieta base contendo 20% de FP, ao realizarem substituição total da FP por FMD, relataram que embora viável em termos de desempenho, foram observados efeitos adversos na digestibilidade e saúde intestinal dos animais, quando este ingrediente é utilizado em níveis mais elevados.

2.5 Farinha de tenébrio em dietas para organismos aquáticos

Iaconisi et al. (2017) determinaram que a substituição de até 50% da FP por farinha de tenébrio (FT), numa dieta onde a FP representa 61% da composição final, não gerou efeitos prejudiciais sobre o desempenho da dourada (*Pagellus bogaraveo*); no entanto, a inclusão gradual determinou prejuízos no valor nutricional da fração lipídica dos filés dos animais alimentados com essas dietas.

Para *P. fulvidraco*, Su et al. (2017) concluíram que a FT pode substituir pelo menos 75% da FP, em dieta controle com 24% de FP, sem qualquer redução significativa no crescimento, além de proporcionar melhoria na resposta imune dos animais. Trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas com diferentes níveis de inclusão de FT (25 e 50% com base no peso da ração), não apresentaram diferenças em relação ao ganho de peso, mesmo com níveis decrescentes de ingestão voluntária de alimento, em relação à dieta controle (0% FT). Características produtivas não foram afetadas negativamente pela inclusão de FT na dieta, mas esta parece ser capaz de reduzir a ingestão voluntária dos animais, possivelmente, devido à elevada quantidade de gordura e ao perfil de ácidos graxos que fazem parte da sua composição (Belforti et al., 2016).

Choi et al. (2018) concluíram que a FT pode ser uma excelente fonte de proteína para *L. vannamei*, uma vez que a substituição de 50% de FP por FT, em uma dieta controle com 25% de FP, melhorou o desempenho, a resistência a patógenos e a resposta imune, além de não apresentar nenhuma toxicidade para os camarões.

2.6 Efeitos da quitina das farinhas de inseto para organismos aquáticos

Kroeckel et al. (2012) em trabalho com juvenis de linguado (*Psetta maxima*) relataram que o consumo de ração e o desempenho dos animais foi afetado pela inclusão de FMSN, diminuindo devido à baixa palatabilidade. As atividades da quitinase ou de bactérias quitinolíticas não foram detectadas no intestino médio de *P. maxima*. A presença de quitina pode ter influenciado o consumo de ração, a disponibilidade e a digestibilidade dos nutrientes e, portanto, o desempenho dos animais. Sánchez-Muros et al. (2016) também encontraram queda no desempenho de *O. niloticus*, conforme o aumento da inclusão de FT nas dietas, provavelmente devido ao efeito antinutricional da quitina.

No entanto, foi relatado que o bijupirá (*Rachycentron canadum*) apresenta uma boa digestão, mesmo com níveis elevados de quitina, revelando alta atividade quitinolítica endógena no estômago desta espécie (Fines e Holt, 2010). Outros estudos realizados com enguia (*Anguilla japonica*), dourada (*Pagrus major*) e peixe-rei (*Seriola quinqueradiata*) não encontraram nenhum impacto negativo quando as dietas foram suplementadas com até 20% de quitina (Kono et al., 1987).

2.7 Tambaqui

O tambaqui, *Colossoma macropomum*, é uma espécie importante na região amazônica (Nascimento et al., 2020). Trata-se de um peixe migratório das bacias do Amazonas e Orinoco (Júnior et al. 1998; Val e Oliveira 2021), sendo considerado o segundo maior peixe de escamas da América do Sul, podendo medir até 90 cm de comprimento e pesar até 30 kg (Gomes, Simões, & Araújo-Lima, 2010). Apresenta bom desempenho, com elevadas taxas de crescimento e fácil adaptação a sistemas de produção intensivos (Guimarães e Martins, 2015), com boa aceitação de dietas comerciais (Wood et al., 2017). O tambaqui é a segunda espécie de peixe mais produzida no Brasil (Wojnárovich & Van Anrooy, 2019) e sua produção é estendida a outros países da América do Sul e Central (FAO, 2020). Essa espécie demonstra bons índices de desempenho em cativeiro (Baldisserotto e Gomes 2013; Araújo et al. 2018), além de apresentar alta plasticidade alimentar (Guilherme et al., 2021).

Apesar de sua vasta produção, aspectos sobre a utilização de fontes alternativas de proteína, como por exemplo, farinhas de inseto em substituição à farinha de peixe na dieta, são escassos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a substituição da farinha de peixe por farinha de insetos em dietas para juvenis de tambaqui (*C. macropomum*)

3.2. Objetivos específicos

Avaliar o efeito da substituição de farinha de peixe por farinha de mosca soldado negro em dietas para juvenis de *C. macropomum*, sobre desempenho, composição de filé e bioquímica sanguínea dos animais.

Avaliar o efeito da substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de uma mistura de farinhas de inseto (farinha de mosca soldado negro e farinha de mosca doméstica) em dietas para juvenis de *C. macropomum*, sobre o desempenho, composição de carcaça, morfometria intestinal e bioquímica sanguínea dos animais.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIEBO, A. O.; OWEN, O. J. Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) Meal (HFLM). **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 485–487, 2010.

ARAÚJO-DAIRIKI, T. B.; CHAVES, F. C. M.; DAIRIKI, J. K. Seeds of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, euphorbiaceae) as a feed ingredient for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon amazonicus* (characidae) [Sementes de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, Euphorbiaceae) em rações para juvenis. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 1, p. 32–37, 2018.

BALDISSEROTTO B, GOMES L C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil, 2nd ed. Santa Maria, UFSM, 2013

BARROSO, F. G. et al. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v. 422–423, p. 193–201, 2014.

BELFORTI, M. et al. *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. **Italian Journal of Animal Science**, v. 14, n. 4, p. 670–676, 2015.

BELGHIT, I. et al. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 503, n. October 2018, p. 609–619, 2019.

CALIGIANI, A. et al. Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin. **Food Research International**, v. 105, n. November 2017, p. 812–820, 2018.

CHOI, I. H. et al. Replacing fish meal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 40, p. 1–9, 2018.

COLLAVO, A., GLEW, R.H., HUANG, Y.S., CHUANG, L.T., BOSSE, R., PAOLETTI, M.G. House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.), **Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails**. Science Publishers, New Hampshire, pp. 519–544, 2005

DEPARTMENT, F. F. AND A. **World Fisheries and Aquaculture 2006**. [s.l: s.n.].

DEVIC, E. et al. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 416–423, 2018.

DIETZ, C.; LIEBERT, F. Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)? **Aquaculture Reports**, v. 12, n. May, p. 43–48, 2018.

DO NASCIMENTO, T. M. T. et al. Apparent digestibility coefficients for amino acids of feed ingredients in Tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

ESPE, M., LEMME, A., PETRI, A., EL-MOWAFI, A. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fishmeal? **Aquaculture**, 255, 255–262, 2006

FAO., 2014. In: Graziano da Silva, J (Ed.). *The state of World Fisheries and Aquaculture, Opportunities and Challenges*. FAO, Rome, p.3.

FERRER LLAGOSTERA, P. et al. The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 10–21, 2019.

Field guide to the culture of tambaqui. p. 2019, 1816.

FINES, B. C.; HOLT, G. J. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 303, n. 1–4, p. 34–39, 2010.

GATLIN, D.M., FT, B., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T.G., HARDY, R.W., HERMAN, E., HU, G.S., KROGDAHL, A., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALEY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R., WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquac. Res.** 38, 551–579, 2007

GHOSH, S. et al. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 2, p. 686–694, 2017.

GLENCROSS, B. D. A feed is still only as good as its ingredients: An update on the nutritional research strategies for the optimal evaluation of ingredients for aquaculture feeds. **Aquaculture Nutrition**, v. 26, n. 6, p. 1871–1883, 2020.

GUILHERME, H. O. et al. Feeding, growth, and blood chemistry of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) held under self-feeding and time-restricted automatic feeding conditions. **Aquaculture International**, v. 30, n. 1, p. 323–339, 2022.

GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): A mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, p. 57–66, 2015.

HARDY, R.W. Rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D., Lim, C.E. (Eds.), *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. **Harworth Press, Binghampton, New York, USA**, pp. 184–202, 2002

HENRY, M. et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, n. 1, p. 1–22, 2015.

HERNA, A. R. et al. Ramos-Elorduy, J. et al., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, n. 95(1), p. 214–220, 2002.

IACONISI, V. et al. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). **Aquaculture**, v. 476, n. April, p. 49–58, 2017.

JÚNIOR MVV, DONZELE JL, DA SILVA CAMARGO AC, DE ANDRADE DR, DOS SANTOS LC. Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase de 30 a 250 gramas. 1 Desempenho Dos Tambaquis. *Rev Bras Zootec* 27:421–426, 1998

KARAPANAGIOTIDIS, I.T. The Re-Authorization of Non-Ruminant Processed Animal Proteins in European Aqua feeds. *Aqua feeds. Fish Aquac. J.* 5, 4.

KONO, M.; SHIMIZU, C.; MATSUI, T. Effect of Chitin, Chitosan, and Cellulose as Diet Supplements on the Growth of Cultured Fish. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 53, n. 1, p.

125–129, 1987.

KOUŘIMSKÁ, L.; ADÁMKOVÁ, A. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal**, v. 4, p. 22–26, 2016.

KROECKEL, S. et al. 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**, v. 364–365, p. 345–352, 2012.

LI, X. et al. 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**, v. 499, n. 43, p. 295–305, 2019.

LIN, Y. H.; MUI, J. J. Evaluation of dietary inclusion of housefly maggot (*Musca domestica*) meal on growth, fillet composition and physiological responses for barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 5, p. 2478–2485, 2017.

MAGALHÃES, R. et al. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 476, n. March, p. 79–85, 2017.

MAKKAR, H. P. S. et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, 2014.

OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - A Life Cycle Assessment. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. 1–5, 2012.

