

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE
MOSCA-SOLDADO NEGRA EM SUBSTITUIÇÃO
À FARINHA DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO
INICIAL DE TILÁPIA-DO-NILO**

Brígida Sperchi de Oliveira Machado

JABOTICABAL - SÃO PAULO

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**EFEITO DA UTILIZAÇÃO DA FARINHA DE
MOSCA-SOLDADO NEGRA EM SUBSTITUIÇÃO
À FARINHA DE PEIXE NA ALIMENTAÇÃO
INICIAL DE TILÁPIA-DO-NILO**

Brígida Sperchi de Oliveira Machado

Orientadora: Profa. Dra. Maria Célia Portella

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Aquicultura do
Centro de Aquicultura da UNESP -
CAUNESP, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em
Aquicultura- Área de Concentração em

JABOTICABAL - SÃO PAULO

2019

M149e Machado, Brígida Sperchi de Oliveira
Efeito da utilização da farinha de mosca-soldado negra em substituição à farinha de peixe na alimentação inicial de tilápia-do-nilo / Brígida Sperchi de Oliveira Machado. – – Jaboticabal, 2019
v, 41 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2019
Orientadora: Maria Célia Portella
Banca examinadora: Julieta Rodini Engracia de Moraes, Jesaias Ismael Costa
Bibliografia

1. Farinha de inseto. 2. *Oreochromis niloticus*. 3. Larvicultura. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP

Campus de Jaboticabal/SP - Karina Gimenes Fernandes - CRB 8/7418



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito da utilização da farinha de mosca-soldado negra em substituição à farinha de peixe na alimentação inicial de tilápia-do-nilo

AUTORA: BRIGIDA SPERCHI DE OLIVEIRA MACHADO

ORIENTADORA: MARIA CÉLIA PORTELLA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:


Prof.^a. Dr.^a. MARIA CÉLIA PORTELLA
Departamento de Biologia Aplicada a Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. JULIETA RODINI ENGRACIA DE MORAES
Departamento de Patologia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA
Departamento de Economia Rural / FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP

Jaboticabal, 11 de novembro de 2019

“Dar de Si Antes de Pensar em Si”

Lema do Rotary Internacional.

DEDICATÓRIA

*Dedico aos meus pais: Luzia
Aparecida Sperchi de Oliveira
Machado e Aparecido de Oliveira
Machado. Eles me deram o seu
sim e me aceitaram em suas vidas.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por cada dia de vida.

Aos meus familiares, tios, primos, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

A Profa. Dra. Maria Célia Portella, por toda paciência e ensinamentos ao longo de minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Dalton José Carneiro, pelo auxílio para a formulação das rações.

Aos membros participantes do exame geral de qualificação, Dr. Jesaias Ismael Costa e Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes, pela participação e contribuições.

Aos membros participantes da Banca Examinadora, Profa. Dra. Julieta Rodini Engracia de Moraes e Dr. Jesaias Ismael Costa, pelo incentivo e contribuições.

Ao Dr. Flávio Furtado Ribeiro, por toda orientação durante o início do mestrado.

Aos amigos dos Laboratórios de Larvicultura, de Nutrição de Organismos Aquáticos e de Aquaponia, que me acolheram quando mais precisava, durante a fase de experimento, e pelos momentos de risada: Juliano Coutinho, Sara Pinho, Michele Santos, Jéssica Pacheco, Magdiel Oliveira, Thalys Vinicius Cruz, Guilherme Trindade e Grazielle Gaiume.

À Zootecnista Teresa Cristina R. Dias Koberstein e aos funcionários do Laboratório de Tilapicultura do Caunesp pelo auxílio e fornecimento de larvas para os testes iniciais.

Aos funcionários do Caunesp e ao programa de Pós-graduação em Aquicultura, pelo auxílio concedido e amizade.

À Entologics Nutrientes Sustentáveis LTDA pela doação de larvas desidratadas de mosca-soldado negra.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Caunesp, pela compreensão e apoio em momentos cruciais.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

APOIO FINANCEIRO

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsa de Mestrado. Processo nº 131961/2018-8.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Importância da nutrição de peixes.....	5
2.2. Farinha de peixe e ingredientes alternativos.....	6
2.3. Farinha de inseto.....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
3.1. Instalações e condições experimentais.....	11
3.2. Dietas formuladas.....	12
3.3. Avaliação de desempenho produtivo.....	15
3.4. Análises estatísticas.....	16
3.5. Avaliação da homogeneidade de tamanho dos animais.....	16
4. RESULTADOS.....	17
5. DISCUSSÃO.....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Percentual de aminoácidos indispensáveis e dispensáveis de farinha de peixe e larva de mosca-soldado negra (BSF) e exigência de aminoácidos pela tilápia-do-nilo.....	13
Tabela 2 - Composição bromatológica da farinha de peixe e da farinha de larvas de mosca-soldado negra (BSF).....	14
Tabela 3 - Formulação das dietas utilizadas no experimento.....	14
Tabela 4 - Composição da dieta controle e das dietas com inclusão de farinha de BSF.....	15
Tabela 5 - Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de peso úmido (mg) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	17
Tabela 6 - Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de comprimento total (mm) de larvas e juvenis nos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	18
Tabela 7 - Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de comprimento padrão (mm) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	20
Tabela 8 - Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de altura (mm) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	20
Tabela 9 - Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de Taxa de Crescimento Específico (T.C.E.) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	22
Tabela 10 - Valores médios de peso seco (mg) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.....	25

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Representação gráfica das médias de comprimento total (mm) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 30º dia de experimento.....	18
Figura 2 - Representação gráfica do comportamento dos resultados de comprimento total (mm) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 30º dia de experimento.....	19
Figura 3 - Representação gráfica das médias de altura (mm) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no 14º dia de experimento.....	21
Figura 4 - Representação gráfica do comportamento dos resultados de altura (mm) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 14º dia de experimento.....	21
Figura 5 - Representação gráfica das médias da taxa de crescimento específico (%) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 14º dia de experimento.....	22
Figura 6 - Representação gráfica do comportamento dos resultados da taxa de crescimento específico (%) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 14º dia de experimento.....	23
Figura 7 - Representação gráfica das médias da taxa de crescimento específico (%) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 30º dia de experimento.....	23
Figura 8 - Representação gráfica do comportamento dos resultados da taxa de crescimento específico (%) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 30º dia de experimento.....	24
Figura 9 - Frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo em cada classe de tamanho (pequeno, P; médio, M; grande, G) ao final do experimento (30º dia).....	25

Figura 10 -	Representação gráfica das médias da frequência de ocorrência de peixes da categoria P (mm) que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.....	26
Figura 11 -	Representação gráfica do comportamento dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo de tamanho P em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.....	26
Figura 12 -	Representação gráfica das médias de frequência de ocorrência de peixes da categoria M que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.....	27
Figura 13 -	Representação gráfica dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo de tamanho M em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.....	27
Figura 14 -	Representação gráfica das médias de frequência de ocorrência de peixes da categoria G (mm) que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.....	28
Figura 15 -	Representação gráfica dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo de tamanho G em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.....	28
Figura 16 -	Taxas de sobrevivência (%) de juvenis de tilápia-do-nilo, no final dos 30 dias de experimento.....	29
Figura 17 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta controle (S0).....	29
Figura 18 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta de inclusão de 10% de BSF (S10).....	30
Figura 19 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 20% de inclusão de BSF (S20).....	30
Figura 20 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 30% de inclusão de BSF (S30).	30
Figura 21 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 40% de inclusão de BSF (S40).....	31
Figura 22 -	Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 40% de inclusão de BSF (S50).....	31

