



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Walewska Barros da Costa

**Farinha de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) em dietas para juvenis de suruvi
(*Steindachneridion scriptum*)**

Florianópolis
2023

Walewska Barros da Costa

**Farinha de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) em dietas para juvenis de suruvi
(*Steindachneridion scriptum*)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Aquicultura

Orientador: Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Coorientadora: Prof^a. Débora Machado Fracalossi, Dr^a.

Florianópolis
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Costa, Walewska Barros da

Farinha de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) em dietas para juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) / Walewska Barros da Costa ; orientador, Alex Pires de Oliveira Nuñez, coorientador, Débora Machado Fracalossi, 2023.

53 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Espécie nativa. 3. Farinha de Inseto. 4. Nutrição animal. 5. Proteína. I. Nuñez, Alex Pires de Oliveira . II. Fracalossi, Débora Machado . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Aquicultura. IV. Título.

Walewska Barros da Costa

**Farinha de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) em dietas para juvenis de suruvi
(*Steindachneridion scriptum*)**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 13/07/2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Altevir Signor, Dr..
Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Prof. Robson Andrade Rodrigues, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina.

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestra em Aquicultura.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023

Dedico esse trabalho aos meus pais Sebastião e Francisca, aos meus avós Raimunda e “Bazinho” (*in memoriam*) e a todos que me apoiam.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer meus pais Sebastião e Francisca, meus irmãos Wallace e Welber, minha sobrinha Gabrielle por estarem sempre comigo, mesmo à distância, sendo apoio incondicional para conseguir finalizar essa etapa, e ao meu noivo Denner, por se fazer presente em todos os momentos.

Quero agradecer à Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura – PPGAQI por me receber, agradecer ao Coordenador Maurício Laterça e ao Carlito Klunk por todo profissionalismo e ajuda para entrega desse trabalho, também ao Prof. Alex Nuñez pelas orientações e auxílios, à Profa. Débora Fracalossi por aceitar me coorientar e estar sempre disponível para ajudar. Ao Prof. Diego da Costa e ao Evoy (filho), da CIMEX, pelos esforços para conseguir a farinha de insetos para utilização nesta pesquisa.

Agradeço todos os ensinamentos técnicos passados pelo Luciano Weiss e Vinícius Buratto durante a minha permanência no LAPAD, ao auxílio do Guto e Maria Fernanda do LABNUTRI para a fabricação das dietas e análises das dietas e dos animais, e ao suporte dos amigos que acompanharam e ajudaram nesta jornada nas rotinas do laboratório, nas coletas e análises: Juliana Ferreira, Jorge Banze, Janaína Pedron, Maurício, Rafael, Vitor, Michele, Sara e Winnícius.

Gostaria de expressar meus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro que possibilitou a realização desta pesquisa através da concessão de bolsa estudantil processo 131323/2020-2.

“Há algo infinitamente curativo nos refrões repetidos da natureza: a garantia de que o amanhecer vem depois da noite e a primavera depois do inverno.”
(Rachel Carson)

RESUMO

A redução do uso de insumos que causam forte impacto no meio ambiente, como a farinha de peixes em rações, contribui para que a sustentabilidade na aquicultura seja alcançada. Nesse sentido, o uso de fontes proteicas alternativas, como a farinha de mosca-soldado-negra (BSF, do inglês, *black soldier fly*, *Hermetia illucens*), tem mostrado resultados promissores na substituição da farinha de peixe, e pode ser aplicado ao cultivo de espécies nativas. Para investigar os efeitos dessa substituição no desempenho zootécnico em juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*), foi conduzido um experimento a partir do uso de rações formuladas com quatro níveis de substituição de proteína da farinha de peixe por proteína de farinha de BSF (20%, 40%, 60% e 80%) e com um grupo controle (0%) , com quatro repetições para cada nível de substituição. Foram alocados juvenis de suruvi com peso médio inicial de $87,38 \pm 2,36$ g em unidades experimentais de 100 L, em densidade de estocagem de $8,7 \text{ kg/m}^3$. O experimento teve duração de 88 dias, sendo realizadas biometrias periódicas para obtenção de dados de peso e comprimento. Foram analisadas variáveis de desempenho zootécnico e de composição corporal através de biometrias e análises periódicas dos exemplares. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) no desempenho dos peixes alimentados com diferentes níveis de substituição proteica no ganho em peso (média $80,19 \pm 1,50$ g), na taxa de crescimento específico (de $0,73 \pm 0,05\%$ a $0,76 \pm 0,02\%$), na ingestão alimentar, % peso.dia⁻¹ (de $1,42 \pm 0,06$ a $1,54 \pm 0,06$), na conversão alimentar (de $1,95 \pm 0,10$ a $2,13 \pm 0,08$) ou na taxa de eficiência proteica (de $1,25 \pm 0,05\%$ a $1,42 \pm 0,13\%$) entre juvenis de suruvi, quando comparados com os que receberam as dietas controle. Não foi registrada mortalidade durante o experimento. Quanto a composição corporal dos suruvis, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) em umidade, proteína e extrato etéreo, mas o conteúdo corporal em cinzas foi significativamente afetado pelas dietas, sendo observado um declínio nos minerais, inversamente proporcional ao aumento da substituição proteica nas dietas. Assim, a substituição da fração proteica da farinha de peixe por proteína de BSF em até 80% é viável.

Palavras-chave: Aquicultura, Espécie nativa, Farinha de Inseto, Nutrição animal, Proteína.

ABSTRACT

Reducing the use of environmentally impactful inputs, such as fish meal in feed, contributes to achieving sustainability in aquaculture. In this context, alternative protein sources, such as black soldier fly meal (BSF, *Hermetia illucens*), have shown promising results in replacing fish meal and can be applied to the cultivation of native species. The effects of this substitution on the zootechnical performance of suruvi (*Steindachneridion scriptum*) juveniles were analyzed in an experiment conducted using diets formulated with four levels of fish meal protein substitution by BSF meal protein (20%, 40%, 60%, and 80%) and a control group (0%), with four replicates for each substitution level. Suruvi juveniles with an initial average weight of 87.38 ± 2.36 g were allocated to experimental units of 100 L at a stocking density of 8.7 kg/m^3 . The experiment lasted 88 days, with periodic biometries to obtain weight and length data. Zootechnical performance and body composition variables were analyzed through periodic biometries and specimen analyses. The results showed no significant differences ($p > 0.05$) in the performance of fish fed with different levels of protein substitution in terms of weight gain (mean 80.19 ± 1.50 g), specific growth rate (from $0.73 \pm 0.05\%$ to $0.76 \pm 0.02\%$), feed intake, % body weight.day⁻¹ (from 1.42 ± 0.06 to 1.54 ± 0.06), feed conversion ratio (from 1.95 ± 0.10 to 2.13 ± 0.08), or protein efficiency ratio (from $1.25 \pm 0.05\%$ to $1.42 \pm 0.13\%$) among suruvi juveniles when compared to those receiving control diets. No mortality was recorded during the experiment. Regarding the body composition of suruvi, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in moisture, protein, and ether extract. However, the ash content in the body was significantly affected by the diets, with a decline in minerals inversely proportional to the increase in protein substitution in the diets. Thus, substituting the protein fraction of fish meal with BSF protein up to 80% is feasible.

Keywords: Aquaculture, Native species, Insect meal, Animal nutrition, Protein.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Vista dorsal de juvenil de suruvi (*Steindachneridion scriptum*). 16
- Figura 2 – Estágios de desenvolvimento da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*). 18
- Figura 3 – Quartis, medianas, máximos e mínimos das variáveis de desempenho zootécnico em a), ganho em peso (%.dia⁻¹) e em b), taxa de retenção proteica (%) de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias..... 31
- Figura 4 – Regressão linear significativa ($p < 0,05$) para o conteúdo de cinzas de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias..... **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDA_{PB}) e da energia (CDA_{EB}) de diferentes farinhas de insetos em dietas de juvenis para diferentes espécies de peixes. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2 – Composição centesimal dos principais ingredientes proteicos utilizados na confecção das dietas experimentais. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3 – Formulação e composição das dietas experimentais com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha da BSF (valores expressos na matéria seca) para alimentação de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*). **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 4 – Aminograma dos principais ingredientes proteicos utilizados na alimentação de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) com dietas com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 5 – Desempenho zootécnico (média \pm erro padrão) de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias. **Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 6 – Composição corporal (média \pm erro padrão), de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias. **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSF:	Black Soldier Fly
FP:	Farinha de Peixe
CDAPB:	Coefficiente de Digestibilidade da Proteína Bruta
CDAEB:	Coefficiente de Digestibilidade da Energia Bruta
TCE:	Taxa de Crescimento Específico
CAA:	Conversão Alimentar Aparente
GP:	Ganho em Peso
W0:	Peso inicial
WF:	Peso final
IMF:	Ingestão médio de ração no final do experimento
TEP:	Taxa de eficiência proteica
I_p :	Ingestão de Proteínas
S:	Sobrevivência
LAPAD:	Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce
LABNUTRI:	Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
1.1	O SURUVI.....	16
1.2	USO E QUALIDADE DA FARINHA DE INSETOS.....	17
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Objetivo Geral.....	19
1.3.2	Objetivos Específicos.....	19
2	ARTIGO CIENTÍFICO:.....	21
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.2.1	Ingredientes, composição, qualidade e dietas experimentais.....	25
2.2.2	Condições experimentais e manejo dos peixes	27
2.2.3	Desempenho zootécnico.....	28
2.2.4	Composição corporal.....	29
2.2.5	Análise estatística	29
2.3	RESULTADOS.....	30
2.3.1	Perfil de aminoácidos	30
2.3.2	Desempenho zootécnico.....	30
2.3.3	Composição corporal.....	32
2.4	DISCUSSÃO	33
2.5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS DO ARTIGO.....	36
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	45
	ANEXO I.....	50
	ANEXO II.....	51
	MATERIAL SUPLEMENTAR.....	52

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil a piscicultura está fundamentada na produção de grupos de peixes exóticos, como as carpas e as tilápias, devido à maior disponibilidade de técnicas para cultivo e maior número de estudos a eles relacionados (BRABO *et al.* 2016).

Existem ao menos trinta espécies nativas de peixes com potencial para produção (BALDISSEROTTO; GOMES, 2018), sendo que entre os Siluriformes a família Pimelodidae se destaca como uma das mais importantes (MORO *et al.* 2013). Como exemplos da família Pimelodidae para potencial de cultivo, podem ser citadas as espécies dos gêneros *Brachyplatystoma* (filhotes, piraíbas e douradas), *Steindachneridion* e *Pseudoplatystoma* (surubins, pintados e cacharas), entre outras (MORO *et al.* 2013). Dentre essas espécies, o suruvi, *Steindachneridion scriptum* Miranda-Ribeiro 1918, mostrou excelente desempenho em cultivo em tanque-rede (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2010).

O suruvi apresenta potencial para a piscicultura e o desenvolvimento de seu cultivo em cativeiro é essencial, pois a espécie se encontra em risco de extinção, conforme apontado na última atualização do Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018). Pois o suruvi, que é nativo das bacias do alto rio Paraná e do rio Uruguai (GARAVELLO, 2005), tem suas populações impactadas pela construção de usinas hidrelétricas, pelo desmatamento e pela poluição (MEURER, 2010). A preservação dos estoques naturais de espécies de peixes, bem como a manutenção da sua abundância e diversidade, pode ser atingida através da redução da captura pela pesca e pelo repovoamento em zonas degradadas (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007) e, neste sentido, os métodos desenvolvidos para a produção de espécies nativas em cativeiro são fundamentais.

O suruvi é uma espécie de grande porte, sendo encontrada em locais profundos que sucedem corredeiras em rios de médio a grande porte (ICMBio, 2018). Apresenta hábito alimentar piscívoro e maior atividade durante a noite (ZANIBONI-FILHO *et al.* 2008). É uma espécie reofílica que realiza curtas migrações reprodutivas, muito apreciada pela qualidade da sua carne e rendimento de filé (semelhante entre machos e fêmeas), além de apresentar rusticidade e alta tolerância às condições de manejo (MORO *et al.* 2013; MAGHELLY *et al.* 2014; VIANA *et al.* 2020). No entanto, um grande gargalo para o cultivo desta, e de outras espécies nativas brasileiras, é a ausência de dietas espécie-específicas, visto que a grande diversidade de peixes representa um desafio a ser superado (FRACALLOSSI; CYRINO, 2013),

principalmente para espécies carnívoras como o pirarucu (*Arapaima gigas*), o tucunaré-açu (*Cichla temensis*) e o dourado (*Salminus brasiliensis*), que exigem uma alta porcentagem de proteína na dieta (RODRIGUES *et al.* 2013).

As fontes de proteína utilizadas em dietas normalmente aplicáveis no cotidiano do manejo alimentar de organismos aquáticos, apresentam entraves ambientais e econômicos que advêm da obtenção da matéria-prima (CYRINO *et al.* 2010). Para o ano de 2029, as projeções de mercado indicam que a produção de pescado global oriundo da aquicultura ultrapassará a captura por pesca, mantendo-se estáveis a produção de recursos como farinha e óleo de peixe (OECD/FAO, 2020). Portanto, a produção desses importantes insumos para a fabricação de rações, principalmente para espécies aquáticas carnívoras (NRC, 2011), não acompanhará as demandas da aquicultura.