PREMALATHA, M., ABBASI, T., ABBASI, T., ABBASI, S.A. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. **Renew. Sustain. Energy Rev.** 15, 4357e4360, 2011

RICHARDSON, A. et al. Effect of a black soldier fly ingredient on the growth performance and disease resistance of juvenile pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Animals**, v. 11, n. 5, 2021.

RUMPOLD, B.A., SCHLUTER, O.K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innov. Food Sci. Emerg. Technol.** 17, 1–11, 2013

SÁNCHEZ-MUROS, M. J. et al. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 5, p. 943–955, 2016.

SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16–27, 2014.

SU, J. et al. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal on the growth performance, immune response and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 69, p. 59–66, 2017.

TACON, A.G.J. Feed Ingredients for Warmwater Fish: Fish Meal and Other Processed Feedstuffs. **FAO Fisheries Circular** No. 856 856, 1993

TERREY, D. et al. Palatability enhancement potential of *hermetia illucens* larvae protein hydrolysate in *litopenaeus vannamei* diets. **Molecules**, v. 26, n. 6, p. 1–11, 2021.

TIPPAYADARA, N. et al. Replacement of fish meal by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal: Effects on growth, haematology, and skin mucus immunity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Animals**, v. 11, n. 1, p. 1–19, 2021.

VAL, A. L.; DE OLIVEIRA, A. M. *Colossoma macropomum*—A tropical fish model for biology and aquaculture. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology**, n. February, p. 1–10, 2021.

VELDKAMP, T. et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. **Wageningen UR Livestock Research**, v. (report 63, n. October, p. 62, 2012.

VIDAL, M. V. et al. Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase de 30 a 250 gramas. 1. Desempenho dos tambaquis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 421–426, 1998.

WANG, L. et al. A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 983–993, 2017.

WHITLEY, S. N.; BOLLENS, S. M. Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: Diets and potential for resource competition. **Environmental Biology of Fishes**, v. 97, n. 6, p. 659–674, 2014.

WOOD, C. M. et al. Nitrogen metabolism in tambaqui (*Colossoma macropomum*), a neotropical model teleost: hypoxia, temperature, exercise, feeding, fasting, and high environmental ammonia. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 187, n. 1, p. 135–151, 2017.

XIAO, X. et al. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 4, p. 1569–1577, 2018.

CAPÍTULO 2

Artigo 1

Efeito da inclusão de farinha de larvas de mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) na dieta de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) sobre desempenho, composição muscular e bioquímica sanguínea

Pedro Gomes Gamarano^{a*}, Helder de Oliveira Guilherme^a, Leandro Santos Costa^b, Camila Gomes de Oliveira^a, Veronica Guimarães Landa Prado^a, Debora de Almeida Freitas^a, Paula Adriane Perez Ribeiro^a

^aLaboratório de Aquacultura, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, Av, Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

^bDepartamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Av. Peter Henry Rolfs, s/n -, 36570-900 Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

*Autor para correspondência:

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia

Laboratório de Aquacultura

Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

Telefone: + 55 31 98238-7440

e-mail: pedrogomes130@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes níveis de substituição de farinha de peixe (FP) por farinha de larvas de mosca soldado-negro (FMSN) em relação ao desempenho, bioquímica sanguínea e composição muscular de juvenis de *Colossoma macropomum*. Foram utilizados 75 juvenis de *C. macropomum*, com peso inicial de $68,19 \pm 0,49$ g, distribuídos em sistema de recirculação de água, composto de depósito de água com filtro mecânico, biológico e controle de temperatura. Os juvenis foram estocados numa densidade de cinco peixes por tanque, em 15 tanques de 100 litros cada. Foram formuladas cinco dietas experimentais, com substituição parcial de FP por FMSN: dieta controle (sem substituição de FP por FMSN) e dietas com 12,5%, 25%, 37,5 e 50% de substituição de FP por FMSN. Cada tratamento possuía três repetições, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado. Após 60 dias de experimento, conclui-se que o peso final e a conversão alimentar aparente dos animais são influenciados negativamente pela substituição crescente de FP por FMSN na dieta. Entretanto, variáveis como ganho de peso diário, consumo de ração, taxa de crescimento específico e índice viscerossomático não são influenciadas por essa substituição. O índice hepatossomático foi maior para animais alimentados com 12,5% de substituição na dieta. A bioquímica sanguínea também é alterada em função dos níveis crescentes de substituição de FP por FMSN da dieta dos tambaquis.

1. Introdução

A produção mundial aquícola cresceu nos últimos anos e, atualmente, contribui com mais da metade (cerca de 53%) do total de peixes para alimentos consumidos pela população mundial (FAO, 2020). Este crescimento foi facilitado pela expansão de sistemas de piscicultura intensiva, baseado na utilização de rações balanceadas (Fawole et al., 2020). A crescente escassez de recursos para a produção de rações destaca a insustentabilidade das fontes convencionais de matérias-primas para a produção de dietas (Abro et al., 2020). Um dos principais componentes das dietas para peixes é a farinha de peixe (FP) (NRC, 2011). Esse ingrediente tem grande importância, devido a sua composição equilibrada de nutrientes e sua palatabilidade. No entanto, a FP está se tornando cada vez mais limitada, em função da estagnação de sua produção, constante variação de preço e aumento da demanda pelas indústrias de ração, o que têm gerado uma diminuição do seu uso na aquacultura (Cao et al., 2015; FAO, 2018; Huang et al., 2018; FAO, 2020). Um dos desafios enfrentados pela indústria de rações para aquacultura é a substituição da farinha de peixe (FP) por fontes alternativas de proteína, em razão da preocupação com sustentabilidade ambiental (Hua, 2021).

Nos últimos anos, o interesse em estudar farinhas de insetos (FI) na alimentação animal, como uma alternativa alimentar viável, aumentou significativamente (Ferrer Lagostera et al., 2019). Os insetos foram destacados pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) como um ingrediente alimentar sustentável de alto valor proteico (FAO, 2020). A produção de insetos apresenta baixo impacto ambiental, uma vez que requer baixo uso de água, energia e espaço, além do aproveitamento de resíduos orgânicos (Oonincx & de Boer, 2012). Muitos insetos se alimentam naturalmente de resíduos orgânicos, convertendo os nutrientes da biomassa em sua própria biomassa, e reduzindo a quantidade de resíduos no ambiente (Caligiani et al., 2018). A farinha de inseto apresenta alto valor nutricional, com níveis satisfatórios de aminoácidos essenciais, incluindo lisina, triptofano e treonina, frequentemente deficientes em cereais (Kouřimská e Adámková, 2016). O valor nutricional das FI pode

variar de acordo com a espécie, clima e estação, estágio de vida, dieta, condições de criação e processamento. Além da composição nutricional favorável, especialmente em relação ao conteúdo de proteína e perfil de aminoácidos, é importante considerar a viabilidade de aumentar a produção para atender à demanda de fontes alternativas de proteína em alimentos para a aquicultura, em conexão com as tecnologias de processamento disponíveis, custo e escalabilidade (Hua, 2021). Para garantir a produção de farinha padronizada e de qualidade, a indústria deve seguir um protocolo de criação estabelecido para manter os teores nutricionais constantes, nos diferentes lotes de produção (Ghosh et al., 2017). Atualmente, a exploração de insetos como ingredientes alimentares não está em concorrência direta com a produção de alimentos (Li et al., 2020). Portanto, são considerados uma alternativa protéica à soja e à farinha de peixe.

Visto a amplitude de benefícios das farinhas de inseto, a mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) foi identificada como uma candidata adequada à produção em massa sustentável, em função de sua natureza onívora e capacidade de assimilar nutrientes de uma variedade de resíduos orgânicos, transformando-os em nutrientes de alta qualidade para alimentação animal (39 a 43% de proteína bruta e 21 a 38% de lipídios) (Makkar et al., 2014; Henry et al., 2015; Spranghers et al., 2017). As larvas podem se alimentar rapidamente, de 25 a 500 mg de matéria fresca / larva / dia, e em uma ampla gama de materiais orgânicos em decomposição, como frutas e vegetais apodrecidos, polpa de grãos de café, grãos de destilaria, esterco animal, excreta humana (van Huis et al., 2013) e resíduos de restaurantes (Spranghers et al., 2017). Devido ao seu excelente valor nutricional, fácil manejo e produção de biomassa, a mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) está sendo produzida em escala industrial na Europa (Li et al., 2020). A recomendação do nível adequado de substituição de FP na dieta pela farinha de mosca soldado-negro (BSFLM) é variável entre os estudos, possivelmente, em função das diferenças na qualidade da farinha, espécie de peixe alimentado e formulação da dieta (Li et al., 2020).

O tambaqui, *Collossoma macropomum*, é a segunda espécie de peixe mais produzida no Brasil (Fiúza et al., 2015; Woynárovich & Van Anrooy, 2019). Apresenta alta rusticidade, hábito alimentar onívoro e crescimento rápido (Araújo-Lima e Gomes, 2010), além de fácil aceitação das rações artificiais e boa adaptação à criação em cativeiro (Santos et al., 2018). Apesar de sua vasta produção, aspectos sobre a utilização de fontes alternativas de proteína, como por exemplo, farinhas de inseto em substituição à farinha

de peixe na dieta são escassos. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por farinha de larvas de mosca soldado-negro (FMSN) sobre o desempenho, bioquímica sanguínea e composição muscular de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

2. Material e métodos

2.1. Instalações e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, utilizando juvenis de *C. macropomum* oriundos do próprio laboratório. Foram utilizados 75 juvenis de *C. macropomum*, com peso médio inicial de $68,19 \pm 0,49$ g, distribuídos em 15 tanques de 100 L cada, mantidos em sistema de recirculação de água, com filtragem mecânica e biológica, temperatura constante ($28,01 \pm 0,02^\circ\text{C}$) e fotoperíodo de 12L:12E (Luz:Escuro), controlado por temporizador (Key West grupo DNI, Timer digital temporizador).

O experimento, com duração de 60 dias, ocorreu em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de larvas de mosca soldado-negro) e três repetições (tanques). Durante o período experimental, o oxigênio dissolvido permaneceu acima de 7,02 (Sonda modelo HI9146, Hanna instruments), amônia total em 0,00 mg/L (Amônia tóxica, Labcon Test) e o pH em $7,31 \pm 0,66$ (pH Tropical, Labcon Test), sendo mensurados diariamente.