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a substituição parcial da farinha de peixe por farinha de inseto em dietas para tilápia-do-nilo na fase inicial de crescimento. Foi realizado um experimento inteiramente casualizado constando de seis tratamentos de níveis crescentes de inclusão de farinha de mosca-soldado negra em substituição à farinha de peixe (0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%), com cinco repetições de cada tratamento, por um período de 30 dias. Larvas com 3 dias pós-eclosão foram estocadas na densidade de 10 larvas.L⁻¹ em tanques de 50L dispondo de fluxo contínuo de água e aeração constante, e receberam cinco arraçoamentos diários. Durante o experimento foram realizadas quatro avaliações biométricas (aos 7, 14, 21 e 30 dias) para determinação do peso úmido, peso seco, comprimento total, comprimento padrão e altura dos animais. Além disso, foram calculadas as taxas de crescimento específico e de sobrevivência, e a relação entre peso úmido e peso seco. Os peixes também foram classificados em três categorias de tamanho (pequeno “P”, médio “M” e grande “G”) ao final do experimento, de acordo com comprimento total. Os resultados evidenciaram diferenças significativas ($p > 0,05$) apenas no 30º dia para comprimento total e no 14º dia para altura. Em relação à taxa de crescimento específico, verificaram-se diferenças significativas no 14º e 30º dia de experimento. Em relação às categorias de tamanho, as larvas que foram alimentados com maiores níveis de inclusão da farinha de inseto apresentaram, ao final de 30 dias, as menores porcentagens de juvenis de tamanho pequeno e as maiores porcentagens de juvenis grandes. A dieta controle foi a que proporcionou maior número de peixes de tamanho médio. Os resultados sugerem que é possível a utilização da farinha de mosca soldado-negra em substituição parcial à farinha de peixe; porém, são necessários estudos mais aprofundados e extensos para a compreensão do uso da farinha de mosca-soldado negra nas fases posteriores do cultivo de tilápia-do-nilo visando aumentar a segurança da introdução desse novo ingrediente para animais em crescimento.

Palavras chave: farinha de inseto, *Oreochromis niloticus*, larvicultura.

ABSTRACT

This study evaluated the partial replacement of fishmeal by insect meal in diets for Nile tilapia during the initial phase of growth. A completely randomized experiment was carried out with six treatments of increasing levels of inclusion of black soldier fly meal instead of fish meal (0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50%), with five repetitions of each treatment, for a period of 30 days. Larvae at the 3rd day after hatching were stocked at the density of 10 larvae.L⁻¹ in 50L tanks with continuous water flow and constant aeration, and received five daily meals. Four biometric evaluations were performed during the experiment (at 7, 14, 21 and 30 days) to determine the wet weight, dry weight, total length, standard length and height of the animals. In addition, specific growth rate, survival rate and the relationship between wet weight and dry weight were calculated. The fish were also classified into three size categories (small “P”, medium “M” and large “G”) at the end of the experiment, according to total length. The results showed significant differences ($p > 0.05$) only on day 30 for total length and day 14 for height. Regarding the specific growth rate, significant differences were observed on the 14th and 30th day of the experiment. Considering the size categories, the larvae that were fed with higher inclusion levels of insect meal showed, at the end of 30 days, the lowest percentages of small juveniles and the highest percentages of large juveniles. The control diet was the one that provided the largest number of medium-sized fish. The results suggest that it is possible to use black soldier fly meal as a partial replacement for fish meal; however, further and more extensive studies are needed to understand the use of black soldier fly meal in the later stages of Nile tilapia rearing to increase the safety of introducing this new ingredient to growing animals.

Key words: insect meal, *Oreochromis niloticus*, larviculture.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2016 a produção na aquicultura foi de 110,2 milhões de toneladas segundo dados da FAO (2018), sendo o setor de produção animal que mais cresceu nos últimos anos. No Brasil, dentre os vários segmentos da aquicultura, a criação de peixes apresenta maior destaque, tendo a tilápia-do-nylo como a principal espécie cultivada (PEIXEBR 2019). A facilidade de criação da espécie, boa aceitação da carne no mercado e crescimento rápido são alguns fatores que favorecem o bom desenvolvimento da tilápia em sistemas de criação (SCHULTER e VIEIRA-FILHO 2018).

Vários são os fatores que influenciam os sistemas de criação de peixes, dentre os quais destacam-se a larvicultura e a nutrição. Ou seja, é preciso produzir larvas de boa qualidade para os demais segmentos da produção, assim como é necessária uma nutrição balanceada em cada fase de desenvolvimento do peixe para seu pleno desenvolvimento e qualidade. Fornecer uma dieta que atenda a todas as exigências nutricionais demanda alimentos que possuam boa digestibilidade e qualidade nutricional.

Dentre os ingredientes mais usados na aquicultura, a farinha de peixe se destaca pela sua palatabilidade, alto teor de proteína e composição de aminoácidos essenciais (FURUYA 2010). Porém, a redução da produção mundial, o aumento da demanda e a competição pelas fábricas de rações para outros animais, têm aumentado o custo da farinha de peixe, onerando os preços de produção (FAO 2016). Segundo Henry et al. (2015), a diminuição da disponibilidade de alimentos e aumento no seu custo de produção têm motivado a busca de alternativas sustentáveis para a alimentação de peixes.

As farinhas de inseto têm potencial para substituir a farinha de peixe na aquicultura por possuírem, entre outras vantagens, quantidade alta de aminoácidos essenciais digestíveis (HENRY et al. 2015). Freccia et al. (2016) relatam que as farinhas de insetos além de possuírem bom perfil de aminoácidos, podem ter sua palatabilidade e digestibilidade melhoradas após certos métodos de processamento, como secagem, silagem, hidrólise ou desengorduramento.

A mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*) possui perfil de aminoácidos

semelhante ao da farinha de peixe de boa qualidade (BARROSO et al. 2014), além da capacidade de transformar resíduos alimentares e dejetos de animais em proteínas de alta qualidade (SHEPPARD et al.1994; BARRAGAN-FONSECA et al. 2017). É um inseto cosmopolita, de ampla distribuição geográfica (CALLAN 1974) e apresentam fase alimentar somente na fase larval, sendo que a fase adulta é de curta duração, na qual os insetos apenas copulam e as fêmeas realizam a postura de ovos, morrendo logo em seguida. Essa é uma vantagem em comparação com outras espécies de insetos que são usadas para a produção de biomassa, pois, não precisando se alimentar na fase adulta, a mosca- soldado negra sobrevive apenas das suas reservas acumuladas durante a fase larval, e não exige cuidados especiais (MAKKAR et al. 2014; SANTOS 2018). Ainda, por não se alimentar na fase adulta, não atuam como vetores de doenças, ao contrário de outros dípteros amplamente conhecidos por serem transmissores de diversas zoonoses (SHEPPARD 1983).

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição da farinha de peixe por farinha de inseto (mosca-soldado negra) sobre o desenvolvimento e desempenho zootécnico de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Aquicultura consiste em um complexo sistema de produção de organismos aquáticos, tais como peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas, sendo realizado tanto em água doce como salgada. É o setor de tecnologia de produção de proteína animal que mais cresceu nos últimos anos, superando outros sistemas de criação (TACON e METIAN 2008; FAO 2016).

A piscicultura tem como finalidade a criação de peixes para a produção comercial, sendo que no ano de 2016 a produção total foi de 54,1 milhões de toneladas (FAO 2018). Segundo a FAO (2016), dentre os 25 maiores produtores aquícolas mundiais, o Brasil está em 14º lugar, ficando atrás de países como China, Tailândia, Chile e Estados Unidos. Ainda segundo suas projeções, a aquicultura no país deve aumentar em 104% até 2025. Em 2018, a produção de peixes no Brasil foi de 722.560 toneladas, tendo como a espécie mais criada a tilápia-do-nilo, responsável por 55,4% da produção total de peixes no ano (PEIXEBR 2019).