Na nutrição de organismos aquáticos, a farinha de peixes é muito utilizada como fonte de proteína animal, por apresentar alta palatabilidade, excelente perfil de aminoácidos indispensáveis, fosfolipídios e ácidos graxos (FURUYA, 2010). No entanto, a crescente demanda deste produto compromete a sustentabilidade dos recursos pesqueiros (HARDY, 2010). O farelo de soja é outro importante ingrediente amplamente empregado na formulação de rações como fonte proteica, pois apresenta melhores perfis de aminoácidos e de coeficiente de digestibilidade quando comparados a outras fontes vegetais (MONTROYA-CAMACHO *et al.* 2019). Entretanto, os fatores antinutricionais que esse ingrediente apresenta, como o fitato, forma indisponível de fósforo para os peixes, presente em muitos vegetais, e a deficiência em metionina e cisteína, são características que limitam o seu uso na aquicultura (STECH; CARNEIRO; DE CARVALHO, 2010). Além disso, a soja é utilizada em diversos setores de mercado, destinando-se para produção de biocombustíveis e para a alimentação de aves, suínos e humanos, de modo que sua elevada demanda pode dificultar o acesso e uso desse ingrediente para dietas de animais aquáticos (CRUZ; RUFINO, 2017). Em vista desses fatores, a busca por ingredientes proteicos alternativos à farinha de peixe, utilizada como ingrediente padrão em dietas práticas na aquicultura, motiva o desenvolvimento de pesquisas com fontes proteicas diversas, de origem vegetal ou animal (LUTHADA-RASWISWI; MUKARATIRWA; O'BRIEN, 2021).

Neste cenário, a utilização de insetos como fonte alternativa de proteínas, para substituição parcial ou total da farinha de peixes nas rações, surgiu dos esforços de fabricantes e instituições de pesquisas cientes dos impactos ambientais e econômicos promovidos pela utilização desse ingrediente (GARCIA; ALTIERI, 2005), sendo um mercado ainda a ser explorado no Brasil (SCHARDONG *et al.* 2019).

Farinhas de insetos produzidas a partir da mosca-soldado-negra, *Hermetia illucens* (BSF, do inglês *black soldier fly*), do besouro tenébrio (*Tenebrio molitor*), do grilo doméstico (*Acheta domestica*) e de algumas espécies de baratas têm sido utilizadas em dietas para frangos de corte (ALLEGRETTI *et al.* 2018; JÓZEFIAK *et al.* 2016; ABD EL-HACK *et al.* 2020) e suínos (VELDKAMP e BOSCH, 2015; CHIA *et al.* 2019; MEYER *et al.* 2020). No Ocidente, culturalmente ainda há resistência na utilização de insetos em dietas para animais de produção (VERBEKE, 2015), e, como consequência, a disponibilidade de farinhas de insetos no mercado é ínfima, devido à ausência ou à baixa produção, que se constitui em barreira para a sua utilização. Entretanto, estudos pioneiros demonstraram o seu potencial para utilização como ingrediente de rações para animais de produção, inclusive para animais aquáticos (NANDEESHA *et al.* 1990; HOSSAIN; NAHAR; KAMAL, 1997).

Recentemente, estudos apontaram que a substituição da farinha BSF para juvenis de bagre-amarelo, *Pelteobagrus fulvidraco* (XIAO *et al.* 2018 - substituição máxima de 48%), para larvas de tilápia, *Oreochromis niloticus* (DEVIC *et al.* 2018 - substituição máxima de 80%), para juvenis de salmão-do-Atlântico, *Salmo salar* (LI *et al.* 2020 - substituição de 100%), para juvenis de truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (HUYBEN *et al.* 2019 - substituição máxima 30%), para juvenis de esturjão-siberiano, *Acipenser baerii Brandt* (CAIMI *et al.* 2020 - substituição máxima de 25%), e para juvenis de camarão-branco-do-Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (CUMMINS JR *et al.* 2017 - substituição máxima inferior a 25%), apresentaram resultados promissores com relação ao desempenho zootécnico, saúde intestinal e microbiota. Entretanto, alguns estudos mostraram que a quitina, componente primário que compõe o exoesqueleto dos insetos (XIAO *et al.* 2018; CUMMINS JR *et al.* 2017; LI *et al.* 2020), e o alto teor lipídico na composição do ingrediente podem ser fatores limitantes para inclusão nas dietas.

No Brasil, ainda são poucas as regulamentações para a produção de insetos para a alimentação animal e inexistentes à alimentação humana (COSTA *et al.* 2021). A falta de incentivos para a produção das larvas de insetos, que ainda é de pequena escala, e o seu preço, limitam o aumento da utilização de insetos como alimento (GARCIA; ALTIERI, 2005). Entretanto dado o Ofício-Circular N° 33/2023/CGI/DIPOA/SDA/MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023), que dispõe dos procedimentos de registro, fiscalização, rotulagem e trânsito de produtos à base de insetos para alimentação animal, o cenário de produção de insetos no Brasil para alimentação de animais poderá ter uma perspectiva evolutiva estimulante.

Os insetos saprófagos como a mosca-soldado-negra, além de suas qualidades como fonte de proteína, podem ser aliados à ciclagem de nutrientes, o que minimiza os impactos ambientais

gerados pelos resíduos orgânicos, como carcaças de peixes (LOPES *et al.* 2020). Nesse contexto, verifica-se que a BSF (*Hermetia illucens*) proporciona bons resultados de inclusão nas dietas e de respostas em desempenho zootécnico para organismos aquáticos (REIS; DIAS, 2020; GASCO *et al.* 2018), quando comparada à utilização do besouro tenébrio (*Tenebrio molitor*) e da mosca doméstica (*Musca domestica*).

1.1 O SURUVI

O suruvi, *S. scriptum*, Miranda Ribeiro 1918, é uma espécie da ordem Siluriformes e da família Pimelodidae, nativa da bacia do rio Uruguai e do alto rio Paraná, que possui o corpo alongado de coloração acinzentada, com manchas pretas alongadas irregulares, nadadeiras e barbilhões longos em tom cinza escuro e abdômen esbranquiçado (Figura 1).

Esta espécie alcança grande porte, atingindo 90 cm de comprimento total e 7,0 kg de peso, sendo encontrada em locais profundos que sucedem corredeiras em rios de médio a grande porte (ICMBio, 2018), e apresenta hábito alimentar piscívoro e comportamento noturno (MEURER e ZANIBONI-FILHO, 2000).

O suruvi realiza movimentos migratórios curtos e moderados para reprodução, que ocorre entre setembro e novembro, com desova total. Não apresenta dimorfismo sexual, no entanto é possível identificar machos em plena maturação através da liberação de sêmen, obtida por leve compressão abdominal (ROJAS *et al.* 2017). Em cativeiro, pode apresentar extensão do período reprodutivo até dezembro, por influência da temperatura em regiões frias, como na Serra Catarinense, onde a época da reprodução ocorre antecipadamente, quando comparada a de peixes estocados em viveiros no litoral catarinense (ZANIBONI-FILHO; REYNALTE-TATAJE; HERMES-SILVA, 2010; ABREU, 2015).

Figura 1 – Vista dorsal de juvenil de suruvi (*Steindachneridion scriptum*).



Fonte: Acervo pessoal.

O suruvi é considerado um peixe de carne nobre, sem espinhas intramusculares, com rendimento de carcaça e filé similar para machos e fêmeas, com satisfatórios rendimentos corporais e características morfométricas para produção comercial (MAGHELLY *et al.* 2014). Para Schütz *et al.* (2008), a espécie apresenta potencial para cultivo na região Sul do Brasil, por se alimentar em temperaturas baixas (entre 12° e 15° C) e por apresentar comportamento dócil durante o cultivo. Também se mostrou adaptada a cultivos em viveiros e em tanque-redes, em densidade de estocagem de 60 peixes/m³, sem apresentar prejuízos ao seu desempenho zootécnico (NASCIMENTO, 2012).

O suruvi é uma espécie considerada em risco de extinção (EN) na portaria do Ministério do Meio Ambiente nº445, de 17 de dezembro de 2014 (ICMBio, 2016), que já foi uma das espécies mais capturadas em biomassa nas regiões das usinas hidrelétricas de Itá e de Machadinho (BEUX e ZANIBONI-FILHO, 2008; SCHORK *et al.* 2012; PAIXÃO *et al.* 2016). Quando cultivada, a larvicultura é uma das etapas mais críticas da produção desta espécie, devido ao comportamento canibalístico das larvas. No entanto, para juvenis o menor consumo e a melhor frequência alimentar foram registrados em condições de escuridão total, uma vez ao dia (ZANIBONI-FILHO *et al.* 2008; VIANA *et al.* 2020).

1.2 USO E QUALIDADE DA FARINHA DE INSETOS

Em comparação com ingredientes proteicos vegetais comumente utilizados para substituir a farinha de peixes, como farelo de soja, os insetos produzidos em substratos e subprodutos de resíduos orgânicos requerem pouca energia e água, deixam uma pequena pegada ecológica e têm uma necessidade limitada de terras (OONINCX e DE BOER, 2012). Motivados por esse e outros fatores, várias espécies de insetos ganharam maior atenção como matéria-prima para alimentos, rações e aplicações industriais (GASCO *et al.* 2018), frente a farinha de peixe e farelo de soja (ANEXO I).

A utilização de farinha de insetos como ingrediente proteico em dietas para animais aquáticos tem aumentado devido ao seu alto valor nutricional e coeficientes de digestibilidade, que são muito similares aos da farinha de peixe (Tabela 1). Ressalta-se que, para animais aquáticos, coeficientes de digestibilidade para proteína bruta e energia bruta (CDA_{PB} e CDA_{EB}) superiores a 80% são considerados adequados (DE SILVA e ANDERSON, 1994). No entanto, a composição e a qualidade das farinhas de insetos são muito variáveis, em função da espécie utilizada em sua produção, ao substrato de cultivo e ao processamento da matéria-prima (HUA, 2021; ARANTES *et al.* 2021).

Tabela 1 – Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDA_{PB}) e da energia (CDA_{EB}) de diferentes farinhas de insetos em dietas de juvenis para diferentes espécies de peixes.

Espécie avaliada	Nível/Inclusão (%)	Espécie de Inseto	CDA _{PB} (%)	CDA _{EB} (%)	Autor (ano)
<i>Acipenser baerii</i>	25 - 50	<i>Hermetia illucens</i>	86,5 – 86,6	81,4 – 81,7	Caimi <i>et al.</i> (2020)
<i>Argyrosomus regius</i>	10 – 30	<i>Hermetia illucens</i>	91,3 - 93,1	84,3 - 85,6	Antunes (2019)
<i>Colossoma macropomum</i>	30	<i>Tenebrio molitor</i>	93,1	-	Lira (2015)
<i>Dicentrarchus labrax</i>	25	<i>Tenebrio molitor</i>	92,0	-	Gasco <i>et al.</i> (2016)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	25 – 100	<i>Tenebrio molitor</i>	76,1	66,5	Panini <i>et al.</i> (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i>	9 – 36	<i>Musca domestica</i>	88,3 – 90,7	78,1 - 81,9	Wang <i>et al.</i> (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i>	20	<i>Nauphoeta cinerea</i>	69,6	58,4	Fontes <i>et al.</i> (2019)
<i>Oreochromis niloticus</i>	20	<i>Zophobas morio</i>	70,0	80,1	Fontes <i>et al.</i> (2019)
<i>Oreochromis niloticus</i>	20	<i>Gromphadorhina portentosa</i>	61,6	47,4	Fontes <i>et al.</i> (2019)
<i>Oreochromis niloticus</i>	20	<i>Gryllus assimilis</i>	39,7	47,0	Fontes <i>et al.</i> (2019)
<i>Oreochromis niloticus</i>	20	<i>Tenebrio molitor</i>	85,4	82,1	Fontes <i>et al.</i> (2019)

- Não mensurado pelos autores.

A mosca-soldado-negra é considerada adequada para produção em massa e apresenta potencial para descartar de forma eficiente uma ampla variedade de resíduos orgânicos, convertendo-os em biomassa rica em proteínas e gordura, pois não são seletivas em termos de criação substrato e sua taxa de conversão alimentar é eficiente (GOLD *et al.* 2018).

A BSF tem vários estágios de desenvolvimento, que inclui ovos, larvas, pupas e adultos (Figura 2). No estágio pré-pupal, atingem o máximo teor de gordura (precisam de reservas energéticas para os estágios subsequentes), durante o cultivo, a alimentação é limitada a fase larval e durante o estágio de pré-pupa, eles migram do alimento em busca de um local seco onde ocorre a pupação (NEWTON *et al.* 2005; LIU *et al.* 2017).

Figura 2 – Estágios de desenvolvimento da mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*).



Fonte: Adaptado de De Smet *et al.* (2018).