2.2 Dietas experimentais

As dietas experimentais avaliadas constam da Tabela 1.

Ingredientes	Proteína da farinha de larvas de mosca soldado-negro (%)				
	0	12.5	25.0	37.5	50.0
Farinha de peixe	30.00	26.25	22.50	18.75	15.00
Farinha mosca soldado-negro	0.00	3.75	7.50	11.25	15.00
Farelo de soja	17.49	19.61	21.74	23.87	25.99

Milho	47.12	47.71	44.31	42.90	41.50
Óleo de soja	3.23	2.62	2.01	1.40	0.79
Celulose	0.54	0.43	0.32	0.21	0.09
Fosfato bicálcico	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
¹ Suplemento vitamínico/mineral	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
² BHT	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50	0.05
Oxido crômico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
³Composição analisada					
Matéria seca (%)	91.93	91.51	91.34	91.18	91.85
Proteína bruta (%)	29.60	29.98	30.03	28.33	28.54
Energia bruta (Kcal/kg)	4674.04	4978.24	4831.21	4983.62	4869.52
Extrato etéreo (%)	10.41	5.16	6.07	6.49	4.96

¹ Composição do suplemento vitamínico e mineral: Vit. A. 1.200.000 UI; Vit. D3. 200.000 UI; Vit. E. 12.000 mg; Vit. K. 2.400 mg; Vit. B1. 4.800 mg; Vit. B2. 4.800 mg; Vit. B6. 4.000 mg; Vit. B12. 4.800 mg; Ac. fólico. 1.200 mg; Ac. Pantotênico. 3.750 mg; Vit. C. 48.000 mg; Biotina. 48 mg; Colina. 65.000 mg; Niacina. 24.000 mg; Fe. 10.000 mg; Cu. 6.000 mg; Mn. 4.000 mg; Zn. 6.000 mg; I. 20 mg; Co. 2 mg; Sé. 20mg.

² Butil-hidroxi-tolueno (antioxidante).

³ Valores analisados em laboratório, seguindo metodologia descrita pela A.O.A.C. (2016).

As dietas foram extrusadas, com pellets de 2 a 4 mm de diâmetro (Imbramx40, Imbramaq Ltda., Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), sendo o óleo aspergido após a extrusão. Em seguida, foram secas e armazenadas em câmara fria (-20°C), até serem utilizadas.

2.3 Manejo experimental

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 16:00 horas), até a saciedade aparente. Após 30 minutos de cada alimentação, as sobras de alimento foram recolhidas, congeladas e posteriormente secas em estufa (55°C) (Nova Ética/Ethink), para determinação do consumo de alimento pelos animais. A limpeza dos tanques, para retirada de fezes, foi feita diariamente.

2.4 Desempenho zootécnico

Após 60 dias de experimento, os peixes foram mantidos em jejum por 8 horas e pesados (balança Marte AD3300). Foram calculados: peso final (PF); ganho de peso diário por peixe (GPD) = peso final - peso inicial; consumo diário de ração (CD) = \sum alimentação diária – sobras e conversão alimentar aparente (CA) = total de alimento consumido/ganho de peso.

2.5 Bioquímica sanguínea

Ao final do período experimental, os animais de todos os tratamentos passaram por um jejum de 8 horas (Guilherme et al., 2021). Três animais de cada tanque foram amostrados e anestesiados com benzocaína (0,1 g/L) para retirada de sangue (Sebastião et al., 2020), por punção da veia caudal, utilizando seringas heparinizadas. As alíquotas de sangue foram centrifugadas (3000 rpm, durante 15 min), para determinação, em analisador automático (Mindray BS-200E; Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China), com kits Bioclin/Quibasa (Minas Gerais, Brasil), dos níveis séricos de glicose (K082-3), albumina (K040-1), triglicerídeos (K117-3), colesterol total (K083-3), lipoproteína de alta densidade (HDL, K071-23), lipoproteína de baixa densidade (LDL, K088-27), aspartato transaminase (AST, K048-6) e alanina transaminase (ALT, K049-6).

2.6 Índices viscerossomático e hepatossomático

Após a coleta de sangue, os animais foram eutanasiados com overdose de benzocaína (300 mg/L) (Ross e Ross, 2008). Em seguida foi realizada a coleta das vísceras e fígado de cada animal para a determinação de: índice viscerossomático (IVS) = $100 \times (\text{peso das vísceras (g)} / \text{peso corporal (g)})$ e índice hepatossomático (IHS) = $100 \times (\text{peso do fígado (g)} / \text{peso corporal (g)})$.

2.7 Composição muscular

Foram coletados tecidos musculares das carcaças evisceradas e, em seguida foram levadas para secagem em estufa (55°C), para posterior determinação dos teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta, de acordo com a metodologia descrita pela A.O.A.C (2016).

2.8 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homocedasticidade de Levene e normalidade de Shapiro-Wilk. Quando normais, os dados foram submetidos à ANOVA, seguidos do teste de Tukey ($p < 0,05$) e análise de regressão ($p < 0,05$).

3. Resultados

3.1 Desempenho e composição muscular

Os resultados de peso final, conversão alimentar e índice hepatossomático de juvenis de *C. macropomum* estão demonstrados na Figura 1. Após 60 dias, o peso final dos animais apresentou menor valor, estimado pela derivada da equação em 57,17% de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de larvas de mosca soldado-negro na dieta (Figura 1A). O aumento dos níveis de substituição de FP por FMSN na dieta influenciou a conversão alimentar aparente dos peixes, com efeito linear crescente (Figura 1B) ($p < 0,05$). O índice hepatossomático (IHS) apresentou valor máximo estimado, para animais alimentados com dietas cuja substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de larvas de mosca soldado-negro foi de 12,5% (Figura 1C). O ganho de peso diário ($2,65 \pm 0,44$ g, em média), consumo diário de ração ($3,80 \pm 0,50$ g, em média), taxa de crescimento específico ($1,98 \pm 0,20\%$, em média) e o índice viscerossomático ($0,06 \pm 0,01\%$, em média) foram semelhantes para os animais alimentados com as diferentes dietas experimentais ($p > 0,05$).

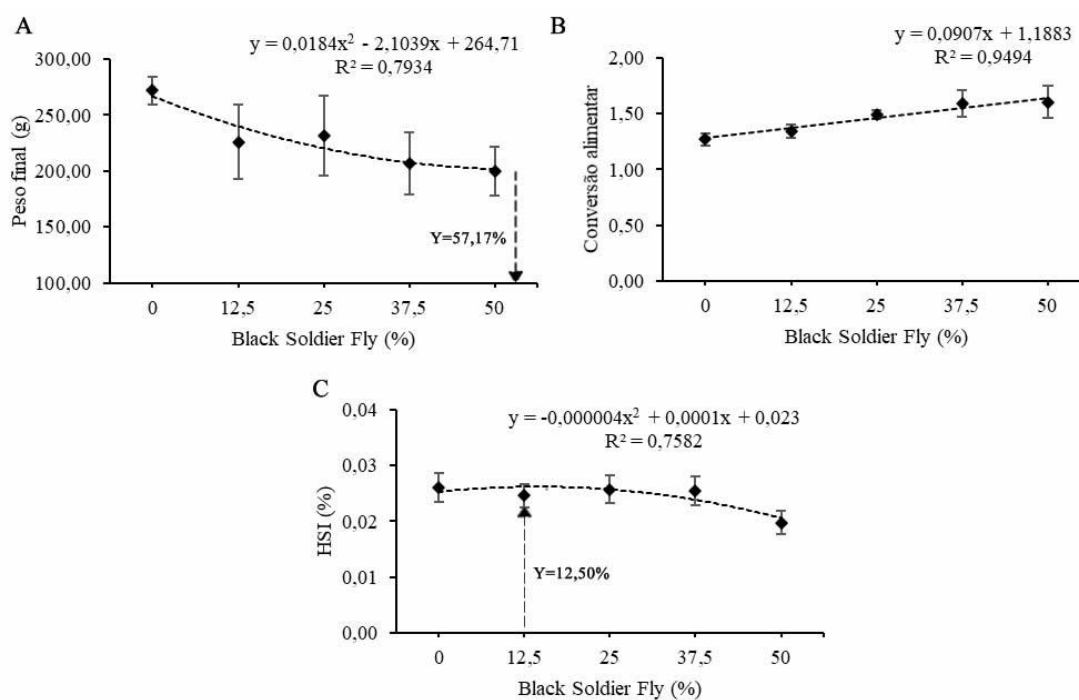


Figura 1. Valores médios (\pm desvio padrão) de peso final (A), conversão alimentar aparente (B) e índice hepatossomático (IHS) (E) de juvenis de *C. macropomum*, submetidos a diferentes níveis de substituição da proteína da FP pela proteína da FMSN. A seta representa o valor estimado pela derivada da equação.

O resultado de umidade do musculo de juvenis de *C. macropomum* está demonstrado na Figura 2. A umidade apresentou efeito linear decrescente, conforme

aumento dos níveis de substituição de da proteína da FP pela proteína da FMSN. (Figura 2) ($p < 0,05$). A inclusão de farinha de larvas de mosca soldado-negro na dieta não influenciou significativamente os teores de proteína bruta e extrato etéreo da carcaça dos animais, com médias mantidas em $69,65 \pm 5,16$ e $32,70 \pm 4,25\%$, respectivamente ($p > 0,05$).

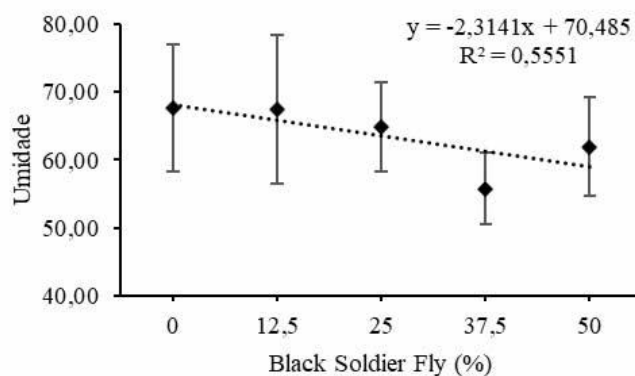


Figura 2. Valor médio (\pm desvio padrão) de umidade muscular de juvenis de *C. macropomum*, submetidos a diferentes níveis de substituição da proteína da FP pela proteína da FMSN.