O Brasil possui condições que favorecem o crescimento da aquicultura, tais como abundância de recursos hídricos, condições climáticas adequadas e ecossistemas diversificados (SEBRAE 2015). Mas, para o país ter sucesso nesse setor, um dos pontos para qual deve-se dar grande importância é a larvicultura, pois nessa fase é que são produzidos os animais de qualidade para as demais fases de cultivo (HAYASHI et al. 2002). A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), originária do continente africano (nas bacias dos rios Nilo, Níger, Chade e nos lagos do centro-oeste) (VICENTE et al. 2014), é uma das espécies mais cultivadas no mundo. Em 2018, a produção mundial de tilápia foi de 4.557 milhões de toneladas, sendo a quarta espécie mais produzida no planeta (FAO 2018).

A primeira espécie de tilápia introduzida no Brasil foi a *Tilapia rendalli*, no início da década de 50 pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), com objetivo de produzir juvenis de tilápia para repovoamento de reservatórios na região Nordeste (IGARASHI 2018). Apenas em 1971 as primeiras espécies de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e a tilápia de Zanzibar (*O. urolepis hornorum*) foram introduzidas no país pelo DNOCS (IGARASHI 2018). Os programas de melhoramento genético aplicados às espécies de tilápias nas últimas

décadas proporcionaram um grande número de linhagens e resultaram em aumento da eficiência zootécnica e diminuição dos custos de produção. A tilápia da linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*), foi desenvolvida inicialmente pelo ICLARM (*International Center for Living Aquatic Resources Management*, atual *WorldFish Center*), a partir do cruzamento de oito linhagens, sendo quatro linhagens africanas selvagens e quatro linhagens domesticadas na Ásia (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2005), sendo introduzida no Brasil em 2005

Segundo Zimmermann e Fitzsimmons (2004), as tilápias podem ser produzidas em vários tipos de sistemas: *raceways*, canais de irrigação, gaiolas flutuantes, sistemas fechados de recirculação simples ou integrados com hidroponia (aquaponia). No Brasil, os sistemas de cultivo mais utilizados na produção de tilápia-do-nilo são os tanques escavados e os tanques redes com altas densidades (SANTOS 2015). O sucesso de sua criação se deve às características como: 1) rápido ganho em peso e crescimento; 2) reprodução o ano inteiro; 3) boa conversão alimentar; 4) rusticidade; 5) facilidade de obtenção de larvas; 6) carne de boa aceitação no mercado pela sua textura firme, sem espinhos e sabor marcante; 7) rendimento da carcaça pode chegar a 37%; 8) carne de baixa caloria; 9) boa aceitação de vários tipos de alimentos; e 10) desenvolvimento precoce na fase inicial de vida (KUBTIZA et al. 2001; SANTOS et al. 2006; FIGUEIREDO e VALENTE 2008).

Em sistemas de criação intensivos, a produção de larvas de tilápia-do- nilo é feita de duas formas: com coleta de nuvens de larvas por meio de puçás diretamente nos viveiros de reprodução ou incubação artificial dos ovos coletados periodicamente da boca da fêmea, e levados para o laboratório para incubação e larvicultura (IGARASHI 2018), sendo que o tempo de eclosão varia entre 3 a 6 dias.

A larvicultura é uma fase importante no processo de criação dos peixes, pois compreende um período muito dinâmico de desenvolvimento dos animais, quando estes estão mais sensíveis às variações físicas e químicas da água, ao manejo nutricional e a exposição à patógenos. Como a formação do trato digestório nesta fase ainda é rudimentar ou incompleta, muitas espécies não são capazes de assimilar adequadamente os nutrientes de alimentos formulados (HOLT et al. 2011; PORTELLA et al. 2012, 2014). Por outro lado, algumas outras espécies, entre as quais a tilápia, já têm capacidade de assimilar o alimento formulado desde o início

da alimentação exógena, o que se constitui em vantagem para sua criação inicial. Porém, como são animais em fase de crescimento muito acelerado (PORTELLA et al. 2012), necessitam receber alimentos de alto valor nutricional e que sejam facilmente assimiláveis. Assim, a concentração de nutrientes e a frequência alimentar são variáveis importantes nessa fase, pois influenciam diretamente a sobrevivência e o crescimento dos indivíduos.

A abertura da boca em larvas de peixe marca o início para a transição do alimento endógeno para o exógeno. Utilizando microscopia eletrônica de varredura, Nakaghi et al. (2009) identificaram na tilápia-do-nylo abertura bucal apenas 8 horas após eclosão e em até 24 horas a sua formação estava completa. Já nas pesquisas feitas por Morrison et al. (2001) verificou-se a abertura da boca com 22 horas após a eclosão. Tais diferenças, no entanto, podem estar relacionadas às variações ambientais (e.g. temperatura) e qualidade da larva.

2.1. Importância da nutrição de peixes

Com o desenvolvimento da aquicultura como agroindústria e intensificação da atividade, aumentou-se a busca por ingredientes de qualidade que possam ser utilizados nas formulações e processamento das dietas, e que as tornem economicamente viáveis (CYRINO et al. 2010). Os alimentos são as fontes básicas de nutrientes necessários para o desenvolvimento e metabolismo dos animais (ALMEIDA et al. 2014). Logo, formular dietas que atendam às necessidades qualitativas e quantitativas nas diferentes fases de vida dos peixes é fundamental para o sucesso de sua produção intensiva (ALMEIDA et al. 2014).

A maior parte das rações produzidas utiliza subprodutos da agricultura, da pesca ou do abate de animais; ou seja, constituem misturas de ingredientes de origem animal, vegetal ou mineral (PASTORE et al. 2012).

Especialmente quando os peixes são mantidos sob condições intensivas de águas claras e dependem inteiramente de dietas nutricionalmente completas para satisfazer suas necessidades, é de maior importância o fornecimento de ingredientes naturais de qualidade e de nutrientes sintéticos, principalmente em estágios críticos (i.e., na fase inicial ou para reprodutores) (TACON et al. 1988). O alimento exerce influência direta sobre o desempenho, sobrevivência e crescimento

dos peixes; portanto, caso ocorra uma deficiência nessas fases, pode causar alta taxa mortalidade (BRUNO et al. 2016), retardo de crescimento ou baixo desempenho reprodutivo, com possíveis consequências às proles.

2.2. Farinha de peixe e ingredientes alternativos

A farinha de peixe é um ingrediente usado em vários segmentos da indústria animal, como suinocultura, avicultura e indústria pet. Na aquicultura, constitui-se um componente essencial para a formulação de dietas, principalmente para espécies carnívoras, piscívoras e peixes marinhos (NRC 2011; MILLES et al. 2016). A farinha de peixe de alta qualidade apresenta composição completa de aminoácidos indispensáveis, fosfolípidos e ácidos graxos para uma boa reprodução e pleno desenvolvimento, especialmente de larvas (MILLES et al. 2006).

A farinha de peixe é o produto do processamento de rejeito pesqueiro sem valor comercial ou de resíduo de filetagem, sendo a maior parte o obtido da pesca extrativista (FAO 2016). Várias espécies marinhas são usadas para a produção de farinha e óleo de peixe; porém nos últimos anos houve estabilização do número de organismos capturados, devido a diversos fatores como: desequilíbrio na cadeia trófica nos mares em razão do excesso de captura de pescados; fenômenos climáticos como o El Niño, que afetam as temperaturas das águas do Oceano Pacífico, onde grande parte dessas espécies são capturadas; e poluição e contaminação dos mares (FAO 2016). Além destes fatores, a competição pelas fábricas de rações para outros animais tem aumentado o custo da farinha de peixe, restringindo o uso dessa matéria-prima na aquicultura (FAO 2016). Portanto, não é surpresa que seja a proteína mais cara.

Mesmo na tilapicultura, em que as taxas típicas de inclusão de farinha de peixe nas dietas para tilápia-do-nilo variam de 2 a 5% da dieta para indivíduos adultos (TACON e METIAN 2008), a farinha de peixe continua sendo utilizada na confecção de dietas para os estágios iniciais de vida da espécie (AYADI et al. 2012).