Nos últimos anos, o uso da farinha de BSF na alimentação de animais aquáticos aumentou. É uma fonte proteica alternativa sustentável e de baixo impacto ambiental (MAKKAR *et al.* 2014), possui um perfil de aminoácidos muito semelhante ao da farinha de peixe produzida com arenque, apresentando inclusive aminoácidos indispensáveis, como a histidina (3,34%) e a metionina (2,18%), em maior concentração (VASCONCELOS, 2019). Entretanto, a quitina, um polímero linear de cadeia longa de N-acetilglicosamina, presente nesta farinha, tem sido o fator limitante para o aumento da inclusão nas dietas, pois esse componente não é bem digerido ou pode prejudicar o desempenho de peixes (HUANG *et al.* 2022). Além dos custos elevados para sua aquisição em comparação com outras fontes proteicas, visto que a produção de insetos ainda é em pequena escala e parte do processamento é feito de forma manual (GAHUKAR, 2016).

O presente estudo contribuirá para a compreensão do uso de farinha de BSF no manejo alimentar do carnívoro suruvi, e poderá servir como base para outras pesquisas, principalmente com bagres nativos de água doce do Brasil, colaborando ainda com a viabilidade da criação e com a preservação dessas espécies. Além disso, este estudo visa prover uma alternativa proteica que possibilite a redução ou substituição da utilização da farinha de peixe pela farinha de BSF em dietas para carnívoros, colaborando com a redução do extrativismo sobre os estoques naturais de pescados destinados à produção de farinha, como a anchova, a sardinha e o arenque.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína de farinha de mosca-soldado-negro (BSF) *Hermetia illucens*, sobre o desempenho zootécnico e composição corporal de juvenis de suruvi *Steindachneridion scriptum*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever o perfil de aminoácidos da farinha de peixe e da farinha de BSF;
- b) Quantificar o ganho em peso, a ingestão média de ração, a conversão alimentar aparente, a taxa de crescimento específico e a sobrevivência de juvenis de *S. scriptum* alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de BSF;

- c) Determinar a composição corporal de juvenis de *S. scriptum* alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de BSF;
- d) Quantificar a taxa de eficiência e retenção proteica em juvenis de *S. scriptum* alimentados com dietas com diferentes níveis de inclusão de farinha de BSF.

2 ARTIGO CIENTÍFICO:

Crescimento e composição corporal de juvenis de suruvi, *Steindachneridion scriptum*, (Miranda Ribeiro, 1918) alimentados com dietas contendo farinha de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*)

Walewska Barros da Costa^a, Jorge Filipe Banze^a, Maria Fernanda Oliveira da Silva^b, Débora Machado Fracalossi^b, Alex Pires de Oliveira Nuñez^{b*}

^a Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 88034-000, Brasil.

^b Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 88034-000, Brasil.

* Autor para correspondência: Alex Pires de Oliveira Nuñez

RESUMO

Para redução ou substituição do uso da farinha de peixes têm-se buscado fontes alternativas e sustentáveis, como a proteína da farinha de insetos, que tem se mostrado promissora na alimentação de peixes. Com o objetivo de investigar os efeitos dessa substituição no desempenho zootécnico de juvenis de suruvi, *Steindachneridion scriptum*, espécie nativa do Brasil e ameaçada de extinção, foi realizado um experimento utilizando rações formuladas com quatro níveis de substituição da proteína da farinha de peixe pela proteína da BSF (do inglês *black soldier fly* - *Hermetia illucens*), nas proporções de 20%, 40%, 60% e 80%, além de um grupo controle (0%), com quatro repetições para cada nível de substituição. Foram alocados juvenis de suruvi com peso médio inicial de $87,38 \pm 2,36$ g em unidades experimentais de 100 L, em densidade de estocagem de $8,7 \text{ kg/m}^3$. Os parâmetros zootécnicos e a composição corporal foram monitorados por meio de biometrias e análises periódicas dos exemplares, e os dados obtidos ao final de 88 dias de experimento foram submetidos à análise de regressão linear. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) no desempenho dos peixes alimentados com diferentes níveis de substituição proteica no ganho em peso (média $80,19 \pm 1,50$ g), na taxa de crescimento específico (de $0,73 \pm 0,05\%$ a $0,76 \pm 0,02\%$), na ingestão alimentar, % peso.dia-1 (de $1,42 \pm 0,06$ a $1,54 \pm 0,06$), na conversão alimentar (de $1,95 \pm 0,10$ a $2,13 \pm 0,08$) ou na taxa de eficiência proteica (de $1,25 \pm 0,05\%$ a $1,42 \pm 0,13\%$) entre juvenis de suruvi, quando comparados com os que receberam as dietas controle. Não foi registrada mortalidade durante o experimento. Quanto a composição corporal dos suruvis, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) em umidade, proteína e extrato etéreo, mas o conteúdo corporal em cinzas foi significativamente afetado pelas dietas, sendo observado um declínio nos minerais, inversamente proporcional ao aumento da substituição proteica nas dietas. Assim, a substituição da fração proteica da farinha de peixe por proteína de BSF em até 80% é viável.

Palavras-chave: Aquicultura, Agricultura sustentável, Nutrição animal, Farinha de insetos, Proteína.

ABSTRACT

Alternative and sustainable sources have been sought to reduce or replace the use of fishmeal, such as insect meal protein, which has shown promise in fish feed. In order to investigate the effects of this substitution on the zootechnical performance of suruvi juveniles, *Steindachneridion scriptum*, a native Brazilian species threatened with extinction, an experiment was conducted using rations formulated with four levels of substitution of fishmeal protein by BSF protein (black soldier fly - *Hermetia illucens*), in the proportions of 20%, 40%, 60%, and 80%, in addition to a control group (0%), with four replicates for each level of substitution. Suruvi juveniles with an average initial weight of 87.38 ± 2.36 g were allocated to experimental units of 100 L at a stocking density of 8.7 kg/m³. Zootechnical parameters and body composition were monitored using biometrics and periodic analyses of the specimens, and the data obtained at the end of 88 days of the experiment were subjected to linear regression analysis. The results showed that there were no significant differences ($p > 0.05$) in the performance of fish fed with different levels of protein substitution in weight gain (average 80.19 ± 1.50 g), specific growth rate (from $0.73 \pm 0.05\%$ to $0.76 \pm 0.02\%$), feed intake, % weight.day⁻¹ (from 1.42 ± 0.06 to 1.54 ± 0.06), feed conversion (from 1.95 ± 0.10 to 2.13 ± 0.08), or protein efficiency ratio (from $1.25 \pm 0.05\%$ to $1.42 \pm 0.13\%$) between suruvi juveniles, when compared to those that received the control diets. No mortality was recorded during the experiment. As for the body composition of suruvi, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in moisture, protein, and ether extract, but the body ash content was significantly affected by the diets, with a decline in minerals being observed, inversely proportional to the increase in protein substitution in the diets. Thus, the substitution of the protein fraction of fishmeal by BSF protein up to 80% is feasible.

Keywords: Aquaculture, Sustainable agriculture, Freshwater, Animal nutrition, Insect meal, Protein.

2.1 INTRODUÇÃO

A produção da piscicultura continental no Brasil, tem se desenvolvido com base na criação de espécies exóticas ou não nativas, mesmo o país sendo mundialmente reconhecido pela elevada diversidade biológica. Esta condição está associada à concentração de pesquisas e conhecimento de técnicas já desenvolvidas para tais espécies, devido ao maior comércio que elas apresentam (NASCIMENTO *et al.* 2016; BRABO *et al.* 2016; BALDISSEROTTO; GOMES, 2018).

Seguindo a tendência nacional, a maior produção da piscicultura do estado de Santa Catarina, de aproximadamente 265 mil toneladas entre os anos de 2015 e 2020, foi obtida com a criação de espécies exóticas (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Oncorhynchus mykiss* e *Ictalurus punctatus*), segundo dados da EPAGRI/CEPA publicados no Observatório Agro

Catarinense (OBSERVATÓRIO AGRO CATARINENSE, 2023). Em contrapartida, a produção de espécies nativas no estado, para o mesmo período foi de aproximadamente 6 mil toneladas, considerando as espécies *Rhamdia quelen* (jundiá), *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Astyanax bimaculatus* (lambari).

Entretanto, outra espécie que poderia contribuir para o incremento da piscicultura de espécies nativas é *Steindachneridion scriptum*, o suruvi, espécie reofilica piscívora, da ordem Siluriformes, nativa das bacias do rio Uruguai e do alto rio Paraná, que se encontra em risco de extinção devido às ações antrópicas na região (GARAVELLO, 2005; BEM *et al.* 2017).

Segundo Schütz *et al.* (2008), a espécie apresenta potencial para cultivo na região Sul do Brasil, por se alimentar em temperaturas baixas (entre 12° e 15° C) e por apresentar comportamento dócil durante o cultivo, que também se mostrou adaptada a cultivos em viveiros e em tanque-redes, em densidade de estocagem de 60 peixes/m³, sem apresentar prejuízos ao desempenho zootécnico (NASCIMENTO, 2012). É considerada uma espécie de carne nobre, sem espinhas intramusculares, que não apresenta limitações quanto aos rendimentos corporais e às características morfométricas, semelhantes entre fêmeas e machos, para a produção comercial (MAGHELLY *et al.* 2014).

A piscicultura de espécies nativas do Brasil enfrenta impasses, especialmente em relação a escolha de rações balanceadas e a disponibilidade de rações comerciais voltadas para peixes nativos. Existe um grande número de espécies com potencial para cultivo, cada uma possui exigências nutricionais específicas, e muitas vezes faltam informações sobre os ingredientes e formulações ideais para atender a essas necessidades (COLDEBELLA e RADÜNZ NETO, 2002; BOSCOLO *et al.* 2011; DURIGON *et al.* 2021). Além disso, a disponibilidade de ingredientes proteicos, como farinha de peixe e farelo de soja, comumente utilizados na fabricação de rações, é limitada a algumas regiões brasileiras, sendo necessário o aproveitamento de subprodutos e resíduos agroindustriais regionalmente disponíveis. (SIGNOR *et al.* 2008; RESENDE, 2009).

A farinha de peixe é reconhecida pela alta palatabilidade nas dietas e perfil equilibrado em aminoácidos, além de também ser um dos ingredientes mais onerosos para fabricação de rações (VALLE *et al.* 2015; BANZE *et al.* 2017). Além do custo, existe forte pressão para a redução da sua utilização, devido à sua forma de obtenção, que é realizada através da pesca predatória de espécies forrageiras, o que produz prejuízos à cadeia trófica marinha (VELDKAMP e BOSCH, 2015).

Por isso, tem se buscado fontes proteicas alternativas para substituição da farinha de peixes, porém as opções existentes para formulação de rações para carnívoros, não atendem

perfeitamente às necessidades em aminoácidos essenciais. Fontes proteicas alternativas de origem vegetal, como o farelo de soja, costumam apresentar baixa quantidade de lisina e presença de fatores antinutricionais (CRUZ; RUFINO, 2017). Além disso, por serem consideradas *commodities*, seu valor está vinculado ao do dólar americano. A utilização do farelo de soja também recebe críticas, pois existem estudos que atestam que seu uso causa inflamação no trato digestório, ocasionada pelo desbalanço entre os aminoácidos essenciais, além do alto teor de fibras e polissacarídeos não amiláceos (GAI *et al.* 2012; ARANTES *et al.* 2021). Ressalta-se ainda que rações formuladas com fontes proteicas de baixo valor biológico, ricas em proteínas na forma de nitrogênio não proteico, podem causar prejuízo à qualidade da água e ao meio ambiente.

Neste sentido, diversos estudos têm buscado avaliar o desempenho e a possibilidade de uso de novos ingredientes, como a silagem de peixe (BANZE *et al.* 2017), os hidrolisados proteicos (QUINTO, 2016) e a inclusão proteica de farinha de insetos (LIRA *et al.* 2015; GASCO *et al.* 2018; PANINI *et al.* 2017; ANTUNES, 2019; CAIMI *et al.* 2020), em substituição à farinha de peixe.

Os insetos podem ser aliados valiosos na produção de alimentos sustentáveis, pois são decompositores de grande quantidade de matéria orgânica, atuam como bioestimulante e antimicrobiano natural, necessitam de menor quantidade de água para a produção, comparada a outras fontes proteicas, demandam pouco espaço para cultivo e podem ser completamente utilizados, tanto para a alimentação humana quanto para a animal devido ao excelente perfil de aminoácidos e ácidos graxos que apresentam, e por serem criados em ciclos curtos de produção (ARANTES *et al.* 2021).

Os estudos dos principais efeitos do uso de insetos em rações para a aquicultura têm se concentrado na utilização da mosca doméstica, do besouro tenébrio, do tenébrio gigante, de gafanhotos e grilos, da barata cinérea, do bicho-da-seda e da mosca-soldado-negro (BSF) (ARANTES *et al.* 2021). Inicialmente as pesquisas propuseram que a farinha de peixe fosse parcialmente substituída pela farinha de inseto. No entanto, pesquisas recentes demonstraram que essa substituição pode ser total, sem prejuízos para a tolerância dos animais, até mesmo para espécies carnívoras (BELGHIT *et al.* 2019; ARANTES *et al.* 2021).