3.2 Bioquímica sanguínea

Os teores circulantes de glicose, creatinina e triglicerídeos foram influenciados pela inclusão de farinha de larvas de mosca soldado-negro na dieta dos juvenis, com valores máximos estimados em 40,77% (Figura 3A), 34,00% (Figura 3B) e 42,90% (Figura 3D), de substituição, respectivamente ($p < 0,05$), respectivamente. Os teores séricos de colesterol e LDL apresentaram comportamento linear crescente, mostrando que, conforme aumento dos níveis de substituição de FP por FMSN na dieta, houve também elevação destes parâmetros na corrente sanguínea dos animais (Figura 3C e 3E) ($p < 0,05$). As transaminases AST e ALT foram afetadas pela inclusão da farinha de inseto na dieta, sendo que animais alimentados com dietas cuja substituição foi de 45,95% e 28,67%, respectivamente (valores estimados), apresentaram redução nessas variáveis

(Figura 3F e 3G) ($p < 0,05$). Os teores circulantes de HDL, proteína total e albumina dos tambaquis não foram influenciados pela inclusão da farinha de inseto na dieta, apresento médias de $13,32 \pm 3,20$; $3,34 \pm 0,33$ e $0,86 \pm 0,08$ mg/dL, respectivamente ($p > 0,05$).

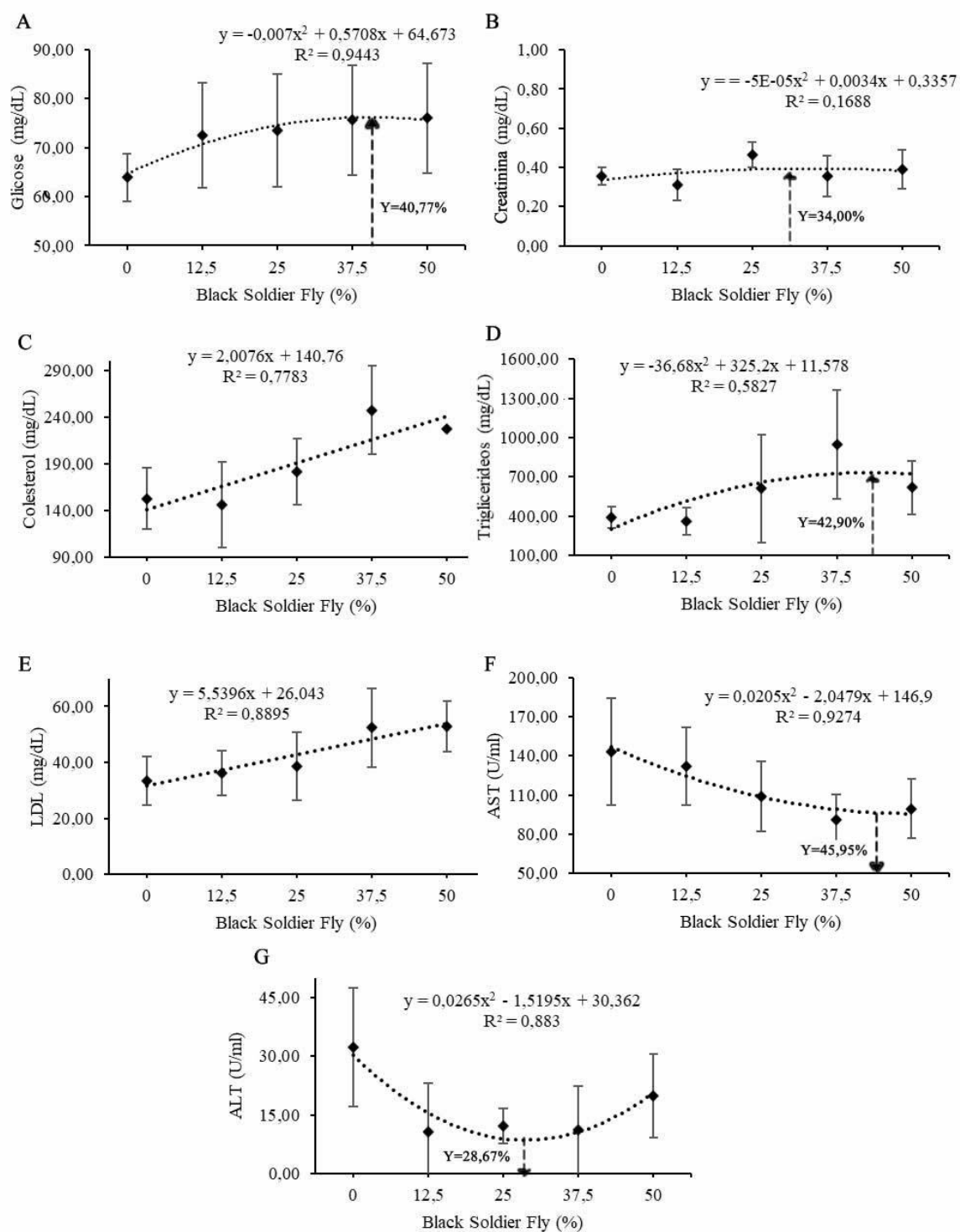


Figura 3. Valores médios (\pm desvio-padrão) de glicose (A), proteína total (B), colesterol (C), HDL (D) e LDL (E), de juvenis de *C. macropomum*, submetidos a diferentes níveis

de substituição da proteína da FP pela proteína da FMSN. A seta representa o valor estimado pela derivada da equação.

4. Discussão

Este é um dos primeiros estudos em peixes avaliando a substituição de FP por FMSN em juvenis de *C. macropomum*. No presente estudo, juvenis de *C. macropomum* mostraram adaptação à substituição de farinha de peixe por farinha de mosca soldado negro. As rações comerciais da aquacultura dependem de uma mistura complementar de ingredientes que fornecem coletivamente um alto nível de proteína e energia digestíveis e nutrientes essenciais. A FMSN tem potencial como ingrediente alimentar sustentável e rico em proteínas (Fisher et al., 2020). Por essa razão, o uso de FMSN como fonte de proteína em dietas para peixes tem sido amplamente investigado nos últimos anos (Mohan et al., 2022; Foysal e Gupta et al., 2022; Chemello et al., 2022; Maldonado-Othon et al., 2022)

O desempenho zootécnico com a substituição de FP por FMSN pode variar de acordo com as espécies e suas diferentes composições dietéticas necessárias. O peso final e a conversão alimentar aparente foram influenciadas negativamente pela inclusão em níveis crescentes da FMSN. Esses dados corroboram com os encontrados para a garoupa híbrida (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂), onde a substituição de FP por FMSN também apresentou resposta de desempenho afetada negativamente (Huang et al., 2022). Esse achado fato pode estar relacionado ao fato de quase todas as farinhas de inseto apresentarem são baixo teor de lisina e triptofano para peixes e, com exceção da farinha de pré-pupa de *Hermetia illucens*, serem também limitantes em treonina e aminoácidos sulfurados (Makkar et al., 2014; Huang et al., 2022).

Porém, neste trabalho, os demais parâmetros de desempenho dos tambaquis não sofreram alterações significativas mediante à substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca soldado negro na dieta, como o ganho de peso diário, consumo de ração, taxa de crescimento específico e índice viscerossomático. Resultados semelhantes foram encontrados para espécies como robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Magalhães et al., 2017) e carpa Jian (*Cyprinus carpio* var. Jian) (Li et al., 2017). A substituição parcial de fontes protéicas pela FMSN pode ser viável para algumas espécies aquáticas. Hu et al. (2020) mostraram que a inclusão de FMSN na dieta melhorou o desempenho e equilíbrio de bactérias intestinais de *Monopterus albus*, quando

suplementada numa taxa inferior a 15,78%. A substituição de FP por FMSN (0-30%) em dietas para esturjão siberiano (*Acipenser baerii*) determinou efeito positivo aos animais, que apresentaram bons resultados de desempenho, mostrando ser uma boa alternativa como ingrediente nas rações para esta espécie (Rawski et al., 2020). A substituição de FP por FMSN em até 60% (nível de inclusão de 174 g/kg de FMSN) não teve impacto negativo no desempenho e consumo de alimento para pangá (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Sudha et al., 2022) A substituição parcial (até 25% de substituição de FP por FMSN) também pode ser utilizada em dietas para bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*) (108g/kg de FMSN) (Xiao et al., 2018) e bagre africano (*Clarias gariepinus*), num nível de substituição de FP por FMSN de 50% (75g/kg de FMSN) (Adeoye et al., 2020).

O índice corporal é um parâmetro importante que reflete o crescimento dos peixes. O índice hepatossomático (IHS) dos tambaquis, no presente estudo, apresentou maior valor para peixes alimentados com 12,5% de substituição de FP por FMSN, sendo reduzido quanto maior era o nível de inclusão da farinha de inseto. Xiao et al. (2018), testando níveis de substituição de FP por FMSN em dietas para juvenis de bagre amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*), observaram que mesmo com dietas isoenergéticas o teor de gordura da ração era diferente, o que determinou aumento do IHS nos animais. Alguns estudos indicam que o teor de gordura da ração pode aumentar consideravelmente o IHS dos peixes (Lee et al., 2002; Rueda-Jasso et al., 2004). Pait e Nelson (2003) afirmaram que este é um bom biomarcador para detectar os efeitos perigosos dos estressores ambientais. Assim, os maiores níveis de substituição confirmam o estado de saúde e bem-estar dos peixes após a ingestão de FMSN, como descrito também em bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (Yildirim-Aksoy et al., 2020).