Com a diminuição da oferta de farinha de peixe como fonte proteica nas formulações, as fábricas de rações e instituições de pesquisas estão sendo estimuladas a buscar outras fontes alternativas para a substituição parcial ou total

desse insumo (GARCIA e ALTIERI 2005). No Brasil, pelo alto preço da farinha de peixe no mercado brasileiro, outras fontes estão sendo usadas para substituição desta matéria prima, como a farinha de vísceras ou carnes (FURUYA 2010), sendo consideradas boas alternativas na alimentação de tilápias, diminuindo os custos de produção (MONTROYA-CAMACHO et al. 2019).

Por outro lado, o Brasil possui grande oferta de farelo de oleaginosas, tais como soja, canola e girassol que são produzidas em larga escala no país (LIMA 2010). A soja é a oleaginosa mais usada como ingrediente proteico na aquicultura (MONTROYA-CAMACHO et al. 2019) por sua excelente fonte de aminoácidos e melhor coeficiente de digestibilidade, comparando-se com outras fontes proteicas vegetais (FURUYA 2010). Apesar das qualidades da soja, este vegetal apresenta alguns fatores limitantes, como deficiência em metionina e cisteína e fatores antinutricioais (lecitinas, saponina, fitoestrogênios, hemaglutinina e protease) (FURUYA 2010; MONTROYA-CAMACHO et al. 2019).

2.3. Farinha de inseto

Diversos aspectos fazem com que as farinhas de inseto se tornem importantes alternativas à farinha de peixe, sendo elas: boa digestibilidade; perfil de aminoácidos semelhante ao da farinha de peixe; fácil produção em cativeiro; e possibilidade de manipulação nutricional conforme a espécie e estágio de desenvolvimento (larva, pupa, ninfa ou adulto) (HENRYA et al. 2015; BARROSO et al. 2014).

Os insetos se encontram em grande abundância na natureza e atualmente são documentadas mais de 2.000 espécies exploradas para alimentação, sendo a maioria de regiões tropicais. Os mais comuns são os das ordens: Coleoptera (besouros e escaravelhos), Lepidoptera (borboletas e mariposas), Hymenoptera (abelhas, vespas, formigas), Orthoptera (gafanhotos, grilos, térmitas), Hemiptera (cigarra, percevejos, insetos de escala), Odonata (libélulas) e Diptera (moscas) (EFSA 2015).

As principais espécies de insetos criadas comercialmente são: tenébrio (*Tenebrio molitor*), cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), grilo doméstico (*Acheta domesticus*), grilo africano (*Gryllus bimaculatus*), mosca-soldado negra (*Hermetia*

illucens), gafanhotos (*Locusta migratória*), bicho de seda (*Bombyx mori*), tenébrio gigante (*Zophobas morio*), mosca comum (*Musca domestica*), gafanhoto (grupo Orthoptera, tais como: *Oxya* spp.; *Melanoplus* spp.; *Hieroglyphus* spp.; *Acridia* spp), gorgulho de palma ou larvas de sagu (*Rhynchophorus ferrugineus olivier*) e mosca varejeira (*Chrysomya chloropyga*) (EFSA 2015).

Os insetos são uma potencial fonte de lipídeos, seus óleos são ricos em ácidos graxos poli-insaturados e frequentemente possuem ácidos linoleico e linolênico essenciais; porém são deficientes em ácidos graxos altamente insaturados das famílias ômega-3 e ômega-6 (HUIS et al. 2013). A concentração de proteína bruta varia aproximadamente de 20 a 65 % (XIAOMING et al. 2010). BARROSO et al. (2014) encontraram valores de proteína bruta (PB) entre 40 a 60% em diferentes espécies de insetos (ordem Diptera, Coleoptera e Ortoptera), valores iguais ou superiores ao farelo de soja (50 % PB), mas inferiores aos da farinha de peixe (73% PB). Os insetos possuem um bom balanço de aminoácidos indispensáveis, principalmente os da ordem Diptera, que são os que mais se assemelham à composição da farinha de peixe, podendo ser uns dos seus possíveis substitutos.

Embora os estudos com insetos para a alimentação animal tenham iniciado há cerca de 40 anos, apenas no começo do ano 2000 é que começaram a receber maior atenção na área de aquicultura (SANCHEZ-MUROS et al. 2014). Níveis de até 25% de inclusão de farinha de *Tenebrio molitor* em dietas para *Sparus aurata* não afetaram o ganho em peso, a proteína bruta corporal e a digestibilidade, comparados com a ração controle (PICCOLO et al. 2017). Dieta com inclusão de 50 % de *Macrotermes subhyalinus* resultou em melhor taxa de conversão alimentar, eficiência proteica e custo benefício para *Heterobranchus longifilis* (SONGBESAN et al. 2008). Estudos desenvolvidos por ONGUJI et al. (2008) mostraram que até 15% de larva de mosca doméstica (*Musca domestica*) em substituição à farinha de peixe pode ser utilizado em dietas para juvenis de *Oreochromis niloticus* (com peso inicial de $2,0 \pm 0,1g$) sem afetar o desempenho, conversão alimentar e ingestão. Segundo Barroso et al. (2014) substituições maiores que 30% diminuem o crescimento, dependendo da espécie de peixe e de inseto. Um dos fatores que limitam níveis de inclusão mais altos de farinha de inseto é a quitina. Este é um componente primário dos exoesqueletos de insetos, que a maioria dos peixes não

consegue quebrar com suas enzimas do trato digestório, interferindo no desenvolvimento e crescimento dos peixes (HENRYA et al. 2015).

Dentre as várias espécies de inseto, a mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*), comumente conhecida como BSF pela sigla em inglês de “Black Soldier Fly” é uma candidata promissora, tanto pela sua alta capacidade de converter resíduos alimentares e dejetos de animais em proteínas de alta qualidade, como por ser adequada para utilização na ração animal (SHEPPARD et al. 1994). Nativa das zonas temperadas, tropicais e subtropicais das américas (BARRAGAN-FONSECA et al. 2017), a mosca-soldado negra na sua fase larval possui alta porcentagem de proteína, de 40 a 63 % (BARRAGAN-FONSECA et al. 2017). As concentrações de proteína e de aminoácidos irão depender do tipo e da qualidade de substrato oferecido ao inseto, além do estágio de desenvolvimento do mesmo (BARRAGAN-FONSECA et al. 2017). Barroso et al. (2014) comparando a composição de aminoácidos de algumas ordens de inseto em relação à farinha de peixe, verificaram que mosca-soldado negra na fase larval apresenta teores de aminoácidos superiores ou semelhantes aos da farinha de peixe, como arginina, isoleucina, lisina, fenilalanina, treonina; porém, é deficiente em metionina.

A mosca-soldado negra é rica em lipídios, com valores variando de 15% a 35%, dependendo do tipo de alimentação que é fornecida (ç A larva ou pupa contém de 58 a 72% de ácido graxos saturados e de 19 a 40% de ácidos mono e poli-insaturados, com baixos níveis de ômega 3 em sua composição (BARRAGAN-FONSECA et al. 2017).

Diversos estudos já demonstraram a viabilidade de substituição parcial da farinha de peixes pela de mosca-soldado negra. Por exemplo, a substituição de 50% da farinha de peixe por farinha de mosca-soldado negra na fase larval não afetou de forma significativa a qualidade sensorial de filés de truta arco-íris (SEALEY et al. 2011). Nos estudos desenvolvidos por Kroeckel et al. (2012), a inclusão de até 33% de farinha de mosca-soldado negra em dietas para “tubort” não afetou negativamente o seu crescimento. A inclusão de até 50% da farinha de mosca-soldado negra também não afetou o crescimento e a qualidade do filé salmão-do-atlântico (LOCK et al. 2016).