Para espécies nativas do Brasil esse potencial de substituição foi pouco estudado, tendo sido registrado para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*), em estudo com substituição da proteína da farinha de peixe e ração comercial pela farinha de besouro tenébrio (*Tenebrio molitor*), para a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), para a digestibilidade de jundiá (*Rhamdia*

quelen), bem como a substituição de farinha de peixe por proteína da mosca doméstica (*Musca domestica*) (COSTA, 2022; FABIAN *et al.* 2021; EBLING *et al.* 2022; ALMEIDA, 2019).

Atualmente, entretanto, a mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*) tem sido considerada um dos insetos mais seguros para uso na fabricação de rações, por modular a microbiota dos substratos que decompõe, não ser considerada uma praga urbana e nem se alimentar na fase adulta (risco reduzido de contaminações). Além disso, seu cultivo não é complexo, pois na fase de pupa o inseto se desloca para o ponto mais alto da gaiola, o que facilita sua coleta (DE SMET, 2018).

Segundo Domingues *et al.* (2020), a aceitação do pescado alimentado com farinha de insetos no Brasil ainda é baixa, porém essa aceitação é melhor do que para frangos e suínos alimentados com insetos. Em países da União Europeia a população está disposta a pagar a mais por peixes alimentados com insetos, devido à maior preocupação do consumidor com a origem do alimento e por já haver regulamentações para o cultivo de insetos (LLAGOSTERA *et al.* 2019).

Nesse contexto, esse estudo buscou avaliar o desempenho zootécnico e a composição corporal de juvenis de suruvi alimentados com dietas com níveis crescentes de proteína de farinha de BSF, utilizada como substituto proteico da farinha de salmão.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Ingredientes, composição, qualidade e dietas experimentais

A farinha de peixe utilizada neste estudo foi obtida a partir de resíduos do processamento de salmão e a farinha de BSF foi obtida a partir da secagem e moagem de larvas de BSF desengorduradas. A composição centesimal dos principais ingredientes proteicos utilizados está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição centesimal dos principais ingredientes proteicos utilizados na confecção das dietas experimentais.

Fração (g . kg ⁻¹)	Farinha de Peixe ¹	Farinha de BSF ²	Exigência Nutricional (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>) ³
Matéria Seca (%)	88,78	94,73	-
Proteína Bruta (%)	62,10	59,22	40,00
Extrato Etéreo (%)	10,73	10,65	12,00
Cinza (%)	16,23	8,93	-
Energia Bruta (kcal.kg ⁻¹)	4143,00	3565,00	5140,00

¹Farinha de resíduos do processamento de salmão.

²Farinha de larvas de BSF desengordurada.

³Exigência nutricional de *Pseudoplatystoma corruscans* (MARTINO *et al.* 2002; ZANARDI, BOQUEMBUZO e KOBERSTEIN, 2008).

Foram formuladas cinco rações isoenergéticas e isonitrogenadas para o suruvi, sendo que a dieta basal foi formulada com base nas exigências nutricionais de energia do *Pseudoplatystoma reticulatum* (cachara) e de proteína de *Pseudoplatystoma corruscans* (surubim), para fornecer 4.238 kcal/kg de energia bruta e 40% de proteína bruta (CUNHA, 2013; ZANARDI, BOQUEMBUZO e KOBERSTEIN, 2008). As demais exigências (aminoácidos, gorduras, fibra, vitaminas e minerais) foram determinadas com base nas exigências da truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Anexo II). As espécies cujas exigências foram utilizadas como referência, possuem hábito alimentar carnívoro, assim como o suruvi.

Quatro dietas foram formuladas para substituir parcialmente a proteína da farinha de peixe pela proteína da farinha de BSF, com taxas de inclusão de 20, 40, 60 e 80 %, cujo efeito foi comparado ao obtido com o uso de uma dieta controle (0 % de substituição), produzidas com base nas substituições máximas já apontadas pelos estudos de Cummins *et al.* (2017), Xiao *et al.* (2018), Huyben *et al.* (2019) e Caimi *et al.* (2020).

Os ingredientes secos foram pesados, misturados por 20 min em um misturador, e posteriormente foi adicionada água filtrada em temperatura ambiente para obtenção de um nível de umidade máxima de 10% (Material suplementar 1 – a, b e c). Na sequência, os ingredientes foram processados para atingir uma moagem de aproximadamente 4,0 a 6,0 mm, extrusados (Material suplementar 2 – a e b). As rações foram secas em estufa com circulação forçada, em temperatura constante (55 °C), por oito horas. Após a secagem, as rações foram mantidas em freezer a -20 °C até o momento da utilização. Uma amostra de ração de cada tratamento foi analisada para a determinação da composição centesimal (Tabela 3).

Tabela 3 – Formulação e composição das dietas experimentais com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha da BSF (valores expressos na matéria seca) para alimentação de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*).

Ingredientes, g 100 g ⁻¹ peso seco	Substituição Proteica, %				
	0	20	40	60	80
Farinha de milho	39,57	37,99	36,25	34,52	31,69
Farinha de peixe ¹	40,00	32,00	24,00	16,00	8,00
Farinha de BSF ²	0,00	9,50	18,90	28,50	38,00
Concentrado proteico de soja ³	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Óleo de milho ⁴	2,75	2,80	3,10	3,20	3,60
Premix ⁵	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Butil-hidroxi-tolueno	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L-lisina	0,18	0,21	0,25	0,28	0,31
Fosfato Bicálcico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
Composição proximal analisada, g 100 g ⁻¹ peso seco					
Matéria Seca	92,17	91,62	91,70	92,52	91,78
Proteína Bruta	35,58	37,53	37,86	37,78	37,58
Extrato Etéreo	8,90	9,06	9,00	9,53	9,88
Energia Bruta, (kcal.kg ⁻¹) ⁶	4.364	4.310	4.270	4.218	4.144
Matéria Mineral	7,60	7,92	7,60	7,80	7,85

¹ Farinha de resíduos do processamento de salmão (Tectron Brasil, Toledo, Paraná) com 69,95% de PB na matéria seca.

² Farinha de larvas de BSF desengordurada adquiridos com a Agropisa (Piracicaba, SP, Brasil) com 62,51% de PB na matéria seca.

³ Concentrado proteico de soja, fornecido por C.J. Selecta (Araguari, Brasil) com 68,55% na matéria seca.

⁴ Óleo de milho, fornecido por Bunge (Gaspar, SC, Brasil)

⁵ Premix vitamínico e micro mineral para peixes (ROVIMIX 2030): Fornecido por DSM Nutritional Products, (São Paulo, SP, Brasil). Composição kg⁻¹ de produto: cobre 3333,33 mg, ferro 20,00 g, iodo 666,66 mg, manganês 16,66 g, Selênio 166,66 mg, Zinco 26,66 g, Vitamina (vit.) A 5333,333 U.I, vit. D₃ 1000000 UI, vit. E 66666,66 UI, vit. K₃ 3333,33 mg, vit. B₁ 6666,66 mg, vit. B₂ 10 g, vit. B₆ 10 g, vit. B₁₂ 13,33 µg, Ácido Fólico 2666,66 mg, Ácido Nicotínico 53,33 g, Ácido Pantotênico 26666,66 mg, Biotina 333,33 mg, vit. 100 C g.

⁶ Energia Bruta estimada, expressa em kcal kg⁻¹.

2.2.2 Condições experimentais e manejo dos peixes

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD) da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. O manejo dos peixes seguiu o protocolo 1270240423, aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA, UFSC).

Neste experimento foram utilizados juvenis de suruvi, *Steindachneridion scriptum*, sem distinção de sexo, descendentes da linhagem F2 do plantel de reprodutores de peixes selvagens da bacia do alto rio Uruguai do LAPAD. O peso inicial dos juvenis era 87,38 ± 2,36 g e o comprimento inicial, 21,39 ± 0,18 cm. Peixes foram estocados na densidade de 8,7 kg/m³.

Os animais foram aclimatados durante 15 dias às unidades experimentais, que foram constituídas por tanques retangulares de fibra (100 L de água) antes do início do experimento

(Material suplementar 4a). Essas unidades experimentais estavam conectadas a um sistema de recirculação de água, com aeração constante, equipado com filtragem mecânica e biológica (Material suplementar 4b). A vazão adotada ao longo do experimento foi mantida em 500 mL/min. O fotoperíodo foi ajustado para 12 horas claro/ 12 horas escuro.

A ração destinada a cada tanque foi definida por sorteio às unidades experimentais. A alimentação foi fornecida até a saciedade aparente (limitada a 2,0 % da biomassa) na frequência alimentar de duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 h), durante os oitenta e oito dias de condução do experimento. A cada biometria (30 dias) a quantidade de ração foi ajustada com base na biomassa total da unidade experimental.

Diariamente, os parâmetros indicadores de qualidade de água eram monitorados, resultando nas seguintes médias (\pm erros-padrões), que não apresentam diferença significativa ($P > 0,05$): temperatura ($26,38 \pm 0,38$ °C), concentração de oxigênio dissolvido ($6,33 \pm 0,09$ mg.L⁻¹), salinidade ($0,56 \pm 0,05$ g.L⁻¹), pH ($7,33 \pm 0,09$) e condutividade elétrica $1,31 \pm 0,04$ mS/cm. Esses parâmetros foram quantificados com o multiparâmetro YSI *Professional Plus*. As concentrações de amônia total, nitrito, nitrato e alcalinidade foram monitorados semanalmente com auxílios de kits colorimétricos (Alfa tecnoquímica, Florianópolis, SC), não foram observadas concentrações de amônia total e nitrato, enquanto que a média das concentrações de nitrito foi de $0,22 \pm 0,06$ mg.L⁻¹, a alcalinidade média foi de $23,75 \pm 1,83$ mg/L.

2.2.3 Desempenho zootécnico

Para a análise do desempenho zootécnico foram realizadas biometrias para obtenção do peso e comprimento total a cada 30 dias, sedando-se os peixes com Eugenol[®] a 50 mg/L (CUNHA *et al.* 2010), e suspendendo a alimentação um dia antes das biometrias.

Para o cálculo do ganho em peso (G_p), foi utilizada a equação: $G_p = W_F - W_0$, em que W_F é o peso final e W_0 o peso inicial, em gramas. A ingestão média de ração, ao final do experimento (IMF), foi obtida pela ingestão média diária, por unidade experimental. Para o cálculo da taxa de crescimento específico (TCE) foi utilizada a equação $TCE = 100 \times (\ln \ln(W_F) - \ln(W_0)) / \Delta t$, na qual Δt é o tempo em dias. A conversão alimentar aparente (CAA) foi calculada através da equação $CAA = IMF / (W_F - W_0)$, na qual W_F é o peso médio final e W_0 o peso médio inicial. A taxa de retenção proteica (TRP) foi calculada a partir de

$TRP = (W_F \times PC_F) - (W_0 \times PC_I) \times 100/I_p$, sendo PC_F a proteína corporal final, PC_I a proteína corporal inicial e I_p a ingestão de proteínas totais (g kg^{-1} , em peso seco). A taxa de eficiência proteica (TEP) foi calculada conforme $TEP = 100 \times G_p/I_p$, para a qual G_p é o ganho em peso e I_p a ingestão de proteínas totais. A sobrevivência (S), foi obtida pela equação $S = 100 \times N_{fT}/N_0$ na qual N_{fT} são o número de peixes ao final do experimento e N_0 o número de peixes no início do experimento.

2.2.4 Composição corporal

A determinação e a composição de aminoácidos das farinhas de BSF e da farinha de peixe foram obtidas com base no método adaptado de White *et al.* (1986), através de cromatografia líquida de alta eficiência. As análises bromatológicas das rações e dos juvenis foram obtidas a partir das amostras de ração e de juvenis de cada tratamento em réplicas ($n = 3$), para analisar a os teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas, conforme os métodos descritos por AOAC (2000), sendo a energia quantificada em bomba calorimétrica (PARR 6200, Parr Instrument Company, Illinois, Estados Unidos) pelo método de Potter e Matterson (1960).

A matéria seca foi quantificada pela diferença entre o peso úmido da amostra e o peso da amostra depois de seca em estufa a 105°C , até peso constante, método 950.01. A proteína bruta foi obtida aplicando-se o fator de conversão 6,25 à concentração de nitrogênio total ($N \times 6,25$), mensurado pela análise de Kjeldahl, método 945.01. O extrato etéreo foi quantificado por meio da extração lipídica (Extrator Soxleth, método 920.39C), através do uso do solvente éter. Para obtenção das cinzas foi realizada a incineração da amostra (2,0 g) em mufla à temperatura de $450 - 600^\circ\text{C}$ durante três horas, método 942.05.