A composição corporal afeta aspectos da biologia e ecologia dos peixes e é de especial interesse na aquicultura, uma vez que influencia o apetite, o crescimento e a eficiência de utilização dos alimentos pelos animais (Breck et al., 2014). Diferenças na composição corporal, estão associadas a diferenças na alimentação do animal (Bull e Metcalfe, 1997; Jobling e Miglavs, 1993), crescimento (Brett et al., 1969; Broekhuizen et al., 1994; Cui e Wooton, 1988; Elliott, 1976; Gerking, 1955 e Shearer et al., 1997), reprodução (Cargnelli e Gross, 1997; Henderson e Wong, 1998 e Thorpe et al., 1998) e sobrevivência (Gardiner e Geddes, 1980; Sogard e Olla, 2000 e Thompson et al., 1991). Resultados sobre os efeitos da inclusão dietética de farinhas de inseto na composição

corporal de peixes carecem de consistência na literatura disponível (Caimi et al., 2020). Em nossos achados, a umidade corporal dos animais apresentou efeito linear negativo, de acordo com o aumento da substituição de FP por FMSN. Os resultados de composição corporal podem variar de acordo com as diferentes espécies submetidas às dietas com substituição da FP por fontes proteicas provenientes de insetos. Renna et al. (2017), trabalhando com truta arco-íris, demonstraram que o aumento de FMSN nas dietas provocou um aumento progressivo dos teores de matéria seca (MS) e extrato etéreo (EE) do corpo inteiro dos animais. Para juvenis de robalo europeu, não foram observadas diferenças significativas nos teores de MS e EE do corpo inteiro, em diferentes níveis de inclusão de farinha integral de larvas de *Tenebrio molitor* (Gasco et al., 2016). Kroeckel et al. (2012) encontraram diminuição os teores de MS e EE corporais de juvenis de *Psetta máxima*, conforme aumento no nível de inclusão de farinha de pré-pupas de mosca soldado-negro na dieta. A proteína corporal de juvenis de corvina (*Argyrosomus regius*) também não foi influenciada pela substituição de FP por FMSN na dieta, como descrito por Guerreiro et al. (2020). Esses resultados podem estar relacionados à ausência de diferenças nas atividades das enzimas relacionadas ao catabolismo de aminoácidos, que parece indicar que a menor retenção de nitrogênio pelos peixes alimentados com dietas contendo FMSN não está relacionada a um metabolismo proteico ineficiente, mas sim ao desempenho diminuído dos peixes Guerrero et al. (2020).

A análise sanguínea é um dos métodos comumente usados para avaliar o estado fisiológico e a saúde dos peixes (Grant, 2015; Docan et al., 2018; Fazio, 2019), além de ser uma excelente ferramenta para correlacionar o comportamento dos animais, frente à qualquer problema ou distúrbio que possa afetá-los (Guilherme et al., 2021). Esse tipo de análise inclui medições de parâmetros bioquímicos em sangue total, plasma ou soro (Witeska et al., 2022). São comumente mensurados os teores circulantes de glicose e proteína total, colesterol, concentrações de íons, hormônios, atividades de enzimas, dentre outros parâmetros (Witeska et al., 2022). Os índices hematológicos e bioquímicos fornecem informações extensas sobre a capacidade de transporte de oxigênio nos peixes, potencial imunológico, nível de estresse, doença, intoxicação, bem como estado nutricional dos animais. A glicose é uma fonte básica de energia para as atividades vitais (Fang et al., 2014).

Neste estudo foi demonstrado que a glicose dos tambaquis apresentou maior valor estimado em 40,77% de substituição de FP por FMSN. Os triglicerídeos séricos o

colesterol total séricos são lipídios livres predominantes, que se distribuem no organismo e são considerados indicadores do metabolismo da gordura corporal (Li et al., 2017; Yun et al., 2011). Os juvenis de tabaqui, neste trabalho, apresentaram teor de colesterol total circulante seguindo um comportamento linear crescente, conforme o aumento da substituição da FP por FMSN na dieta. Já para os triglicérides, observou-se maior valor estimado em 42,90% de substituição.

As transaminases (ALT e AST) são indicadores essenciais na avaliação da integridade hepática (Rahimnejad e Lee 2013; Wu et al. 2018b). Quando o fígado é danificado, a permeabilidade da membrana celular aumenta e as transaminases são secretadas pelas células, fazendo com que a atividade das transaminases no sangue aumente, são os principais índices utilizados para avaliar lesões hepáticas (Hyder et al., 2013). Nesta pesquisa, a AST e a ALT dos tabaquis apresentaram menor valor estimado em 45,95% e 28,67% de substituição da FP por FMSN na dieta, respectivamente.

A creatinina é um composto gerado a partir da degradação da creatina, podendo ser considerada como um resíduo metabólico gerado pela atividade muscular; a creatinina é filtrada pelos rins e eliminada na urina (González-Mira et al., 2016). Por esse motivo, altos níveis de creatinina plasmática são indicativos de disfunção renal, baixa taxa de filtração glomerular, distrofia muscular e esforço físico do corpo (González-Mira et al., 2016; Julinta et al., 2019). Esses fatores citados demonstram que os animais não estão em estado de homeostase. Porém em nossos achados, o menor valor estimado para os juvenis de tabaqui, foi observado para animais alimentados com dietas contendo 34% de substituição da FP por FMSN. Os níveis encontrados para os demais tratamentos estão dentro do padrão de *P. mesopotamicus*, descrito por Tavares et al. (2019), demonstrando que a filtração renal foi eficiente, caso contrário poderia esperar que os níveis de creatinina no sangue aumentassem (Kopp et al., 2011).

As lipoproteínas plasmáticas são um sistema dinâmico que respondem à ingestão de alimentos, frequência alimentar e tipo de lipídios ingeridos (Babin et al., 1989). A LDL dos animais, neste trabalho, apresentou aumento linear, de acordo com o aumento da substituição de FP por FMSN na dieta. Esta lipoproteína é o principal transportador de colesterol para os tecidos periféricos, enquanto a HDL serve como um reservatório para o colesterol, transportando-o de volta ao fígado para reutilização ou excreção (Torstensen et al., 2008). Wang et al. (2019) utilizando FMSN como ingrediente proteico em dietas

para juvenis de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*) demonstraram que a inclusão de FMSN provavelmente desempenha um papel significativo na diminuição da síntese de ácidos graxos e no aumento da hidrólise de lipoproteínas. Porém, mais estudos precisam ser realizados para traçar melhor o perfil sérico em animais que recebem dietas contendo FMSN.

5. Conclusão

Conclui-se que o peso final e conversão alimentar aparente são influenciadas negativamente com a substituição crescente de FP por FMSN na dieta. Entretanto, variáveis como ganho de peso diário, consumo de ração, taxa de crescimento específico e índice viscerossomático não são influenciadas por essa substituição. Com os resultados encontrados, a substituição da FP pela FMSN para juvenis de tambaqui não é recomendada.

6. Referências bibliográficas

- ADEOYE, Ayodeji A. *et al.* Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): Impact on growth, body index, and hematological parameters. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 4, p. 1024–1033, 2020.
- BABIN, Patrick J.; VERNIER, JM Lipoproteínas plasmáticas em peixes. **Journal of Lipid Research** , v. 30, n. 4, pág. 467-489, 1989.
- BRECK, James E. Body composition in fishes: Body size matters. **Aquaculture**, v. 433, p. 40–49, 2014.
- BROEKHUIZEN, N. *et al.* Modelling Compensatory Growth. **Functional Ecology**, v. 8, n. 6, p. 770, 1994.
- BULL, C. D.; METCALFE, N. B. Regulation of hyperphagia in response to varying energy deficits in overwintering juvenile Atlantic salmon. **Journal of Fish Biology**, v. 50, n. 3, p. 498–510, 1997.
- CAIMI, Christian *et al.* First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae

meal dietary administration in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. **Aquaculture**, v. 515, n. September 2019, p. 734539, 2020.

CARGNELLI, Luca M.; GROSS, Mart R. Notes: Fish Energetics: Larger Individuals Emerge from Winter in Better Condition. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 126, n. 1, p. 153–156, 1997.

CHEMELLO, Giulia *et al.* Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) enriched with *Schizochytrium* sp. on zebrafish (*Danio rerio*) reproductive performances. **Aquaculture**, v. 550, n. September 2021, p. 737853, 2022.

CUI, Y.; WOOTTON, R. J. Effects of ration, temperature and body size on the body composition, energy content and condition of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.). **Journal of Fish Biology**, v. 32, n. 5, p. 749–764, 1988.

DOCAN, Angelica; GRECU, Iulia; DEDIU, Lorena. Use of Hematological Parameters as Assessment Tools in Fish Health Status. v. 24, n. 4, p. 317–324, 2018.

ELLIOTT, J. M. Body Composition of Brown Trout (*Salmo trutta* L.) in Relation to Temperature and Ration Size. **The Journal of Animal Ecology**, v. 45, n. 1, p. 273, 1976.

FANG, Jie *et al.* Effects of heat shock treatment on glucose metabolism in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) juveniles. **Aquaculture**, v. 422–423, p. 211–217, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.021>>.

FAZIO, Francesco. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. **Aquaculture**, v. 500, n. October 2018, p. 237–242, 2019.

FISHER, H. J. *et al.* Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 521, n. September 2019, p. 734978, 2020.

FOYSAL, Md Javed; GUPTA, Sanjay Kumar. A systematic meta-analysis reveals enrichment of Actinobacteria and Firmicutes in the fish gut in response to black soldier fly (*Hermetica illucens*) meal-based diets. **Aquaculture**, v. 549, n. September 2021, p. 737760, 2022.

GARDINER, W Ross; GEDDES, Peter. The influence of body composition on the survival of juvenile Salmon. W. Ross GARDINER & Peter GEDDES Freshwater Fisheries Laboratory, Pitlochry, Perthshire, Scotland. v. 69, p. 1–2, 1980.

GASCO, Laura *et al.* Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 34–45, 2016.

GERKING, Shelby D. Influence of rate of feeding on body composition and protein metabolism of bluegill sunfish. **Physiological Zoology**, v. 28, n. 4, p. 267–282, 1955.