Na natureza, a tilápia-do-nilo apresenta comportamento alimentar onívoro e

os insetos fazem parte da sua alimentação natural (FONTES et al. 2019), o que faz do uso da mosca-soldado negra um potencial substituto da farinha de peixe em dietas formuladas para larvas e juvenis desta espécie.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalações e condições experimentais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Larvicultura do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LabLARVA, LANOA) do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. O estudo foi realizado durante 30 dias, em delineamento inteiramente casualizado, constituído de seis tratamentos em que cinco níveis de substituição crescentes de farinha de mosca-soldado negra (BSF) pela de farinha de peixe foram testados, além do controle, a saber: (**S0** – Controle, sem inclusão de farinha de mosca-soldado negra; **S10** - 10% de substituição; **S20** - 20% de substituição; **S30** - 30% de substituição; **S40** - 40% de substituição; e **S50** - 50% de substituição), com cinco repetições de cada tratamento.

Larvas de tilápia da linhagem GIFT com três dias de vida obtidas por meio de coleta de ovos e incubação artificial, foram adquiridas em uma fazenda comercial localizada no município de Sales Oliveira, SP. No início do experimento apresentavam comprimento total médio de $9,51 \pm 0,91$ mm e peso médio de $12,76 \pm 7,84$ mg. As larvas foram distribuídas em 30 tanques de polietileno com 50 litros de água em sistema de circulação aberto e aeração constante, na densidade inicial de 10 larvas.L⁻¹. Os animais foram alimentados cinco vezes ao dia (8:30; 11:00; 13:00; 15:30 e 18:00). Diariamente, uma hora após a última refeição, os resíduos alimentares não consumidos e as fezes eram retiradas dos tanques por sifonamento.

No 25º dia de experimento, foi verificada alta mortalidade de larvas em alguns tanques. As larvas foram encaminhadas para exame parasitológico e por meio de raspagem das brânquias e das escamas foi detectado o ectoparasita monogênea. As larvas dos tanques infestados foram então tratadas com solução de acriflavina por um período de três dias e as larvas mortas durante esse período foram contabilizadas, para posterior desconto no cálculo da taxa de sobrevivência.

Durante o período experimental a temperatura e oxigênio da água foram verificados diariamente, às 8:00 e 18:00 horas, com auxílio de uma sonda YSI 500 A. A temperatura média aferida foi de $30,1 \pm 0,2$ °C e oxigênio dissolvido de $6,9 \pm$

0,6 mg.L⁻¹. A cada três dias, monitoraram-se pH (peagâmetro marca YSI pH100), e condutividade (condutivímetro ADWA AD 310) da água, com valores médios de 6,4 ± 0,3 e 210,4 ± 30,2 µs.L⁻¹, respectivamente.

Neste estudo utiliza-se a nomenclatura proposta por Kendall et al. (1984), considerando-se “larva” a fase desde a eclosão até a transformação em “juvenil”, quando os peixes apresentam as características morfológicas externas dos adultos.

3.2. Dietas formuladas

As larvas da mosca-soldado negra (BSF) utilizadas nesse experimento foram doadas pela empresa Entologics Nutrientes Sustentáveis Ltda, localizada em Piracicaba, SP. Foram realizadas análises dos perfis de aminoácidos da farinha de BSF e da farinha de peixe (Tabela 1) pelo Laboratório Siqueira & Risso Análises Químicas, localizado em Campinas, SP. Como a farinha de BSF apresenta uma alta taxa de lipídeos, adaptou-se a metodologia de L'Hocine et al. (2006), para desengorduramento das amostras, diminuindo, assim, a porcentagem de lipídeos e aumentando a fração proteica. Para cada 100 g de farinha de BSF, foram utilizadas 300 mL de álcool etílico em um Becker e, logo depois, colocados em um agitador magnético por 30 min, e filtrado em papel. A extração foi repetida por mais duas vezes para atingir o máximo de desengorduramento. Ao final da terceira extração, a farinha de BSF foi novamente filtrada, enxaguada com solvente fresco, e depois o ingrediente foi deixado em capela com ventilação forçada por 24 horas. Após esse período a farinha de BSF foi mantida em freezer até a preparação final das dietas.

Tabela1. Percentual de aminoácidos indispensáveis e dispensáveis de farinha de peixe e larva de mosca-soldado negra (BSF) e exigência de aminoácidos pela tilápia-do-nilo.

Aminoácidos	Farinha de Peixe	Farinha de BSF Desengordurada	Diferença entre F. de peixe e F. de BSF desengordurada	Exigência de aminoácidos para tilápia
INDISPENSÁVEIS				
Histidina	1,33	2,39	1,06	1
Arginina	5,09	4,24	-0,85	1,2
Treonina	2,79	2,84	0,05	1,1
Metionina	1,84	1,43	-0,41	0,7
Isoleucina	2,11	2,07	-0,04	1
Leucina	3,53	4,28	0,75	1,9
Fenilalanina	1,91	3,62	1,71	1,1
Lisina	2,45	3,14	0,69	1,6
Valina	2,66	4,14	1,48	1,5
Triptofano	-	-	-	-
DISPENSÁVEIS				
Ácido Aspártico	3,54	4,09	0,55	-
Ác. Glutâmico	6,39	7,46	1,07	-
Tirosina	1,66	4,58	2,92	-
Cisteína	0,33	0,79	0,46	-
Homocisteína	2,02	-	-	-
Serina	2,81	3,98	1,17	-
Glicina	6,3	3,83	-2,47	-
Taurina	0,46	-	-	-
Alanina	4,78	4,22	-0,56	-
Prolina	4,52	3,86	-0,66	-
Total	56,52	60,96	4,44	-

As análises bromatológicas dos ingredientes utilizados nas dietas formuladas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) e no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias da UNESP, campus de Jaboticabal, SP (Tabela 2). Foram formuladas seis dietas isoproteicas e isoenergéticas com teor de 41,80% de proteína bruta e energia bruta 4.200 kcal ⁻¹, com níveis de substituição de (0, 10, 20, 30 ,40 e 50%) de farinha de peixe por farinha de BSF (Tabelas 3 e 4). As rações foram processadas na Fábrica de Ração do Centro de Aquicultura, UNESP, Jaboticabal. Primeiramente, os ingredientes

foram moídos em um moinho simples, com peneiras de malha de 3 mm de diâmetro e posteriormente passaram por uma peletizadora. Após, as dietas foram transferidas para uma estufa, onde foram mantidas em temperatura constante de 55° C durante 48 horas.

Tabela 2. Composição bromatológica da farinha de peixe e da farinha de larvas de mosca-soldado negra (BSF).

Composição Bromatológica	Farinha de Peixe	Farinha de BSF Integral	Farinha de BSF desengordurada
Matéria Seca (%)	95,17	95,56	91,11
Proteína Bruta (%)	56,62	45,13	61,8
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)	4,115	4,309	4,069
Matéria Mineral (%)	24,99	18,37	8,16
Extrato Etéreo (%)	8,6	24,15	6,6

Tabela 3. Formulação das dietas utilizadas no experimento.

Ingredientes	S0	S10	S20	S30	S40	S50
Farinha de vísceras	15	15	15	15	15	15
Farinha de peixe	30	27	24	21	18	15
Farinha de BSF		3	6	9	12	15
Farelo de soja	23	23,5	23,78	23	23,5	23,2
Protenose	3	3	3	3	3	3
Levedura	5	5	5	5	5	5
Milho	11,68	11,18	10,98	11,68	11,18	11,48
Quirera de arroz	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Óleo de soja	2	2	2	2	2	2
Metionina	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BHT-antioxidante *	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Premix	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Total	100	100	100	100	100	100

Tabela 4. Composição da dieta controle e das dietas com inclusão de farinha de BSF.