2.2.5 Análise estatística

As variáveis de desempenho zootécnico e de composição corporal foram relacionadas aos níveis de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF através de modelos de regressão linear (DEAN *et al.* 1999).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Perfil de aminoácidos

A farinha de BSF apresentou perfil de aminoácidos essenciais superior ao da farinha de peixe, exceto para arginina, metionina e lisina, enquanto o perfil de aminoácidos não essenciais se mostrou superior na farinha de peixe para todos os aminoácidos, exceto para a tirosina, serina e ácido aspártico (Tabela 4).

Tabela 4 – Aminograma dos principais ingredientes proteicos utilizados na alimentação de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) com dietas com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias.

Aminoácidos, g.100 ⁻¹		Farinha de Peixe	Farinha de Mosca-soldado-negra
Essenciais	Histidina	1,81	2,03
	Arginina	3,92	3,44
	Treonina	2,60	2,63
	Valina	2,86	3,84
	Metionina	2,46	1,40
	Lisina	4,09	3,38
	Isoleucina	2,28	2,87
	Leucina	4,05	4,58
	Fenilalanina	2,31	2,48
Não essenciais	Alanina	4,47	3,98
	Prolina	3,99	3,81
	Tirosina	1,69	4,49
	Serina	2,77	3,33
	Glicina	7,47	3,77
	Ácido Aspártico	5,38	5,45
	Ácido Glutâmico	8,30	7,15
	Metionina + cistina	2,97	1,94

2.3.2 Desempenho zootécnico

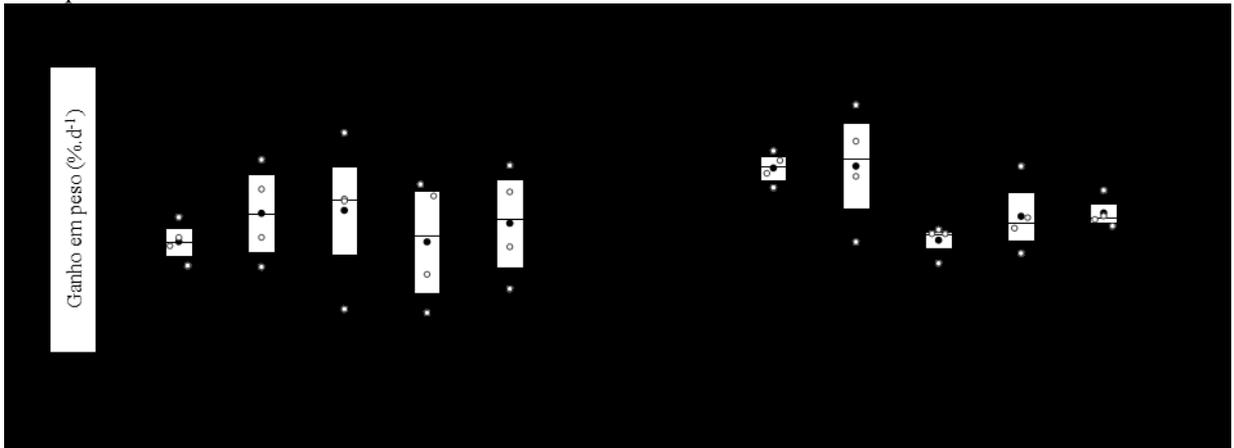
Os valores máximos, mínimos, as médias e medianas das variáveis de desempenho zootécnico em ganho em peso (%.dia⁻¹) e taxa de retenção proteica (%) distribuídas em relação aos níveis de substituições proteicas nas dietas estão apresentados na Figura 3.

Os níveis crescentes de substituição proteica de farinha de peixe por proteína de farinha de BSF não afetaram significativamente as variáveis de desempenho analisadas ($p > 0,05$) para o suruvi (Tabela 5).

Ao final dos 88 dias de experimento, os juvenis de suruvi praticamente dobraram de peso em todos os tratamentos, apresentando um ganho em peso médio de $80,19 \pm 1,50$ g, sendo o ganho em peso diário inferior a 1,0%. Não houveram diferenças significativas ($p > 0,05$) no

ganho em peso entre os tratamentos, os índices permaneceram próximos a $1,0\%.d^{-1}$. O mesmo foi observado para as taxas de crescimento específico, com a média de $0,74\pm 0,01\%$, ou seja, os peixes ganharam aproximadamente $0,80\text{ g}$ por dia (Tabela 5 e Figura 3a).

Figura 3 – Quartis, medianas, máximos e mínimos das variáveis de desempenho zootécnico em a), ganho em peso ($\%.dia^{-1}$) e em b), taxa de retenção proteica (%) de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias.



O índice de ingestão alimentar ($\%$ peso vivo. dia^{-1}) dos juvenis de suruvi nas dietas permaneceram entre os valores de $1,42\pm 0,06$ a $1,54\pm 0,06$, para o desempenho da CAA foi verificado que os resultados foram próximos, entre $1,95\pm 0,10$ e $2,13\pm 0,08$, ambos sem diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$), (Tabela 5).

Para TCE os resultados encontraram-se entre os percentuais de $0,73\pm 0,05\%$ a $0,76\pm 0,02\%$. Enquanto que para TEP os valores variaram de $1,42\pm 0,13\%$ para o tratamento controle e $1,25\pm 0,05\%$ em ração à 40% de substituição de proteína de farinha peixe pela proteína de farinha de BSF. Ambos os resultados encontrados de TCE e TEP, mostraram-se sem diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$), (Tabela 5).

Foi observado maior variação do desempenho na CAA dos juvenis alimentados na dieta com 60% de substituição de proteína de farinha de peixe por proteína de BSF. Não foi registrada mortalidade durante o experimento, (Tabela 5).

Tabela 5 – Desempenho zootécnico (média ± erro padrão) de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias.

Desempenho zootécnico ¹	Substituição Proteica (%)				
	0	20	40	60	80
Peso final ^{1,*} (g)	165,53 ± 6,03	169,15±9,58	169,98±9,43	165,40±9,20	167,78±7,93
Taxa de crescimento específico (%)	0,73±0,05	0,76±0,02	0,75±0,03	0,73±0,02	0,74±0,02
Ingestão alimentar (% peso vivo.dia ⁻¹)	1,42±0,06	1,42±0,09	1,54±0,06	1,45±0,13	1,48±0,08
Conversão alimentar aparente	2,04±0,20	1,95±0,10	2,13±0,08	2,07±0,21	2,05±0,06
Taxa de eficiência Proteica (%)	1,42±0,13	1,38±0,07	1,25±0,05	1,32±0,13	1,30±0,04
Sobrevivência (%)	100	100	100	100	100

¹ Peso inicial dos peixes = 87,38 ± 2,36 g .

Foi observado comportamento agonístico entre os peixes nas unidades experimentais, entretanto tal comportamento não se limitou a um tratamento dietético.

2.3.3 Composição corporal

A composição corporal para as variáveis proteína bruta, extrato etéreo e umidade não apresentaram relação linear com o aumento dos níveis crescentes de farinha de BSF nas dietas após os 88 dias de experimento (Tabela 6). Entretanto, o conteúdo corporal de cinzas dos juvenis de suruvi foi inversamente afetado ($P < 0,05$) pelo aumento do nível de farinha de BSF nas dietas (Figura 4).

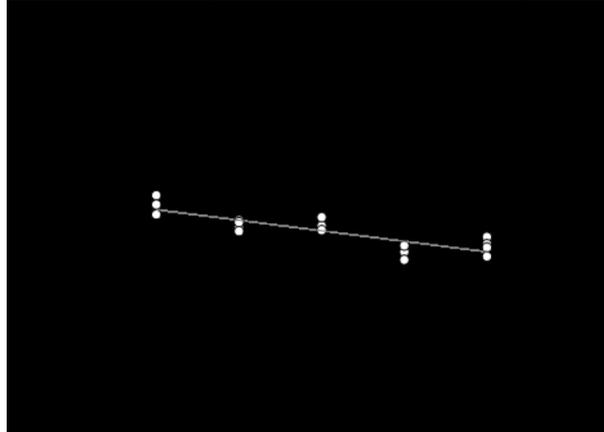
Quando se compara a composição corporal dos suruvis antes do experimento e após os 88 dias, verifica-se que não houve influência das dietas experimentais, exceto para o teor de cinzas, para o qual valores percentuais mais elevados foram registrados em peixes antes do início do estudo e em peixes submetidos à dieta controle (Tabela 6).

Tabela 6 – Composição corporal (média ± erro padrão), de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias.

Fração g 100 g ⁻¹ peso úmido ¹¹	Peixes Inicial	Substituição proteica (%)				
		0	20	40	60	80
Proteína Bruta	17,06±0,45	17,28±0,59	17,45±0,48	16,28±0,50	16,64±0,60	16,71±0,14
Extrato Etéreo	14,96±2,71	11,60 ±0,24	10,54±0,48	10,93±0,49	11,93±0,22	9,67±0,39
Umidade ¹	72,93±1,24	67,23±0,39	68,41±0,58	68,82±0,37	67,89±0,31	68,93±0,72
Cinzas	5,04±0,23	4,43±0,14	3,88±0,08	3,96±0,10	3,06±0,09	3,25±0,12

¹ Resultados representam a média de quatro tanques por tratamento (três peixes por tanque).

Figura 4 – Regressão linear significativa ($p < 0,05$) para o conteúdo de cinzas de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) alimentados com níveis crescentes de substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF por 88 dias.



2.4 DISCUSSÃO

As proteínas são moléculas orgânicas complexas, compostas por uma ou mais cadeias de aminoácidos ligadas por ligações peptídicas (NRC, 2011). Nelas, a composição de aminoácidos varia em função da origem da fonte proteica, o que também afeta a digestibilidade das proteínas pelos peixes, sendo que a qualidade de uma proteína é mensurada de acordo com a riqueza e o equilíbrio de seus aminoácidos essenciais (JIANG *et al.* 2018; GAO *et al.* 2019).

Os aminoácidos essenciais são ainda mais relevantes e exigidos em níveis adequados para dietas de peixes carnívoros. A arginina participa da síntese proteica e da regulação da função imunológica, e auxilia no fluxo sanguíneo e cardiovascular (DAIRIKI *et al.* 2007). Ainda nesse contexto, a lisina e a metionina são considerados aminoácidos essenciais limitantes, assim chamados por sua abundância ser restrita nos ingredientes normalmente utilizados para elaboração de ração animal, além de acarretarem prejuízos ao crescimento, às respostas imunológicas e ao desenvolvimento dos organismos, quando deficientes nas dietas (LI *et al.* 2009; RAMPE *et al.* 2014). Além disso, a metionina participa da síntese de creatina e taurina, que são importantes na regulação do metabolismo energético, na regulação da função celular, na osmorregulação e em processos de desintoxicação (FURUYA *et al.* 2006; LI *et al.* 2009; OVIE e EZE, 2013).

As quantidades inferiores de lisina e metionina encontradas na farinha de BSF estão de acordo com o relatado por Arantes *et al.* (2021) para outras farinhas de inseto. As composições em aminoácidos das farinhas de insetos podem ser semelhantes ou superiores à soja, um dos ingredientes mais utilizados na fabricação de rações, entretanto podem apresentar baixa

quantidade em histidina, lisina e triptofano em relação à farinha de peixes (SÁNCHEZ-MUROS *et al.* 2014).

No presente estudo os índices de desempenho dos suruvis não diferiram entre os peixes alimentados com a dieta controle e qualquer nível de substituição proteica testado, indicando que o suruvi tolerou até a maior substituição proteica (80%), com índices de desempenho equiparáveis aos obtidos com a dieta controle, com farinha de peixe, que é a fonte proteica tradicional para peixes carnívoros. Tais resultados, apesar de demonstrarem um desempenho razoavelmente baixo quando comparados a peixes produzidos na aquicultura, corroboram os encontrados para o desempenho de peixes carnívoros alimentados com substituição de proteína da farinha de peixes pela proteína de farinha de BSF para o bagre-amarelo, *Pelteobagrus fulvidraco* (XIAO, *et al.* 2018), para o qual foram avaliados níveis de 0% (controle), 13%, 25%, 37%, 48%, 68%, 85% e 100% de substituição da proteína da farinha de peixes sem prejuízos do desempenho em níveis de até 48% de substituição proteica; para o robalo, *Dicentrarchus labrax* (MAGALHÃES *et al.* 2017) em ensaio com níveis de 15%, 30% e 45% de substituição, no qual não houve diferenças no desempenho e nos perfis metabólicos, exceto redução do colesterol plasmático com o aumento dos níveis de proteína de BSF na dieta, e para a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), para a qual a substituição recomendada por farinha de BSF foi de 40% da dieta (RENNA *et al.* 2017).

Entretanto, os resultados obtidos por Fabian *et al.* (2021) para a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), diferem dos obtidos para outras espécies nativas alimentadas com farinha de insetos. Esses autores registraram déficit no ganho em peso médio total, no crescimento médio total, na taxa de sobrevivência e na produtividade, com os níveis crescentes de substituição na dieta comercial por farinha de *Tenebrio molitor* (0% - controle, 10%, 20% e 30%), razão pela qual os autores sugeriram cautela com a utilização desse ingrediente.