GONZÁLEZ-MIRA, A. *et al.* Drugs of environmental concern modify *Solea senegalensis* physiology and biochemistry in a temperature-dependent manner. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 20, p. 20937–20951, 2016.

GRANT, Krystan R. Fish Hematology and Associated Disorders. **Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice**, v. 18, n. 1, p. 83–103, 2015.

GUERREIRO, Inês *et al.* Catching black soldier fly for meagre: Growth, whole-body fatty acid profile and metabolic responses. **Aquaculture**, v. 516, n. May 2019, p. 734613, 2020.

GUILHERME, Helder O. *et al.* Feeding, growth, and blood chemistry of the tambaqui (*Colossoma macropomum*) held under self-feeding and time-restricted automatic feeding conditions. **Aquaculture International**, v. 30, n. 1, p. 323–339, 2022.

HENDERSON, B. A.; WONG, J. L. Control of lake trout reproduction: Role of lipids. **Journal of Fish Biology**, v. 52, n. 5, p. 1078–1082, 1998.

HU, Yajun *et al.* Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). **Aquaculture Reports**, v. 17, n. February, 2020.

HUANG, Bocheng *et al.* Effects of fishmeal replacement by black soldier fly on growth performance, digestive enzyme activity, intestine morphology, intestinal flora and immune response of pearl gentian grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂). **Fish and Shellfish Immunology**, v. 120, n. December 2021, p. 497–506, 2022.

HYDER, Mohd Azam; HASAN, Marghoob; MOHIELDEIN, Abdelmarouf Hassan. Comparative Levels of ALT, AST, ALP and GGT in Liver associated Diseases. **European Journal of Experimental Biology**, v. 3, n. 2, p. 280–284, 2013.

JOBLING, M.; MIGLAVS, I. The size of lipid depots-a factor contributing to the control of food intake in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*? **Journal of Fish Biology**. [S.l: s.n.], , 1993

JULINTA, Roy Beryl *et al.* Dietary influences of oxytetracycline on the growth and serum biomarkers of *Oreochromis niloticus* (L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 186, n. May, p. 109752, 2019.

KROECKEL, S. *et al.* 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**, v. 364–365, p. 345–352, 2012.

LEE, Sang Min; IM, Gi Jeon; JONG, Yun Lee. Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*). **Aquaculture**, v. 211, n. 1–4, p. 227–239, 2002.

LI, Q. *et al.* Effects of dietary lipid sources on growth performance, lipid metabolism and antioxidant status of juvenile Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 3, p. 500–510, 2017.

LI, Senlin *et al.* 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**, v. 477, n. April, p. 62–70, 2017.

MAGALHÃES, Rui *et al.* Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 476, n. April, p. 79–85, 2017.

MAKKAR, Harinder P.S. *et al.* State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, 2014.

MALDONADO-OTHÓN, Carlos A. *et al.* Replacement of fish oil by camelina and black soldier fly larvae oils in diets for juvenile *Totoaba macdonaldi* and their effect on growth, fatty acid profile, and gene expression of pancreatic lipases. **Aquaculture**, v. 552, n. December 2021, 2022.

MOHAN, Kannan *et al.* Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in

aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. **Aquaculture**, v. 553, n. February, p. 738095, 2022.

RAWSKI, Mateusz *et al.* Black soldier fly full-fat larvae meal as an alternative to fish meal and fish oil in siberian sturgeon nutrition: The effects on physical properties of the feed, animal growth performance, and feed acceptance and utilization. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1–19, 2020.

RENNA, M. *et al.* Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2017.

RES, J Fish *et al.* Downloaded Res . Bd . from Downloaded from nrcresearchpress . com by UNIVERSITY by CSP OF Staff For personal use only . Growth Rate and Body Composition of Fingerling Sockeye Salmon , *Oncorhynchus nerka* in relation to Temperature and Ration Size . J . 1967.

RUEDA-JASSO, R. *et al.* Effect of dietary non-protein energy levels on condition and oxidative status of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. **Aquaculture**, v. 231, n. 1–4, p. 417–433, 2004.

SHEARER, Karl D.; SILVERSTEIN, Jeffrey T.; PLISETSKAYA, Erika M. Role of adiposity in food intake control of juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Comparative Biochemistry and Physiology - A Physiology**, v. 118, n. 4, p. 1209–1215, 1997.

SOGARD, S. M.; OLLA, B. L. Endurance of simulated winter conditions by age-0 walleye pollock: Effects of body size, water temperature and energy stores. **Journal of Fish Biology**, v. 56, n. 1, p. 1–21, 2000.

SUDHA, C., AHILAN, B., FELIX, N., UMA, A., PRABU, E. Effects of dietary protein substitution of fishmeal with black soldier fly larval meal on growth and physiological responses of juvenile striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. **Aquaculture Research**, 2022.

THORPE, John E. *et al.* Modelling the proximate basis of salmonid life-history variation, with application to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Evolutionary Ecology**, v. 12, n. 5, p.

581–599, 1998.

WANG, Guoxia *et al.* Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets. **Aquaculture**, v. 507, n. December 2018, p. 144–154, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.023>>.

WITESKA, Małgorzata *et al.* Hematological methods in fish – Not only for beginners. **Aquaculture**, v. 547, 2022.

XIAO, Xiaopeng *et al.* Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 4, p. 1569–1577, 2018.

YILDIRIM-AKSOY, Mediha; ELJACK, Rashida; BECK, Benjamin H. Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 26, n. 3, p. 812–819, 2020.

YUN, Biao *et al.* Effects of dietary cholesterol on growth performance, feed intake and cholesterol metabolism in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) fed high plant protein diets. **Aquaculture**, v. 319, n. 1–2, p. 105–110, 2011.

CAPÍTULO 3

Artigo

Utilização de uma mistura de farinhas de inseto (*Hermetia illucens* e *Musca domestica*) em dietas para tambaquis (*Colossoma macropomum*): desempenho, composição de carcaça, bioquímica sanguínea e morfometria intestinal

Pedro Gomes Gamarano^{a*}, Helder de Oliveira Guilherme^a, Leandro Santos Costa^a, Camila Gomes de Oliveira^a, Veronica Guimarães Landa Prado^a, Debora de Almeida Freitas^a, Paula Adriane Perez Ribeiro^a

^aLaboratório de Aquacultura, Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia de Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

^bDepartamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Av. Peter Henry Rolfs, s/n -, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*Autor para correspondência:

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia

Laboratório de Aquacultura

Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil

Telefone: + 55 31 98238-7440

e-mail: pedrogomes130@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição de farinha de peixe por uma mistura de farinhas de larvas de mosca soldado-negro e mosca doméstica (blend), sobre o desempenho, bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal de juvenis de *Colossoma macropomum*. Foram utilizados 72 juvenis de *C. macropomum* (peso médio inicial de $35,27 \pm 0,44$ g), distribuídos em 12 tanques (100 L cada), mantidos em recirculação de água. O experimento, com duração de 60 dias, foi em delineamento inteiramente casualizado, avaliando-se quatro dietas experimentais (0%, 33%, 66% e 100% (substituindo a proteína da farinha de peixes pela proteína da farinha dos insetos), em três repetições (tanques). Foram avaliados: desempenho, bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal dos animais. Ao final do experimento observou-se que não houve influência da inclusão do blend de farinhas de inseto sobre os parâmetros avaliados ($P > 0,05$). Desta forma, a substituição da farinha de peixe por um blend de farinhas de mosca soldado negro e mosca doméstica é viável em dietas para juvenis de tambaqui, não interferindo no desenvolvimento dos animais, bem como na manutenção adequada de sua bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal.

1.Introdução

A indústria aquícola apresenta amplo crescimento mundialmente, levando a um aumento da procura de fontes proteicas e lipídicas para a formulação de dietas (Kumar et al., 2021). Um dos desafios da cadeia produtiva aquícola é substituir a farinha de peixe (FP), principal fonte de proteína nas dietas de diversos organismos aquáticos, por outras fontes de proteína mais sustentáveis (Oliva-Teles et al., 2015). Nesse sentido, as farinhas de insetos (FI) apresentam características interessantes, como sustentabilidade, nível proteico adequado e boa qualidade de aminoácidos (Rimoldi et al., 2021).

Um dos principais motivos para o uso da FI é sua grande semelhança em níveis proteicos e minerais à FP, além de possuir alto valor energético (van Huis et al., 2013). Além da composição nutricional favorável, especialmente em relação ao conteúdo de proteína e perfil de aminoácidos, é importante considerar a viabilidade de aumentar a produção para atender a demanda de fontes alternativas de proteína em alimentos para a aquicultura, em conexão com as tecnologias de processamento disponíveis, custo e escalabilidade (Hua, 2021). Várias espécies de peixes e crustáceos têm como parte da sua alimentação diversos tipos de insetos (Whitley e Bollens, 2014) e, por esse motivo, em geral as FI apresentam boa palatabilidade para organismos aquáticos (Henry et al., 2015).

A utilização de farinha de inseto como substituinte da FP e do farelo de soja, em rações para aquicultura, vem sendo estudada. Entre as diversas espécies candidatas à produção de farinha de inseto, a mosca soldado-negro (*H. illucens*) destaca-se como promissora para esse fim. Trata-se de uma espécie cujas técnicas de produção industrial de alta qualidade já se encontram padronizadas (Van Huis et al., 2013). As larvas (pré-pupas) de *H. illucens* apresentam teor protéico elevado, com perfil de aminoácidos essenciais equilibrado e teor lipídico alto (Bubler et al., 2016). Outra espécie com potencial para utilização alimentação animal é a mosca doméstica (*Musca domestica*), espécie mais comum de mosca, sendo considerada uma praga em todo mundo e um importante vetor de doenças, apresentando ciclo de vida rápido e excelente capacidade de bioconversão. A *M. domestica* possui elevado teor proteico e aminoácidos essenciais equilibrados, assim como a mosca soldado-negro (Makkar et al., 2014; Ghosh et al., 2017).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie nativa da bacia amazônica (Júnior et al., 1998; Val e Oliveira, 2021) e de grande importância na piscicultura

brasileira, sendo a segunda espécie mais produzida no país (Fiúza et al., 2015). Apresenta bom desempenho em cativeiro (Baldisserotto e Gomes 2013; Araújo et al., 2018), com alta plasticidade alimentar (Guilherme et al., 2021).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de uma mistura de farinha de mosca soldado-negro e farinha de mosca doméstica, em dietas para juvenis de tambaqui, sobre o desempenho, bioquímica sanguínea, composição de carcaça e morfometria intestinal dos animais.