Tratamentos	S0	S10	S20	S30	S40	S50
Matéria Seca	91,25	91,27	91,48	91,55	91,41	91,37
Proteína Bruta	41,58	41,48	41,80	41,68	41,50	41,31
Energia Bruta	4282,91	4279,02	4260,95	4290,06	4264,34	4265,64
Fibra Bruta	4,82	4,69	3,92	4,36	4,12	4,21
Extrato Etéreo	7,09	7,22	8,04	7,20	7,82	7,70
Matéria Mineral	7,37	7,88	11,56	8,66	10,48	9,93
Cálcio	1,95	1,96	2,01	1,99	1,99	1,98
Fósforo Disponível	0,73	0,74	0,84	0,83	0,81	0,80

Foi acrescido hormônio andrógeno nas dietas com para simular como é feito nos sistemas de produção que realizam o processo de masculinização da tilápia-do-nylo, adicionando-se 60 mg de 17 α -metiltestosterona, diluído em 0,5 L de álcool etílico, para cada quilograma de dieta (KOBBERSTEIN, 2017). A mistura foi homogeneizada e seca ao ar livre. Após a adição do hormônio, as dietas foram novamente peletizadas e colocadas em estufa na temperatura de 40° C. As rações foram trituradas e passadas em peneiras de 0,5; 0,7; 1,0; 1,4 mm de abertura de malha, para serem fornecidas conforme o desenvolvimento dos peixes ao longo do experimento.

3.3 Avaliação de desempenho produtivo

Para avaliação do desempenho produtivo foram realizadas coletas de 25 animais de cada réplica experimental (5% do total) no início e ao longo do experimento, nos dias 7, 14, 21 e 30. Os animais foram coletados, eutanaziados com benzocaína na dose de 0,4 mg/L fixados em formol 10% e preservados em álcool 70%. Posteriormente, tiveram o peso úmido, peso seco, comprimento total, comprimento padrão e altura mensurados individualmente, utilizando-se de paquímetro digital e balança analítica digital Chyo modelo JS- 110 (precisão 0,0001 g). O peso seco dos animais foi aferido individualmente. Para isso, após a mensuração do peso úmido, os exemplares foram levados à estufa em temperatura de 55° C. Após 24 horas, foram pesados novamente, e voltaram para a estufa por um período de mais cinco horas, quando então determinou-se o peso seco de cada indivíduo em balança analítica digital.

Ao final do experimento, todos os animais sobreviventes de cada réplica experimental foram contados. Após coletados os dados, foram calculadas a Taxa de Crescimento Específico (T.C.E.) e a sobrevivência das larvas, dadas pelas seguintes equações:

$$\text{Taxa de crescimento específico (T.C.E.)} = \frac{(\ln \text{ peso médio final} - \ln \text{ peso médio inicial})}{\text{Tempo (dias)}} \times 100$$

$$\text{Taxa de sobrevivência} = \frac{(\text{número de larvas sobreviventes})}{\text{número inicial de larvas}} \times 100$$

(*) Nos tanques onde houve mortalidade por doença, as larvas mortas foram descontadas do número inicial.

3.4 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a testes para a verificação da normalidade dos erros (Cramer Von Mises) e homoscedasticidade das variâncias (Levene). Os valores médios de comprimento total, comprimento padrão, peso úmido e seco, altura e sobrevivência foram analisados estatisticamente por meio de ANOVA, seguido da análise de contraste. Foram considerados os resultados médios das réplicas de cada parcela experimental utilizando o programa estatístico R versão 3.5.0 (R Foundation). Para a verificação da relação do peso úmido-peso seco das larvas de cada tratamento, os dados de todas as réplicas foram plotados em gráficos e determinados os parâmetros da equação de regressão linear.

3.5. Avaliação da homogeneidade de tamanho dos animais

A partir da determinação do comprimento total final das larvas de todos os tratamentos, foram estabelecidas classes de tamanho para avaliação da homogeneidade da população de larvas em cada tratamento. As amplitudes foram distribuídas com base na média global dos dados e com acréscimo e subtração do desvio padrão dessa média. Com base nesses dados, os peixes foram divididos em três categorias: $P < 20,9$; $20,9 \geq M < 25,9$; $25,9 \leq G < 30,8$ mm. Após a classificação de todas as larvas em cada categoria de tamanho, foram realizados testes de ANOVA para verificação de diferença entre os tratamentos seguidas de análises de contraste.

4. Resultados

Os resultados de peso úmido não foram influenciados pela substituição da farinha de peixes pela farinha de mosca soldado-negra ($p>0,05$). Porém os dados apresentaram altos valores de coeficiente de variação (28,69%), com grande variação das médias principalmente no 30º dia de experimento, entre $222,93 \pm 39,85$ mg (S10) a $385,64 \pm 61,4$ mg (S50) (Tabela 5)

Tabela 5. Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de peso úmido (mg) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	7º dia	14 º dia	21 º dia	30 º dia
S0	$33,83 \pm 5,81$	$102,68 \pm 11,63$	$150,18 \pm 27,99$	$344,18 \pm 108,14$
S10	$30,58 \pm 6,55$	$99,75 \pm 6,76$	$158,7 \pm 21,23$	$222,93 \pm 39,85$
S20	$30,55 \pm 6,00$	$109,50 \pm 14,77$	$154,82 \pm 30,71$	$290,00 \pm 70,06$
S30	$29,76 \pm 2,45$	$92,57 \pm 10,16$	$139,23 \pm 16,25$	$287,47 \pm 108,41$
S40	$31,33 \pm 2,89$	$106,35 \pm 11,80$	$152,78 \pm 26,43$	$261,71 \pm 101,64$
S50	$26,75 \pm 2,69$	$111,31 \pm 8,55$	$151,02 \pm 34,5$	$385,64 \pm 61,45$
F	0,12	2,01	0,26	2,31
P	0,32	0,114	0,93	0,0076
CV (%)	15,06	10,52	19,62	28,69

Médias sem diferenças estatísticas. CV: Coeficiente de variação.

A análise de variância demonstrou que nas três primeiras biometrias (7º, 14º e 21º dias), não ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p>0,05$) para o comprimento total (mm), sendo constatada diferença apenas no 30º dia. Para esta variável, os coeficientes de variação foram abaixo de dez por cento em todas as biometrias, demonstrando não haver alta variabilidade dos dados (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de comprimento total (mm) de larvas e juvenis nos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	7º dia	14 º dia	21 º dia	30 º dia
S0	13,00 $\pm$ 0,28	19,13 $\pm$ 1,13	21,96 $\pm$ 1,38	26,86 $\pm$ 2,76
S10	12,35 $\pm$ 1,26	18,52 $\pm$ 0,53	22,51 $\pm$ 0,36	23,10 $\pm$ 1,16
S20	12,98 $\pm$ 0,65	19,29 $\pm$ 0,96	22,43 $\pm$ 0,84	25,00 $\pm$ 0,75
S30	12,65 $\pm$ 0,89	18,07 $\pm$ 0,46	22,04 $\pm$ 0,62	24,86 $\pm$ 3,57
S40	13,00 $\pm$ 0,46	19,28 $\pm$ 1,08	22,34 $\pm$ 1,14	25,65 $\pm$ 2,58
S50	12,48 $\pm$ 0,46	19,10 $\pm$ 0,41	21,89 $\pm$ 1,35	27,61 $\pm$ 1,89
F	0,779	1,828	0,559	6,4386
P	0,575	0,145	0,73	0,0007922
CV (%)	5,82	4,33	4,56	6,92

Médias sem diferenças estatísticas. CV: Coeficiente de variação.

A análise de contraste realizada para o 30º dia mostrou que os peixes alimentados com dieta controle (26,86 $\pm$ 2,76 mm) estavam estatisticamente maiores ($p=0,00183$) que os alimentados com dietas que tinham inclusão da farinha de BSF (25,24 $\pm$ 1,62 mm) (Figura 1).