No presente estudo, tais alterações não foram observadas com os juvenis de suruvi, que não apresentaram diferenças significativas nos mesmos índices. Também diferiram de Costa (2022) para substituição proteica em níveis crescentes (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de farinha de peixe por farinha de *Tenebrio molitor* em dietas para juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*). Naquele estudo verificou-se que níveis de substituição proteína superiores a 29,50% afetaram negativamente a taxa de crescimento específico e a conversão alimentar aparente dos peixes, sendo 25% o nível em que houve melhor resposta da taxa de crescimento específico e da conversão alimentar aparente.

Para o jundiá (*Rhamdia quelen*), uma espécie onívora exigente (MEURER e ZANIBONI FILHO, 1997), Ebling *et al.* (2022) destacaram que, apesar da farinha de tenébrio apresentar

coeficientes de digestibilidade altos (>70%), houve diferenças significativas no consumo médio diário e no ganho em peso médio diário dos jundiás alimentados com essa farinha, sem prejuízos ao crescimento e ao desempenho. Por outro lado, Almeida (2017) relatou ser possível a substituição total de proteína da farinha de peixe por proteína de mosca doméstica (*Musca domestica*) em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*), sem prejuízos ao desempenho e ao perfil hematológico.

Portanto, considerando este e outros estudos que apresentaram resultados predominantemente favoráveis à substituição de fontes proteicas tradicionais por farinha de insetos (DEVIC *et al.* 2018; XIAO *et al.* 2018; LI *et al.* 2020; HUYBEN *et al.* 2019; CAIMI *et al.* 2020 ; CUMMINS JR *et al.* 2017), torna-se necessário prosseguir com pesquisas adicionais a fim de se avaliar a resposta das espécies nativas de peixes frente às variadas fontes proteicas oriundas de insetos, afim de contribuir com a aplicação desse ingrediente na produção de rações.

Com relação às respostas em composição corporal em cinzas, que é um parâmetro imprescindível para avaliar o aproveitamento de nutrientes (SHEARER, 1994; ARBELÁEZ-ROJAS, FRACALOSI e FIM, 2002) sabe-se que fatores endógenos e exógenos podem influenciar simultaneamente as composições corporais finais dos peixes (SHEARER, 1994), podendo haver diferenças entre espécies, períodos do ano, tipo e quantidade de alimento consumido e estágio de vida. Quanto à diferença na composição corporal de cinzas entre os tratamentos, a quantidade e a forma dos minerais na ração podem afetar sua absorção pelos peixes (WEBSTER e LIM, 2002; NRC, 2011; JOBLING, 2016). Minerais como o cálcio e o fósforo, são essenciais para a saúde dos peixes e devem ser fornecidos em quantidades adequadas na dieta. A redução no conteúdo corporal mineral dos juvenis de suruvi também pode estar fortemente associada ao perfil mineral característico das farinhas de BSF, visto que o perfil mineral na farinha de peixe era composto de ao menos quatro vezes mais em termos de macrominerais, como o fósforo e sódio, e pelo menos vinte vezes superior no micromineral zinco, frente as farinhas de BSF (NRC, 2011; SMETS *et al.* 2020).

Portanto, quando feita a substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de inseto precisa ser preservado o equilíbrio em minerais entre as dietas. O conteúdo corporal dos peixes também pode ser afetado por influência do substrato onde a mosca-soldado-negra é cultivada (TAUFEK, LIM e BAKAR, 2021), alterações no conteúdo de cinzas de alevinos de tilápias também foi relatado por Mohammed *et al.* (2020) ao substituir níveis crescentes de substituição de 0, 25, 50 e 100% de proteína digestível de farinha de peixe por proteína digestível farinha de gafanhotos. Esse autores verificaram que alevinos alimentados com a dieta controle e os que receberam a dieta com substituição de 100% de substituição de farinha de peixe por proteína

de farinha de gafanhotos, apresentaram menor composição corporal em cinzas. Enquanto a composição corporal dos alevinos em proteína bruta, foi inversamente proporcional ao aumento dos níveis de substituição proteica pela farinha de gafanhotos na dieta.

Estudos anteriores relataram acúmulo de gordura corporal em peixes alimentados com dietas com aumento da substituição de farinha de peixe por proteína de insetos (MAKKAR *et al.* 2014; MAPANAO *et al.* 2023). A deposição de gordura corporal nos peixes está relacionada a diversos fatores, entre eles ao uso de ração com baixo teor proteico, com desequilíbrio na relação energia/proteína ou em aminoácidos essenciais na dieta e deficiência em minerais e vitaminas (KUBITZA, 2009). Essa condição não foi registrada nesse estudo com juvenis de suruvi, possivelmente porque a farinha de BSF utilizada neste estudo ter sido desengordurada, proporcionando um melhor equilíbrio entre energia/proteína disponível.

2.5 CONCLUSÕES

Juvenis de suruvi podem ser alimentados com dietas contendo até 80% de proteína de farinha de mosca-soldado-negra sem prejuízos no ganho em peso, na ingestão da dieta, na taxa de crescimento específico, na conversão alimentar aparente, na taxa de retenção e eficiência proteica e na sobrevivência de juvenis.

A menor proporção de arginina, lisina e metionina na farinha de BSF, não produziu efeitos negativos no desempenho zootécnico e na composição corporal da espécie. No entanto, o conteúdo corporal de cinzas dos juvenis foi afetado pela inclusão de maiores níveis de farinha de mosca na dieta. Portanto, a substituição proteica deve ser realizada considerando-se um balanço do perfil mineral das farinhas. Apesar disso, a substituição proteica da farinha de peixe pela farinha de BSF para juvenis de suruvi é viável em níveis de até 80%.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa processo (131323/2020-2) concedida a primeira autora.

REFERÊNCIAS DO ARTIGO

A. O. A. C. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists.** 17 ed. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland, USA, 2000.

ALMEIDA, C. K. L. **Farinha da larva de mosca doméstica em substituição a farinha de peixe na dieta do tambaqui**. 2017. 37 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, Salvador. 2017.

ANTUNES, B. A. P. **Avaliação da farinha de *Hermetia illucens* como substituto da farinha de peixe em dietas para corvina (*Argyrosomus regius*): Crescimento, digestibilidade, composição corporal e aceitação do produto final pelo consumidor**. 2019. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Porto. 2019.

ARANTES, V. M. et al. Agregação de valor à nutrição a partir do uso de farinha de insetos: peixes. In: OELKE, C. A.; MORAES, G. F.; GALATI, R. L. (org). **Zootecnia: Pesquisa e Práticas Contemporâneas - Volume 1**. 1. ed. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021. p. 120 – 143.

ARBELÁEZ-ROJAS, G. A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM, J. D. I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1059 – 1069, 2002.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies Nativas Para Piscicultura no Brasil**, 2. ed. Revista e ampliada. Editora UFSM, 2018. 608 p.

BANZE, J. F. et al. Acid silage of tuna viscera: production, composition, quality and digestibility. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, p. 24 – 34, 2017.

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, p. 609 – 619, 2019.

BEM, J. C. **Recursos pesqueiros e a diversidade da ictiofauna no Alto rio Uruguai: efeito dos peixes predadores topo de cadeia**. 2017. 132 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2017.

BOSCOLO, W. R. et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. supl. especial, p. 145 – 154, 2011.

BRABO, M. F. et al. Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura/Current scenario of fish production in the world, Brazil and Pará State: emphasis on aquaculture. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 2, p. 50 – 58, 2016.

CAIMI, C. 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. 734539, p. 01 – 05, 2020.

COLDEBELLA, I. J.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 32, p. 499-503, 2002.

COSTA, J. R. **Proteína da farinha do inseto *Tenebrio molitor* em substituição a proteína da farinha de peixe em dietas para Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*)**. Dissertação

(Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP, 2022.

CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F. **Formulação e fabricação de rações (aves, suínos e peixes)**. Manaus: EDUA, 92 p. 2017.

CUMMINS Jr, V. C. et al. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 473, p. 337 – 344, 2017.

CUNHA, D. A.; CORNÉLIO, F. H. G.; FRACALOSSO, D. M. Exigência de energia em dietas para juvenis de cachara, *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 567-578, 2015.

CUNHA, M. A. da et al. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. **Ciência Rural**, v. 40, p. 2107 – 2114, 2010.

DE SMET, J. et al. Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 84, n. 9, p. e02722, 2018.

DEAN, A.; VOSS, D.; DRAGULJIĆ, D. **Design and analysis of experiments**. 2. ed. New York: Springer, 1999. 840 p.

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.

DOMINGUES, C. H. de F. et al. Understanding the factors influencing consumer willingness to accept the use of insects to feed poultry, cattle, pigs and fish in Brazil. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0224059, 2020.

DURIGON, E. G. et al. Exigências nutricionais para bagres nativos do Brasil: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. 1 – 15, 2021.

EBLING, M. L. P. et al. **Digestibilidade aparente de farinha de *Tenebrio molitor* e concentrado proteico de sementes de porongo para jundiás (*Rhamdia quelen*)**. 86 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, RS, 2022.

FABIAN, F. T. C. et al. Uso de farinha de inseto como alimento alternativo na dieta de alevinos de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2021.

FURUYA, W. M.; CARTER, C. G. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 937 – 942, 2006.

GAI, F. et al. Enzymatic and histological evaluations of gut and liver in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed with rice protein concentrate-based diets. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 43, n. 2, p. 218 – 229, 2012.

- GAO, Z. et al. Effect of dietary methionine levels on growth performance, amino acid metabolism and intestinal homeostasis in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v. 498, p. 335 – 342, 2019.
- GARAVELLO, J. C. Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae). **Neotropical ichthyology**, v. 3, n. 4, p. 607 – 623, 2005.
- GASCO, L. 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.
- GASCO, L. et al. Fishmeal alternative protein sources for aquaculture feeds. **Feeds for the aquaculture sector: current situation and alternative sources**, p. 1 – 28, 2018.
- HUYBEN, D. et al. High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Aquaculture**, v. 500, p. 485 – 491, 2019.
- JIANG, J. et al. Lysine and methionine supplementation ameliorates high inclusion of soybean meal inducing intestinal oxidative injury and digestive and antioxidant capacity decrease of yellow catfish. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 44, p. 319 – 328, 2018.
- JOBLING, Malcolm. Fish nutrition research: past, present and future. **Aquaculture international**, v. 24, n. 3, p. 767 – 786, 2016.
- KUBITZA, F. Manejo na produção de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v. 19, n. 14, p. 14 – 23, 2009.
- LI, P. et al. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. **Amino acids**, v. 37, p. 43 – 53, 2009.
- LI, Y. et al. Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 520, n. 734967, p. 1 – 8, 2020.
- LIRA, J. A. **Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2015. 53p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nilton Lins, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Amazonas, Manaus. 2015.
- LLAGOSTERA, P. F. 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.
- 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, p. 79 – 85, 2017.

- MAGHELLY, O. R. et al. Características morfométricas e rendimento corporal do Suruvi *Steindachneridion scriptum* agrupados por sexo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 419 – 430, 2018.
- 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.
- MAPANAO, R. et al. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a fish meal replacement on growth performance, feed utilisation, morphological characters and carcass composition of Thai climbing perch (*Anabas testudineus*). **Journal of Applied Aquaculture**, v. 35, n. 1, p. 1 – 15, 2023.
- MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae), na região do alto rio Uruguai. **XII ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, São Paulo, SP**, v. único, p. 29, 1997.
- MOHAMMED, F. A. et al. Effect of different levels of locust meal on growth, feed conversion and carcass composition for Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*). **International Journal of Oceanography & Aquaculture**, v. 4, n. 2. p. 1 – 7, 2020.
- NASCIMENTO, G. B. et al. **Crescimento de juvenis de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) em diferentes densidades de estocagem**. 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016.
- NASCIMENTO, M. A. P. **Densidade de estocagem e temperatura da água na criação de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) em tanques-rede**. 2012. 33 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2012.
- NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academies Press, 2011. 392 p.
- OBSERVATÓRIO AGROCATARINENSE. Produção Aquícola: Aquicultura. Santa Catarina. Disponível em: <https://www.observatorioagro.sc.gov.br/areas-tematicas/producao-agropecuaria/paineis/>. Acesso em 13 de Janeiro de 2023.
- OVIE, S. O.; EZE, S. S. Lysine requirement and its effect on the body composition of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, New Bussa, v. 8, n. 1, p. 94 – 100, 2013
- PANINI, R. L. et al. Effects of dietary replacement of fishmeal by mealworm meal on muscle quality of farmed shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Food Research International**, v. 102, p. 445 – 450, 2017.
- POTTER, L. M.; MATTERSON, L. D. Metabolizable energy of feed ingredients for the growing chick. **Poultry Science**, v. 39, n. 3, p. 781 – 782, 1960.