2. Material e métodos

2.1. Instalações e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, utilizando juvenis de *C. macropomum* oriundos do próprio laboratório. Foram utilizados 72 juvenis, com peso médio inicial de $35,27 \pm 0,44$ g, distribuídos em 12 tanques de 100 L cada, mantidos em sistema de recirculação de água, com filtragem mecânica e biológica, temperatura constante ($28,01 \pm 0,02^\circ\text{C}$) e fotoperíodo de 12L:12E (Luz:Escuro), controlado por temporizador (Key West grupo DNI, Timer digital temporizador).

O experimento, com duração de 60 dias, ocorreu em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas experimentais com diferentes níveis de substituição da proteína da farinha de peixe (FP) pela proteína de uma mistura, em partes iguais, de farinhas de mosca soldado-negro e mosca doméstica) e três repetições (tanques). Durante o período experimental, o oxigênio dissolvido permaneceu em $7,02 \pm 0,52$ mg/L (Sonda modelo HI9146, Hanna instruments), amônia total em 0,00 mg/L (Amônia tóxica, Labcon Test) e o pH em $7,31 \pm 0,66$ (pH Tropical, Labcon Test), sendo mensurados diariamente.

2.2 Dietas experimentais

A formulação das dietas foi realizada substituindo a proteína da farinha de peixe pela proteína da mistura, numa mesma proporção, das farinhas de larvas de mosca soldado-negro e mosca doméstica (“blend”). Dessa forma, quatro dietas foram formuladas contendo 0% (controle), 33%, 66% e 100% de substituição da proteína da

farinha de peixe pela proteína do blend. As dietas foram extrusadas (Inbramaq®, modelo Labor PQ30), em grânulos de 2 a 4 mm de diâmetro. As dietas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Dietas experimentais.

Ingredientes	Proteína do Blend (%)			
	Controle	33	66	100
Farinha de peixe	15.00	10.00	5.00	0.00
Farinha de mosca doméstica	0.00	3.725	7.45	11.18
Farinha mosca soldado-negro	0.00	3.725	7.45	11.18
Farelo de soja	53.13	53.55	53.98	54.40
Milho	25.75	23.25	20.74	18.24
Óleo de soja	3.50	3.13	2.76	2.38
Farelo de trigo	1.00	1.00	1.00	1.00
Fosfato bicálcico	0.50	0.50	0.50	0.50
¹ Suplemento vitamínico/mineral	0.50	0.50	0.50	0.50
² BHT	0.02	0.02	0.02	0.02
Sal	0.50	0.50	0.50	0.50
Oxido crômico	0.10	0,10	0.10	0.10
³Composição analisada				
Matéria seca (%)	91.93	93.24	92.79	92.83
Proteína bruta (%)	37.77	36.91	36.39	36.46
Energia bruta (Kcal/kg diet)	4841.26	4867.08	4995.48	5120.53
Extrato etéreo (%)	9.04	9.323	10.99	10.54

¹ Composição do suplemento vitamínico e mineral: Ácido fólico (Min) 2500 mg kg⁻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 UI kg⁻¹, Vit E (Min) 15000 UI kg⁻¹, Vit B₁ (Min) 2500 mg kg⁻¹, Vit B₁₂ (Min) 5000 mg kg⁻¹, Vit B₂ (Min) 2500 mg kg⁻¹, Vit B₆ (Min) 2000 mg kg⁻¹, Vit D₃ (Min) 500.000 UI kg⁻¹;

² BHT – Butil-hidroxi-tolueno.

³ Determinações realizadas pelo método descrito pela A.O.A.C. (2016).

2.3 Manejo experimental

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 16:00 horas), até a saciedade aparente. Após 30 minutos de cada alimentação as sobras de alimento foram recolhidas, congeladas e posteriormente secas em estufa (55°C) (Nova Ética/Ethink), para determinação do consumo de alimento pelos animais. A limpeza dos tanques, para retirada de fezes, foi feita diariamente.

2.4 Desempenho zootécnico

Após 60 dias de experimento, os peixes foram mantidos em jejum por 8 horas e pesados (balança Marte AD3300). Foram calculados: peso final (PF); ganho de peso (PF) = peso final - peso inicial/60 dias/nº de peixes; consumo diário de ração (CD) = Σ alimentação diária - sobras; conversão alimentar aparente (CA) = total de alimento consumido/ganho de peso.

2.5 Bioquímica sanguínea

Ao final do período experimental, os animais de todos os tratamentos passaram por um jejum de 8 horas (Guilherme et al., 2021). Três animais de cada tanque foram amostrados e anestesiados com benzocaina (0,1 g/L) para retirada de sangue (Sebastião et al., 2020), para retirada de sangue, por punção da veia caudal, utilizando seringas heparinizadas. As alíquotas de sangue foram centrifugadas (3000 rpm, durante 15 min). Foram determinados, em analisador automatizado (Mindray BS-200E; Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China), com kits Bioclin/Quibasa (Minas Gerais, Brasil), os níveis séricos de glicose (K082-3), albumina (K040-1), triglicerídeos (K117-3), colesterol total (K083-3), lipoproteína de alta densidade (HDL, K071-23), lipoproteína de baixa densidade (LDL, K088-27), aspartato transaminase (AST, K048-6) e alanina transaminase (ALT, K049-6).

2.6 Índices viscerossomático e hepatossomático

Após a coleta de sangue, os animais foram eutanasiados com overdose de benzocaina (300 mg L⁻¹) (Ross e Ross, 2008). Em seguida foi realizada a coleta das vísceras e separação do fígado de cada animal para a determinação dos índices

viscerossomático (IVS) = $100 \times (\text{peso das vísceras (g)} / \text{peso corporal (g)})$ e hepatossomático (IHS) = $100 \times (\text{peso do fígado (g)} / \text{peso corporal (g)})$.

2.7 Composição de carcaça

As carcaças evisceradas foram secas em estufa (55°C), para posterior determinação dos teores de matéria seca, extrato etéreo e proteína bruta, de acordo com a metodologia descrita pela A.O.A.C (2016).

2.8 Morfometria intestinal

Após fixação, as amostras foram desidratadas conforme protocolo padrão, imersas em parafina, seccionados (cortes com 5 µm de espessura), para confecção de lâminas. Para a coloração do tecido foi utilizado o protocolo de hematoxilina-eosina (H&E), com avaliação em microscópio de luz (Nikon Eclipse 50i), com câmera acoplada (Moticam 2300). Foram avaliadas 10 vilosidades intestinais (Renna et al., 2017), com mensuração de altura e largura, por meio do software Motic Plus 3.0.

2.9 Análise de dados

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homocedasticidade de Levene e normalidade de Shapiro-Wilk. Quando normais, os dados foram submetidos à ANOVA, seguidos do teste de Tukey ($p < 0,05$). Dados não paramétricos foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

3. Resultados

3.1 Desempenho

Após 60 dias de experimento observou-se que não houve influência da inclusão do blend de farinhas de inseto na dieta dos tambaquis sobre os parâmetros de desempenho (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho (média \pm desvio padrão) de juvenis de *C. macropomum* alimentados com diferentes níveis de substituição de FP por um blend de farinha de insetos.

Desempenho						
	PF (g)	GPD (g)	CD (g)	CA	IVS (%)	IHS (%)
Controle	155.14±20.16	1.99±0.34	3.96±0.08	2.03±0.39	0.07±0.01	0.03±0.003
33%	145.82±19.24	1.84±0.32	3.65±0.46	2.00±0.26	0.07±0.02	0.02±0.01
66%	173.34±15.99	2.30±0.27	3.95±0.67	1.74±0.35	0.09±0.01	0.03±0.003
100%	130.85±9.50	1.60±0.16	3.78±0.46	2.39±0.49	0.08±0.03	0.02±0.01
<i>p</i> -valor	0.0748	0.0818	0.8210	0.2917	0.1214	0.1268
CV (%)	11.07	14.52	12.23	18.69	23.95	19.10

PF - Peso final; GPD - Ganho de peso diário; CD - Consumo diário; CA - Conversão alimentar; IVS – Índice viscerossomático; HIS – Índice hepatossomático.

3.2 Composição de carcaça

A composição de carcaça dos animais, após 60 dias de cultivo, não foi influenciada pela substituição da proteína da FP pela proteína do blend na dieta (Tabela 3).

Tabela 3. Composição de carcaça (média ± desvio padrão) de juvenis de *C. macropomum* alimentados com diferentes níveis de substituição de FP por um blend de farinha de insetos.

Composição de carcaça			
	Umidade	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)
Control	71.49±0.53	57.06±3.33	43.28±18.54
33%	71.49±0.97	57.92±2.92	35.19±8.68
66%	71.61±3.06	57.21±2.03	33.78±2.99
100%	71.37±1.15	56.42±2.62	34.85±3.16
<i>p</i> -valor	0.9930	0.7199	0.2141
* CV (%)	2.42	4.84	28.45

* Coeficiente de variação

3.3 Bioquímica sanguínea

A bioquímica sanguínea de juvenis de *C. macropomum* não foi influenciada pela substituição da proteína da FP pela proteína do blend na dieta (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros sanguíneos (média \pm desvio padrão) de juvenis de *C. macropomum* alimentados com diferentes níveis de substituição de FP por um blend de farinha de insetos.