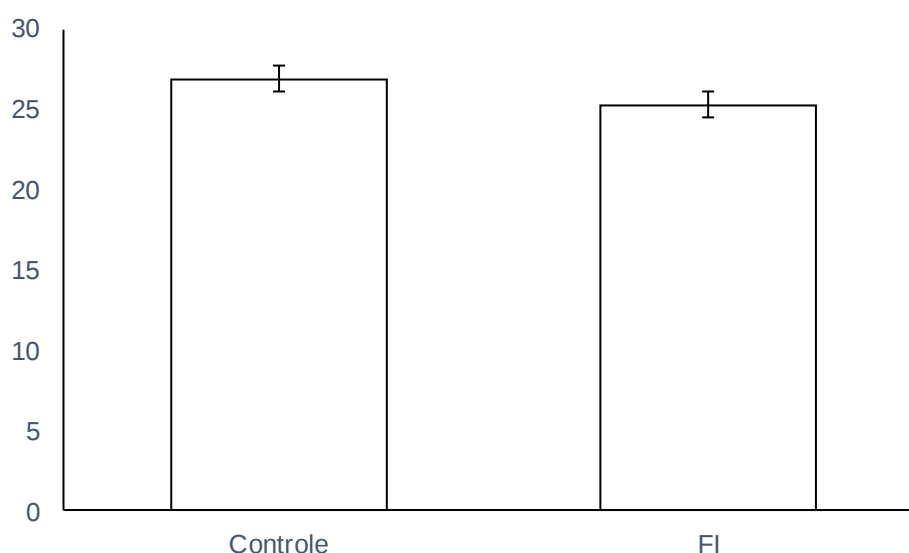


Figura 1. Representação gráfica das médias de comprimento total (mm) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 30º dia de experimento.

A substituição da farinha de BSF apresentou comportamento quadrático ($y = 0,0752x^2 + 0,5154x + 22,868$; $R^2 = 0,8923$; $F=6,439$; $p = 0,0029$; $CV = 6,92\%$), mostrando que com o aumento no nível de inclusão da farinha de BSF, aumenta o comprimento dos animais até começar a afetar o crescimento (Figura 2).

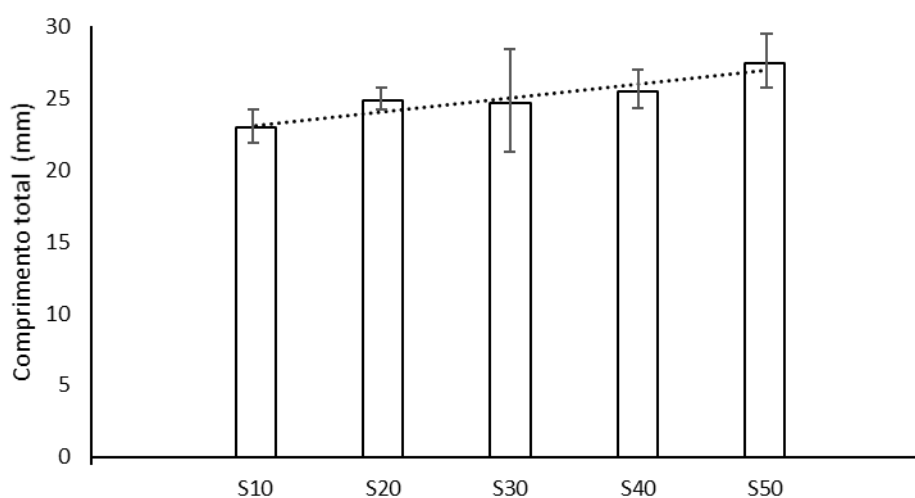


Figura 2. Representação gráfica do comportamento dos resultados de comprimento total (mm) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 30º dia de experimento.

Não foram encontrados efeitos dos tratamentos sobre as médias ($p>0.05$) de comprimento padrão das larvas e juvenis de tilápia que tiveram a farinha de peixe da dieta substituída por farinha de BSF (Tabela 7). Os valores de coeficiente de variação no 7º, 14º e 21º dias foram menores que 11,35%, mostrando baixa variação destes resultados.

Tabela 7. Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de comprimento padrão (mm) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	7º dia	14 º dia	21 º dia	30 º dia
S0	10,16 $\pm$ 0,27	14,81 $\pm$ 0,70	16,61 $\pm$ 2,28	21,28 $\pm$ 2,07
S10	9,44 $\pm$ 1,35	14,54 $\pm$ 0,30	17,48 $\pm$ 0,36	18,33 $\pm$ 1,42
S20	9,88 $\pm$ 0,74	15,21 $\pm$ 0,66	17,53 $\pm$ 0,87	20,57 $\pm$ 2,54
S30	9,77 $\pm$ 0,89	14,24 $\pm$ 0,33	17,17 $\pm$ 0,46	21,15 $\pm$ 3,85
S40	10,36 $\pm$ 0,80	14,93 $\pm$ 0,51	17,27 $\pm$ 0,70	19,2 $\pm$ 1,67
S50	9,7 $\pm$ 0,66	14,75 $\pm$ 0,62	17,23 $\pm$ 0,77	21,62 $\pm$ 1,53
F	0,73	1,89	0,409	1,74
P	0,61	0,134	0,838	0,164
CV (%)	8,02	3,67	6,70	11,35

Médias sem diferenças estatísticas. CV: Coeficiente de variação.

As médias de altura (mm) das larvas e juvenis de tilápia não foram influenciadas ($p > 0,05$) pela substituição da farinha de peixe pela farinha de BSF nas dietas ao 7º, 21º e 30º dias, mas houve diferença no 14º dia (Tabela 8). A análise de contraste demonstrou que no 14º dia os peixes alimentados com dieta controle ($4,47 \pm 0,24$ mm) tiveram os valores de altura menores que aqueles alimentados com dietas que continham BSF ($4,57 \pm 0,14$) ($p = 0,1611$) (Figura 3).

Tabela 8. Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de altura (mm) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	7º dia	14 º dia	21 º dia	30 º dia
S0	3,03 $\pm$ 0,12	4,47 $\pm$ 0,24	5,14 $\pm$ 0,35	5,85 $\pm$ 1,89
S10	2,86 $\pm$ 0,16	4,46 $\pm$ 0,08	5,29 $\pm$ 0,24	5,19 $\pm$ 1,00
S20	2,97 $\pm$ 0,26	4,65 $\pm$ 0,16	5,19 $\pm$ 0,19	5,28 $\pm$ 0,87
S30	2,92 $\pm$ 0,17	4,35 $\pm$ 0,04	5,22 $\pm$ 0,24	5,52 $\pm$ 1,59
S40	2,99 $\pm$ 0,22	4,65 $\pm$ 0,11	5,11 $\pm$ 0,34	5,44 $\pm$ 0,92
S50	2,85 $\pm$ 0,19	4,72 $\pm$ 0,19	5 $\pm$ 0,28	6,03 $\pm$ 1,16
F	0,702	3,7392	0,64	0,41
P	0,627	0,01208	0,67	0,84
CV (%)	6,55	3,29	5,41	20,65

Médias sem diferenças estatísticas. CV: Coeficiente de variação.

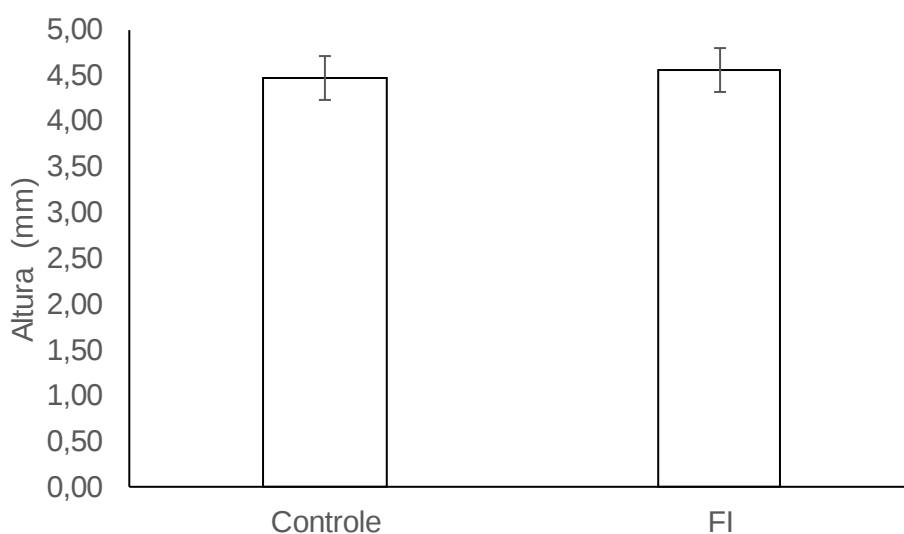


Figura 3. Representação gráfica das médias de altura (mm) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no 14º dia de experimento.