- QUINTO, B. P. T. et al. Replacement of fishmeal by two types of fish protein hydrolysate in feed for postlarval shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 768 – 776, 2018.
- RAMPE, M. C. C. et al. Adição de lisina digestível em rações experimentais para juvenis de tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 1557 – 1566, 2014.
- 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.
- RESENDE, E. K. de. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aqüicultura no Brasil. Aquabrazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 52 – 57, 2009.
- 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.
- SCHÜTZ, J. H. et al. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 3, p. 443 – 451, 2008.
- SHEARER, K. D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, v. 119, n. 1, p. 63 – 88, 1994.
- SIGNOR, A. A. et al. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2339 – 2344, 2008.
- SMETS, R. et al. Sequential extraction and characterisation of lipids, proteins, and chitin from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae, prepupae, and pupae. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, p. 6455 – 6466, 2020.
- TAUFEK, N. M.; LIM, J. Z. Y.; BAKAR, NH Abu. Comparative evaluation of *Hermetia illucens* larvae reared on different substrates for red tilapia diet: effect on growth and body composition. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 7, n. 1, p. 79 – 88, 2021.
- VALLE, B. C. S. et al. Replacement of fishmeal by fish protein hydrolysate and biofloc in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. **Aquaculture Nutrition**, v. 21, n. 1, p. 105 – 112, 2015.
- VASCONCELOS, G. T. **Uso de farinha de insetos na nutrição de peixes**. 2019. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Jaboticabal. 2019.
- VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5, n. 2, p. 45 – 50, 2015.

VIANA, J. da S. et al. Feeding Frequency In Rearing Juveniles Of Suruvi *Steindachneridion scriptum*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 3, p. 1 – 7, 2020.

WEBSTER, C. D.; LIM, C. (Ed.). **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. CABI publishing, 2002.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 170 – 177, 1986.

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.

ZANARDI, M. F.; BOQUEMBUZO, J. E.; KOBERSTEIN, T. C. R. D. Desempenho de juvenis de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) alimentados com três diferentes dietas. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 4, p. 445 – 450, 2008.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este é o segundo estudo sobre o manejo alimentar de juvenis de suruvi em cativeiro e o primeiro a avaliar substituições proteicas para a espécie e o seu desempenho com a presença da farinha de BSF na dieta. Por ser uma espécie nativa, e ainda pouco utilizada para a aquicultura, ainda não existem disponíveis suas exigências nutricionais e tecnologias de manejo definidas. Nesse sentido, a formulação de rações utiliza como base as exigências já conhecidas de espécies com hábito alimentar e de ambientes similares.

Por isso, antes do início do experimento foi realizado um pré-teste com as densidades 10 e de 15 peixes/unidade experimental (0,10 e 0,15 peixes/L) por 15 dias, para avaliar se a densidade afetaria o consumo e a quantidade de ração consumida. A ração foi ofertada no mesmo horário que seria ofertada no experimento (08:00 e 16:00 h). Foi constatado que no modelo de tanque retangular de 150 L (69 x 51 x 33 cm), a melhor densidade foi de 10 peixes, pois na densidade 15 o comportamento de dominância e brigas de alguns peixes era agravado. Também foi necessária a utilização de telas de cobertura nas unidades experimentais e a redução do nível da água para 100 L, visto que alguns peixes conseguiam saltar dos tanques. O consumo total não ultrapassou 2,0 % da biomassa nos tanques nas duas densidades testadas.

Durante os primeiros 30 dias de experimento, os juvenis de suruvi consumiram a ração mais rapidamente, sem que houvesse registro de sobras. No entanto, a partir da segunda biometria, após os 30 dias, houve redução no consumo e a presença de sobras de ração foi observada nos tratamentos. Apesar de todos os cuidados aplicados durante o manejo para evitar o estresse, e o cuidado inicial de manter a homogeneidade em tamanho dos peixes estocados nas unidades experimentais, a variação entre os pesos dos juvenis por tanque foi aumentando durante o experimento, e os suruvis passaram a apresentar comportamento retraído, havendo dominância de um ou dois peixes maiores por tanque. Portanto, novos estudos com o suruvi são necessários para identificar a densidade ideal em cativeiro e as suas exigências nutricionais, bem como as condições de fotoperíodo ideal para tornar viável o cultivo da espécie em escala comercial.

Quanto ao uso de farinha de insetos, inicialmente foi produzida a farinha de BSF a partir de moscas em estágio de pré-pupas *in natura* de um fornecedor local. Para tanto, foi realizada a secagem das pré-pupas em estufa no LABNUTRI e moagem no LAPAD. A composição centesimal resultante dessa farinha, em relação a farinha de peixe de resíduo de salmão, foi altamente rica em lipídeos na matéria úmida (37,23%) e, reduzida em proteínas (41,63%). Em termos de cinzas, a composição da farinha produzida a partir das pré-pupas de BSF e da farinha

de larvas desengorduradas de BSF utilizada nesse experimento foram similares sendo de 8,74 e 8,93 %, respectivamente. Portanto, houve bastante dificuldade de balancear as dietas experimentais em níveis superiores de substituição proteica a 20%, principalmente pela diferença da proporção de proteína e pelo alto teor lipídico na farinha de pré-pupa de BSF produzida em comparação a farinha de peixe, sendo inviável a sua utilização nas dietas experimentais, sendo escolhida a farinha de BSF desengordurada para a confecção das dietas experimentais.

Apesar de todas as dietas experimentais terem sido fabricadas sob as mesmas condições de umidade, temperatura e pressão, foi observado um gradiente de coloração proporcional ao aumento dos níveis de substituição proteica, resultante da coloração das farinhas de peixe (marrom avermelhada) e de BSF (cinza clara), variando de marrom claro para o marrom escuro, sendo a dieta contendo 80% de substituição proteica de farinha de peixe por proteína de farinha de BSF a mais escura (Material suplementar 3). Além disso, foi observado que o formato dos pellets e o tempo de flutuação da ração diferiu entre as dietas, apesar de todas serem proporcionalmente semelhantes em quantidade de amido. Neste sentido, as dietas com pellets mais homogêneos e menor nível de substituição proteica de farinha de peixe, permaneciam na superfície da água por mais tempo.

Não foi realizada a análise da composição de quitina da farinha de BSF utilizada no experimento, ainda que diversos estudos sinalizam que alguns peixes podem reagir negativamente a excessos dessa fibra insolúvel na dieta. Apesar disso, aparentemente mesmo que em quantidades desconhecidas, aparentemente não houve prejuízos no desempenho zootécnico e na composição corporal em função da quitina para juvenis de suruvi, pois o desempenho e composição foram similares entre as dietas contendo farinha de BSF e a dieta controle, exceto em composição corporal de cinzas. Entretanto, caberia avaliar a composição de quitina da farinha de BSF em futuros estudos em termos de saúde intestinal e respostas imunológicas.

Nesse experimento avaliou-se o desempenho zootécnico e a composição corporal dos suruvis submetidos a dietas experimentais, com substituição proteica de farinha de peixe por proteína de farinha de BSF, entretanto é fundamental que futuros estudos visando uma aplicação em campo dos resultados obtidos nessa pesquisa e a eficácia comercial do uso da farinha de BSF como ingrediente substituto da farinha de peixe na aquicultura avaliem a qualidade sensorial e a palatabilidade dos filés de peixes alimentados com esse ingrediente.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABD EL-HACK, A. et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. **Agriculture**, v. 10, n. 8, p. 339, 2020.

ABREU, M. R. **Maturação gonadal e seleção de fêmeas de suruvi (*Steindachneridion scriptum*) em condições de cativeiro**. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2015.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Eudem, Maringá, PR, 2007. 501 p.

ALLEGRETTI, G. et al. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. **Journal of cleaner production**, v. 171, p. 403 – 412, 2018.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies Nativas Para Piscicultura no Brasil**, 2. ed. Revista e ampliada. Editora UFSM, 2018. 608 p.

BEUX, L.F.; ZANIBONI FILHO, E. Produção pesqueira do reservatório de Itá, Alto Rio Uruguai. In: Evoy Zaniboni-Filho; Alex Pires de Oliveira Nuñer. (Org.). **Reservatório de Itá: estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologias de cultivo e conservação da ictiofauna**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008, v. , p. 87 – 108.

BRABO, M. F. et al. Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura/Current scenario of fish production in the world, Brazil and Pará State: emphasis on aquaculture. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 4, n. 2, p. 50 – 58, 2016.

CAIMI, C. 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. 734539, p. 01 – 05, 2020.

CHIA, S. Y. et al. Effect of dietary replacement of fishmeal by insect meal on growth performance, blood profiles and economics of growing pigs in Kenya. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 705, 2019.

COSTA, D.V.; VASCONCELOS, C. ; ARAUJO, A. C. A. ; CALIL, R. M. ; SANTOS, L. L. P. . **Insetos para Alimentação Animal no Brasil: aspectos de produção e regulatórios**. 1. ed. São Paulo: Alexa Cultural, 2021. v. 1. 82p .

CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F. **Formulação e fabricação de rações (aves, suínos e peixes)**. Manaus: EDUA, 2017. 92 p.

CUMMINS Jr, V. C. et al. Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, v. 473, p. 337 – 344, 2017.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68 – 87, 2010.

DAIRIKI, J. K.; DIAS, C. T. S.; CYRINO, J. E. P. Lysine requirements of largemouth bass, *Micropterus salmoides*: a comparison of methods of analysis of dose-response trials data. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 19, n. 4, p. 1 – 27, 2007.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. 1. ed. Springer Science & Business Media, 1995. 319 p.

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.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. 375 p.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. 21 ed. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

GAHUKAR, R. T. Edible insects farming: efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. In: **Insects as sustainable food ingredients**. Academic Press, 2016. p. 85-111.

GARAVELLO, J. C. Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae). **Neotropical ichthyology**, v. 3, n. 4, p. 607 – 623, 2005.

GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. A. Transgenic crops: implications for biodiversity and sustainable agriculture. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 335 – 353, 2005.

GASCO, L. 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.

GOLD, M. et al. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. **Waste Management**, v. 82, p. 302-318, 2018.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770 – 776, 2010.

HOSSAIN, M. A.; NAHAR, N.; KAMAL, M. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for rohu (*Labeo rohita*). **Aquaculture**, v. 151, n. 1 – 4, p. 37 – 45, 1997.

HUA, K. A meta-analysis of the effects of replacing fish meals with insect meals on growth performance of fish. **Aquaculture**, v. 530, p. 735732, 2021.

- 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 & Shellfish Immunology**, v. 120, p. 497-506, 2022.
- HUYBEN, D. et al. High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Aquaculture**, v. 500, p. 485 – 491, 2019.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI - Peixes**. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Brasília: ICMBio. 2018. 1234 p. 7 v.
- JÓZEFIAK, D. et al. Insects-a natural nutrient source for poultry—a review. **Annals of Animal Science**, v. 16, n. 2, p. 297 – 313, 2016.
- LI, Y. et al. Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 520, n. 734967, p. 1 – 8, 2020.
- LIU, X. et al. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **PLoS One**, v. 12, n. 8, p. e0182601, 2017.
- LOPES, I. G. et al. Using *Hermetia illucens* larvae to process biowaste from aquaculture production. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, p. 119753, 2020.
- LUTHADA-RASWISWI, R.; MUKARATIRWA, S.; O'BRIEN, G. Animal Protein Sources as a Substitute for Fishmeal in Aquaculture Diets: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Applied Sciences**, v. 11, n. 9, p. 3854, 2021.
- MAGHELLY, O. R. et al. Características morfométricas e rendimento corporal do Suruvi *Steindachneridion scriptum* agrupados por sexo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 419 – 430, 2014.
- MEURER, S. e ZANIBONI-FILHO, E. **O suruvi *Steindachneridion scripta* Ribeiro, 1918, como espécie alternativa para a piscicultura sul brasileira**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11., Florianópolis, 26 nov. - 3 dez./2000. Anais... Florianópolis: Associação Brasileira Aquicultura. São Paulo: Sonopress-Rimo, v. único. p.1-7.
- MEURER, S. **Implantação de barragens no alto rio Uruguai (Brasil): influência sobre a assembleia e biologia das principais espécies de peixes**. 2010.106 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis. 2010.
- MEYER, S. et al. Comprehensive evaluation of the metabolic effects of insect meal from *Tenebrio molitor* L. in growing pigs by transcriptomics, metabolomics and lipidomics. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 1 – 19, 2020.

Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Coordenação Geral de Inspeção. **Ofício-Circular Nº 33/2023/CGI/DIPOA/SDA/MAPA**. Brasília, 07 de julho de 2023.

MONTOYA-CAMACHO, N. et al. Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 515 – 526, 2019.

MORO, et al. Espécies de peixe para piscicultura. In: OEDA et al. **Piscicultura de água doce: Multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. p. 29 – 70.

NANDEESHA, M. C. et al. Effects of non-defatted silkworm-pupae in diets on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*. **Biological Wastes**, v. 33, n. 1, p. 17 – 23, 1990.

NEWTON, L. et al. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. **Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC**, v. 17, n. 2005, p. 18, 2005.

NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academies Press, 2011. 392 p.

OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029 (Summary in Portuguese), OECD Publishing, Paris, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/7ef7a411-pt>.

OONINCX, D. G. A. B.; 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. e51145, 2012.

PAIXÃO, R. V. **Diversidade genética de *Steindachneridion scriptum* (Miranda Ribeiro, 1918) do Alto Rio Uruguai**. 2016. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016.