Variáveis					<i>p</i> -valor	CV(%)
	Controle	33%	66%	100%		
Glicose (mg/dL)	76.50 \pm 10.24	63.81 \pm 12.40	70.61 \pm 10.07	63.19 \pm 18.36	0.1724	20.14
Creatinina (mg/dL)	0.40 \pm 0.15	0.36 \pm 0.08	0.26 \pm 0.11	0.26 \pm 0.13	0.0558	41.49
Colesterol (mg/dL)	109.82 \pm 38.71	92.33 \pm 49.27	98.58 \pm 51.99	104.23 \pm 39.34	0.9995	43.19
Triglicerídeos (mg/dL)	292.82 \pm 108.70	367.67 \pm 126.84	361.05 \pm 86.34	301.59 \pm 145.03	0.5570	36.07
HDL (mg/dL)	5.35 \pm 4.44	9.37 \pm 4.26	7.29 \pm 5.94	9.39 \pm 4.84	0.2185	64.71
LDL (mg/dL)	15.31 \pm 10.70	18.53 \pm 6.59	15.43 \pm 9.99	16.42 \pm 8.19	0.8867	53.86
PT (mg/dL)	3.89 \pm 0.15	3.92 \pm 0.27	2.79 \pm 1.71	3.01 \pm 1.53	0.2736	37.13
Albumina (g/dL)	0.82 \pm 0.30	0.80 \pm 0.31	0.74 \pm 0.41	0.83 \pm 0.17	0.6794	37.79
ALT(U/mL)	75.22 \pm 27.55	72.25 \pm 31.21	86.00 \pm 29.31	76.22 \pm 39.22	0.5187	40.02
AST (U/mL)	6.78 \pm 3.38	13.38 \pm 7.71	14.60 \pm 10.92	10.78 \pm 5.31	0.2095	68.41

PT – Proteína total; ALT - Alanina aminotransferase; AST - Aspartato aminotransferase;

3.4 Histologia intestinal

A morfometria intestinal dos juvenis de *C. macropomum* não foi influenciada pela inclusão do blend na dieta (Tabela 5).

Tabela 5. Morfometria intestinal (média \pm desvio padrão) de juvenis de *C. macropomum* alimentados com diferentes níveis de substituição de FP por um blend de farinha de insetos.

Morfometria intestinal		
	Comprimento das vilosidades (μm)	Largura das vilosidades (μm)
Controle	347.89 \pm 59.64	100.55 \pm 15.59
33%	321.89 \pm 71.88	100.83 \pm 16.88
66%	350.22 \pm 60.06	100.90 \pm 09.59
100%	388.00 \pm 87.03	108.13 \pm 14.24
p-valor	0.3373	0.6603
CV (%)	20.14	13.73

* Coeficiente de variação

4. Discussão

Este é o primeiro estudo a avaliar a mistura de duas farinhas de inseto (*Hermetia illucens* x *Musca domestica*) em substituição à farinha de peixe, para juvenis de tambaqui. Os animais se adaptaram bem às dietas experimentais e não houve diferenças estatísticas nas variáveis de desempenho, dentre os tratamentos testados. Resultados semelhantes foram descritos para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey et al., 2011) e robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Magalhães et al., 2017; Abdel-Tawwab et al., 2020), quando foi utilizada a farinha de larvas de *H. illucens* em substituição à farinha de peixe. Outros resultados semelhantes também foram descritos para bagre africano (*Clarias anguillaris*) (Achionye-Nzeh e Ngwudo, 2003) e barramundi (*Lates calcarifer*) (Lin e Mui, 2017), utilizando farinha de larvas de *M. domestica* em substituição à farinha de peixe na dieta. Esse estudo é precursor na utilização da mistura de duas farinhas de inseto em dietas para peixes, e os resultados de desempenho de crescimento foram promissores em comparação a outros trabalhos. Dessa forma, a substituição total (100%) de farinha de peixe pelo blend de farinhas de inseto não interfere no desempenho dos animais.

Os resultados de composição corporal acompanharam os resultados do desempenho. Não houve diferença estatística para os teores de umidade, proteína e extrato etéreo na carcaça dos animais alimentados com as diferentes dietas experimentais. Resultados semelhantes foram descritos para tilápia (*Oreochromis niloticus*) (Devic et al., 2017), carpa jian (*Cyprinus carpio*, var. Jian) (Li et al., 2017) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Dumas et al., 2018), onde a substituição de FP pela FMSN não influenciou a composição corporal dos animais em relação à dieta controle. Wang et al.

(2019) observaram que até 64% da FP pode ser substituída por FMSN, sem impacto na composição da carcaça (proteína bruta, lipídio bruto e matéria seca) de robalo japonês (*Lateolabrax japonicus*). Outros resultados semelhantes também foram descritos para tilápia (*Oreochromis niloticus*), utilizando-se farinha de larva de *M. domestica* em substituição à farinha de peixe, não sendo encontradas diferenças estatísticas na composição corporal dos animais (Wang et al., 2017). A variação entre os estudos provavelmente se deve a diferentes espécies animais e tipos de substratos de alimentação das larvas de insetos (Li et al., 2017; Wang et al., 2019).

A avaliação de parâmetros sanguíneos, como por exemplo o perfil bioquímico em peixes, permite elucidar fatores como condição fisiológica e metabólica dos animais, com relação direta com a nutrição, fisiologia e desequilíbrio homeostático de forma geral (Wagner e Congleton, 2004; Fazio, 2019; Ahmed et al., 2020). Além disso, a mensuração desses parâmetros bioquímicos são reconhecidos como indicadores sensíveis do estado de saúde dos peixes (Sankian et al., 2018).

No presente estudo, a substituição da FP pelo blend de farinhas de inseto na dieta dos juvenis de tambaqui não influenciou o perfil bioquímico sérico dos animais. Metabólitos como glicose, creatinina, colesterol, triglicerídeos, HDL, LDL, proteína total, albumina, ALT e AST não apresentaram alteração nos animais alimentados com as dietas teste, quando comparado àqueles que receberam a dieta controle, sem inclusão do blend de farinhas de inseto. Resultados semelhantes foram descritos para juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), onde a substituição de FP por FMSN não influenciou os níveis glicose, proteína total, albumina, ALT e AST (Abdel-Tawwab et al., 2020).

Magalhães et al. (2017) também descreveram resultados semelhantes, onde a substituição de FP por FMSN não influenciou os níveis de glicose, proteína total e triglicerídeos em juvenis de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), embora os níveis de colesterol plasmático tenham reduzido com o aumento da inclusão de pré-pupas da mosca soldado- negro (*Hermetia illucens*) na dieta, fato este atribuído à contribuição da quitina presente na farinha de inseto. Sankian et al. (2018) descreveram resultados semelhantes, onde a inclusão de farinha de *Tenebrio molitor* na dieta de juvenis de peixe mandarim (*Siniperca scherzeri*) não alterou os níveis de proteína total, triglicerídeos, albumina, AST e ALT. Já os níveis de colesterol também foram reduzidos nos maiores níveis de

substituição. A avaliação do perfil bioquímico sérico de peixes alimentados com dietas contendo farinha de *Musca domestica* são escassos na literatura.

As dietas experimentais contendo níveis crescentes de substituição de FP pelo blend de farinhas de inseto não induziu alterações morfológicas no intestino dos juvenis de tambaqui, sugerindo que a inclusão dessa mistura na dieta não influencia a conformação das vilosidades intestinais. Resultados semelhantes foram descritos para salmão do atlântico (*Salmo salar*) (Lock et al., 2015) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Renna et al., 2017), onde a substituição de FP por FMSN não influenciou a saúde intestinal desses animais. Dados sobre a saúde intestinal de peixes alimentados com farinha de *Musca domestica* na dieta, são escassos na literatura, sendo esse trabalho precursor nesse contexto.

5. Conclusão

O nível de substituição de 100% de farinha de peixe por um blend de farinhas de inseto (*Hermetia illucens* e *Musca domestica*) em dietas para juvenis de tambaqui promovem bom desempenho, além de não influenciar negativamente no perfil bioquímico sanguíneo, composição de carcaça e morfometria intestinal.

6. Referências bibliográficas

ABDEL-TAWWAB, M. et al. 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**, v. 522, n. January, p. 735136, 2020.

ACHIONYE-NZEH, C. G.; NGWUDO, O. S. Growth response of *Clarias anguillaris* fingerlings fed larvae of *Muscadomestica* and soyabean diet in the laboratory. **Biosci. Res. Commun.**, v. 15, n. 3, p. 221–223, 2003.

AHMED, I.; RESHI, Q. M.; FAZIO, F. The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: a review. **Aquaculture International**, v. 28, n. 3, p. 869–899, 2020.

DEVIC, E. et al. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced

nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 416–423, 2018.

DUMAS, A. et al. 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**, v. 492, n. January, p. 24–34, 2018.

FAZIO, F. Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. **Aquaculture**, v. 500, n. October 2018, p. 237–242, 2019.

LI, S. et al. 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**, v. 477, n. March, p. 62–70, 2017.

LIN, Y. H.; MUI, J. J. Evaluation of dietary inclusion of housefly maggot (*Musca domestica*) meal on growth, fillet composition and physiological responses for barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 5, p. 2478–2485, 2017.

LOCK, E. R.; ARSIWALLA, T.; WAAGBØ, R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 6, p. 1202–1213, 2016.

MAGALHÃES, R. et al. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 476, n. March, p. 79–85, 2017.

RENNA, M. et al. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1–13, 2017.

RONCARATI, A. et al. Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed mealworm (*Tenebrio molitor*) diet. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 1, n. 3, p. 233–240, 2015.

SANKIAN, Z. et al. Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical

indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles. **Aquaculture**, v. 496, n. June, p. 79–87, 2018.

WAGNER, T.; CONGLETON, J. L. Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 61, n. 7, p. 1066–1074, 2004.

WANG, G. et al. Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets. **Aquaculture**, v. 507, n. April, p. 144–154, 2019.

WANG, L. et al. A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 5, p. 983–993, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse trabalho foi possível concluir que existe grande variação nos resultados encontrados com substituições de FP por farinhas de insetos, tal variação pode ser relacionada a mudanças na composição das farinhas de insetos, seja pela espécie, estágio de vida e forma de processamento.