REIS, T. L.; DIAS, A. C. C. Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. **Veterinária e Zootecnia**, v. 27, n. 1, p. 1 – 16. 2020.

RODRIGUES, A. P. O. et al. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440 p.

ROJAS, J. E. J. et al. **Aspectos reprodutivos de machos de suruvi *Steindachneridion scriptum* (Miranda Ribeiro, 1918) na primeira maturação sexual e indução hormonal da espermição**. 2017. 133 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2017.

ROLLIN, X. et al. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 5, p. 865 – 876, 2003.

SCHARDONG, I. S. et al. Brazilian consumers' perception of edible insects. **Ciência Rural**, v. 49, n. 10, p. 1 – 10, 2019.

- SCHORK, G. et al. Diagnóstico da pesca artesanal na usina hidrelétrica de Machadinho, alto rio Uruguai-Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 2, p. 97 – 108, 2012.
- STECH, M. R.; CARNEIRO, D. J.; CARVALHO, M. R. B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 3, p. 255 – 262, 2010.
- TEIXEIRA, E. A. et al. Performance and nutrient utilization in South American juvenile catfish *Pseudoplatystoma* spp. weighting 89–170g, fed at different energy and protein levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1500 – 1508. 2013.
- VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5, n. 2, p. 45 – 50, 2015.
- VERBEKE, W. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. **Food Quality and Preference**, v. 39, p. 147 – 155, 2015.
- VIANA, J. da S. et al. Feeding Frequency In Rearing Juveniles Of Suruvi *Steindachneridion scriptum*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 3, p. 1 – 7, 2020.
- 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.
- ZANIBONI-FILHO, E. et al. Photoperiod influence on the cultivation of *Steindachneridion scriptum* (Pisces, Pimelodidae) juvenile. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 555 – 561, 2008.
- ZANIBONI-FILHO, E.; REYNALTE-TATAJE, D.; HERMES-SILVA, S. Cultivo de bagres do gênero *Steindachneridion*. In: BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Editora da UFSM, Santa Maria, 2010, p. 363 – 378.

ANEXO I

Comparação entre a composição nutricional média entre o besouro tenébrio (*Tenebrio molitor*), Mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (*Musca domestica*), Farinha de peixe e Farelo de Soja.

Composição	Unid.	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Musca domestica</i>	Farinha de Peixe	Farelo de Soja
Matéria Seca (MS)	% do Alim.	42,2 (37,1 – 57,6)	91,3 (90,0 – 92,5)	92,4 (90,0 – 94,7)	92,1 (90,0 – 94,4)	87,9 (85,0 – 92,1)
Fibra Bruta	% (MS)	5,9 (5,0 – 6,9)	7,0	14,7 (1,6 – 29,7)	-	6,7 (3,5 – 10,1)
Proteína Bruta	% (MS)	51,5 (44,1 – 60,3)	49,1 (35,5 – 72,5)	49,9 (37,5 – 63,8)	75,6 (70,2 – 80,7)	51,4 (48,3 – 54,5)
Lisina	% Proteína	4,5 (1,7 – 6,1)	6,4 (5,6 – 8,0)	6,1 (4,4 – 8,2)	6,1 (5,5 – 7,5)	6,1 (5,7 – 6,6)
Metionina	% Proteína	1,5 (1,2 – 2,0)	1,8 (1,4 – 2,4)	2,3 (1,3 – 3,7)	2,2 (2,0 – 2,6)	1,4 (1,2 – 1,6)
Metionina + Cistina	% Proteína	2,3 (1,8 – 2,9)	2,2 (1,5 – 3,1)	3,0 (1,7 – 4,7)	2,9 (2,6 – 3,2)	2,9 (2,5 – 3,3)
Triptofano	% Proteína	0,9 (0,0 – 1,8)	0,8 (0,5 – 1,1)	1,8 (1,4 – 3,2)	0,8 (0,7 – 0,9)	1,3 (1,2 – 1,4)
Treonina	% Proteína	3,6 (2,7 – 4,4)	3,6 (1,3 – 4,8)	3,8 (2,0 – 7,6)	3,1 (2,9 – 4,3)	3,9 (3,5 – 4,3)
Leucina	% Proteína	7,6 (4,5 – 10,6)	7,3 (6,6 – 8,4)	5,7 (4,5 – 6,4)	5,9 (5,2 – 7,3)	7,5 (6,8 – 8,0)
Isoleucina	% Proteína	4,1 (2,6 – 5,0)	4,7 (4,0 – 5,6)	2,9 (1,7 – 3,7)	3,7 (3,3 – 4,4)	4,6 (4,3 – 5,0)
Valina	% Proteína	5,5 (3,7 – 6,6)	6,9 (5,6 – 9,1)	3,3 (1,3 – 4,9)	4,2 (3,9 – 4,8)	4,8 (4,3 – 5,4)
Histidina	% Proteína	3,0 (2,1 – 3,6)	3,1 (2,3 – 4,5)	3,0 (1,0 – 5,1)	1,8 (1,7 – 1,9)	2,6 (2,4 – 2,9)
Arginina	% Proteína	4,5 (3,6 – 5,6)	5,4 (4,8 – 6,1)	4,9 (3,7 – 5,8)	4,6 (4,0 – 6,0)	7,4 (6,8 – 8,1)
Fenilalanina + Tirosina	% Proteína	10,7 (8,6 – 12,1)	11,2 (9,6 – 13,3)	9,8 (6,2 – 17,3)	5,5 (5,2 – 6,5)	8,5 (7,7 – 9,4)
Extrato Etéreo	% (MS)	30,2 (16,6-43,1)	20,0 (3,4-38,6)	15,8 (6,3-31,3)	8,1 (2,0 – 12,0)	2,1 (2,0-2,2)
AG saturados	% Tot. AG	26,4 (22,2-35,1)	33,3	41,3 (33,1-49,2)	19,5 (18,9-19,7)	15,1 (14,9-15,2)
AG Monosaturados	% Tot. AG	41,7 (35,1-51,5)	43,4	38,9	50,8 (50,5 – 52,1)	21,1 (20,5-21,7)
n6 Poliinsaturado	% Tot. AG	25,1 (11,5-34,5)	15,0	18,4	1,8 (1,8-2,0)	56,1 (55,9 – 56,3)
n3 Poliinsaturado	% Tot. AG	1,1 (0,8-1,4)	8,3	-	8,1 (2,0-12,0)	2,1 (2,0-2,2)
Minerais (Cinzas)	% MS	3,8 (1,0 – 6,5)	13,6 (4,3 – 28,4)	11,4 (5,0 – 23,1)	16,6 (12,0 – 23,3)	6,9 (6,8 – 7,0)
Cálcio	g/kg (MS)	2,7 (0,3 – 6,2)	75,6 (50,0 – 86,3)	4,7 (3,1 – 8,0)	36,3 (15,4 – 78,3)	3,9 (2,3 – 6,3)
Fósforo	g/kg (MS)	7,8 (4,4 – 14,2)	9,0 (6,4 – 15,0)	16,0 (9,7 – 24,0)	25,9 (19,0 – 40,4)	6,9 (5,8 – 8,6)
Sódio	g/kg (MS)	0,9	1,3	5,2 (2,8 – 8,6)	10,0 (5,9 – 14,4)	0,1 (0,0 – 0,8)
Potássio	g/kg (MS)	8,9 (8,5 – 9,3)	6,9	5,7 (1,0 – 12,7)	10,2 (5,9 – 14,4)	23,7 (21,8 – 26,0)
Magnésio	g/kg (MS)	2,3 (2,0 – 2,8)	3,9	3,4 (0,7 – 11,5)	2,5 (1,6 – 3,1)	3,1 (2,4 – 3,6)
Energia Bruta	MJ/kg (MS)	26,2 (24,4 – 28,7)	22,8 (21,2 – 24,4)	21,7 (19,3 – 24,4)	21,4 (19,6 – 23,8)	19,9 (19,8 – 20,0)

MS = Matéria Seca; Unid. = Unidades; AG = Ácidos Graxos, 1 MJ = 239,006 kcal.

Adaptado de Gasco et al. (2018).

ANEXO II

Exigências de espécies-bandeira para a formulação das dietas.

Nutriente	Exigência	Espécie bandeira	Fonte bibliográfica
Energia Bruta, <i>kcal/kg ração</i>	4238	<i>Pseudoplatystoma reticulatum</i>	Cunha (2013)
Energia Digestível, <i>kcal/kg ração</i>	-		
Proteína Bruta, %	40	<i>Pseudoplatystoma</i> spp	Teixeira et al. (2013)
<u>Proteína Digestível, %</u>	-		
Arginina	1,7	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Histidina	<u>0,9</u>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Isoleucina	1,2	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Leucina	1,7	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Lisina	<u>2,7</u>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Metionina + Cistina	<u>1,2</u>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Fenilalanina + Tirosina	2,0	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Treonina	1,2	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Triptofano	0,3	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Valina	1,3	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
<u>Gordura bruta ou Extrato etéreo, %</u>			
18:3 n-3, % da ração	0,7	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
18:2 n-6, % da ração	1,3	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
LC-PUFA n-3, % da ração	0,4	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
<u>Fibra Bruta, %</u>			
Cálcio	NR	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Cloro	ND	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Magnésio	0,05	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Fósforo total	1,0	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Fósforo disponível	0,70	X	X
Potássio	ND	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Sódio	NR	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Cobre	3	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Iodo	1,1	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Ferro	NT	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Manganês	12	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Zinco	15	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Selênio	0,15	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
A mg/kg	0,75	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
D µg/kg	40	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
E, mg/kg	50	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
K, mg/kg	R	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Riboflavina	4	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Ácido pantotênico	20	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Niacina	10	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Vitamina B ₁₂	0,02	<i>Oncorhynchus</i> sp.	NRC (2011)
Colina	800	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Biotina	0,15	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Ácido fólico	1	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Tiamina	1	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Vitamina B ₆ (piridoxina)	3	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Vitamina C	100	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)
Inositol	300	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NRC (2011)

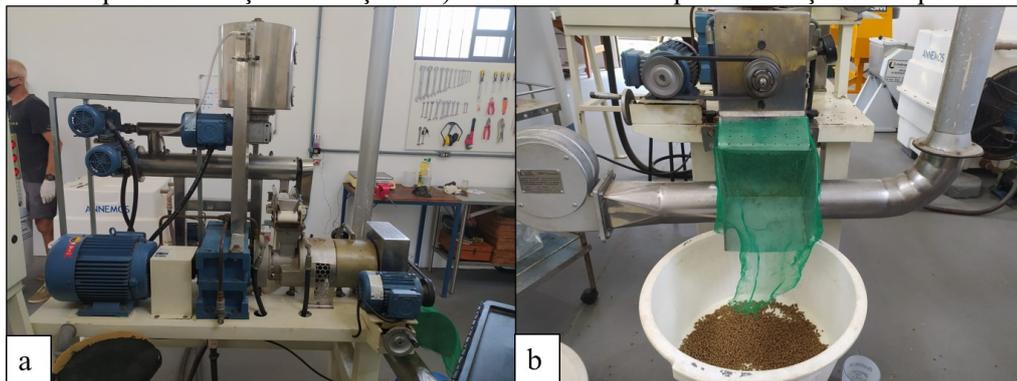
*R = necessário; *NR = não necessário; *ND = não definido

MATERIAL SUPLEMENTAR

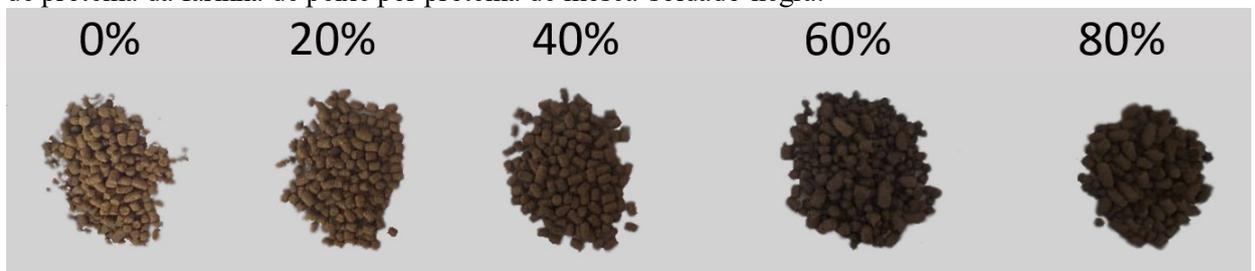
1 – Etapas de fabricação de ração. a) Macros e micro ingredientes pesados e separados. b) ingredientes secos e o óleo misturados. c) Homogeneização e mistura dos ingredientes com água.



2 – a) Extrusora para fabricação das rações. b) Dietas extrusadas para utilização no experimento.



3 – Coloração das dietas 0% (controle), 20%, 40%, 60% e 80% com níveis crescentes de substituição de proteína da farinha de peixe por proteína de mosca-soldado-negra.



4 – a) Peixes estocados nas unidades experimentais no início do experimento. b) Distribuição das unidades experimentais no laboratório.