Houve diferença na altura dos animais no 14º dia entre os níveis com inclusão de BSF ($p=0,00234$; $F=4,44$; $CV=21,97\%$), apresentando comportamento quadrático ($y=0,0266x^2-0,108x+4,5982$; $R^2=0,3809$), mas com baixa representação dos dados (38%), em função do elevado coeficiente de variação (21,97%) (Figura 4).

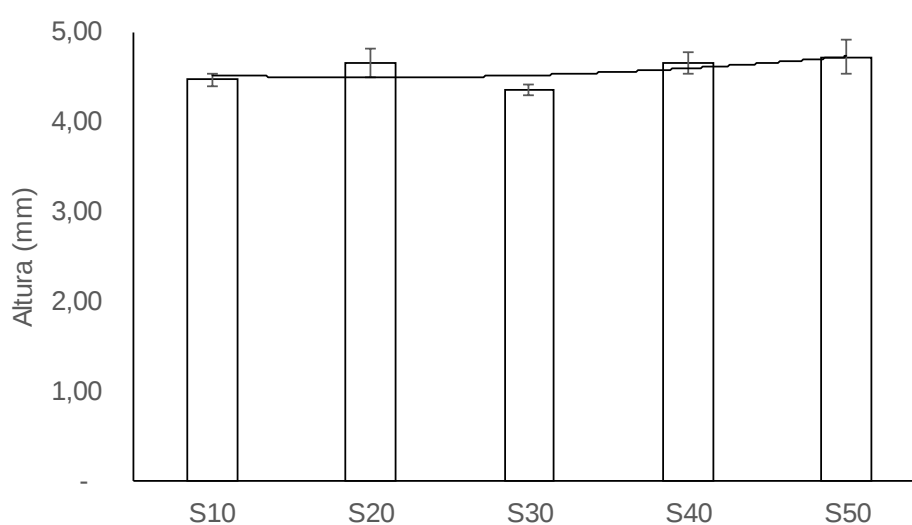


Figura 4. Representação gráfica do comportamento dos resultados de altura (mm) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 14º dia de experimento.

Os resultados da análise de variância para a taxa de crescimento específico de peso úmido foram significativos no 14º e 30 º dias de experimento (Tabela 9). Os coeficientes de variação foram acima de dez por cento apenas no 21º (18,15%) e 30º (14,11%) dias de experimento, demonstrando uma ampla variação dos dados. No 14º dia, a análise de contraste demonstrou que não ocorreu diferença estatística ($p=0,0758$) entre a taxa de crescimento das larvas e juvenis que receberam as dietas com substituição da farinha de peixe por farinha de BSF (Figura 5). Entretanto foi observado um comportamento quadrático ($y = 0,4898x^2 - 2,3669x + 19,599$; $R^2 = 0,6493$), dentre as larvas que receberam dietas contendo farinha de BSF (Figura 6).

Tabela 9. Valores médios (média $\pm$ desvio padrão) de Taxa de Crescimento Específico (T.C.E.) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	1-7	7-14	14-21	21-30
S0	13,86 $\pm$ 2,28	15,93 $\pm$ 1,98	5,30 $\pm$ 2,39	8,00 $\pm$ 2,88
S10	12,32 $\pm$ 2,80	17,09 $\pm$ 3,00	6,56 $\pm$ 2,57	3,82 $\pm$ 0,78
S20	12,35 $\pm$ 2,54	18,32 $\pm$ 2,06	4,80 $\pm$ 2,46	6,56 $\pm$ 1,52
S30	12,12 $\pm$ 1,21	16,18 $\pm$ 1,52	6,09 $\pm$ 2,13	7,43 $\pm$ 4,98
S40	12,85 $\pm$ 1,36	17,44 $\pm$ 1,52	6,00 $\pm$ 2,11	7,35 $\pm$ 1,77
S50	10,58 $\pm$ 1,48	20,40 $\pm$ 1,36	4,40 $\pm$ 2,93	9,34 $\pm$ 1,71
F	1,37	2,89	0,64	3,01
P	0,27	0,035	0,67	0,029
CV (%)	8,09	5,69	18,15	14,11

Médias sem diferenças estatísticas. CV: Coeficiente de variação.

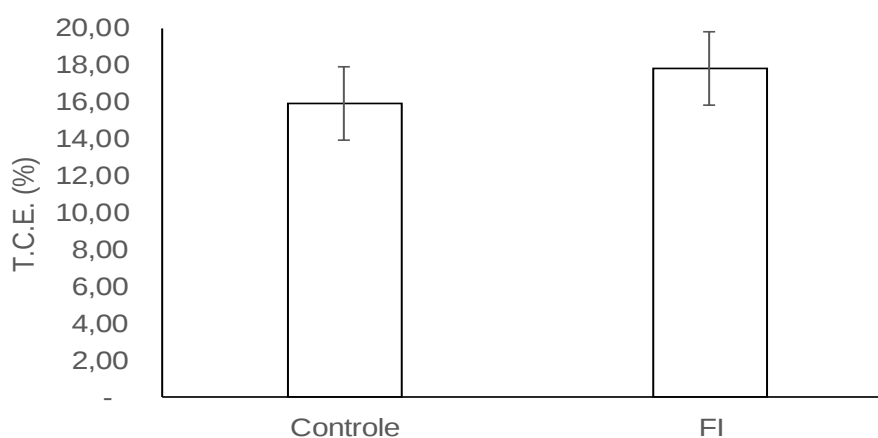


Figura 5. Representação gráfica das médias da taxa de crescimento específico (%) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 14º dia de experimento.

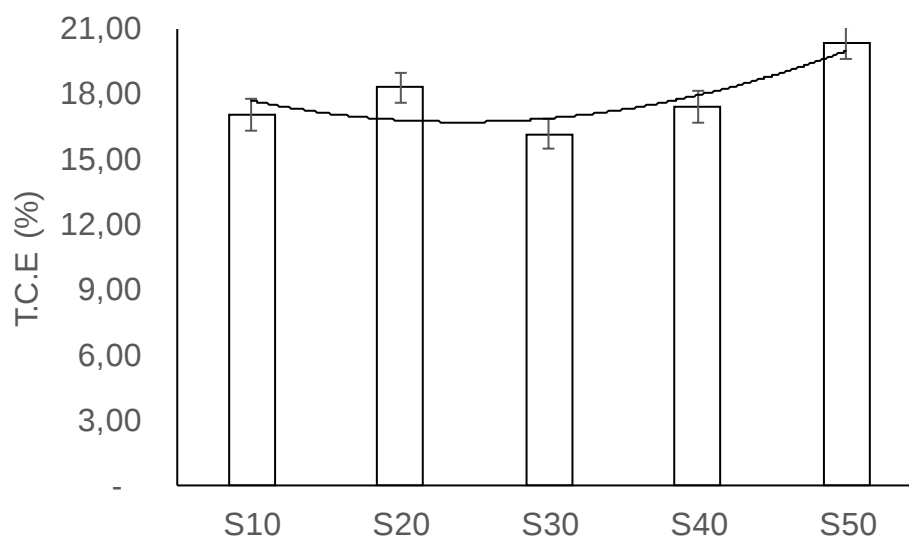


Figura 6. Representação gráfica do comportamento dos resultados da taxa de crescimento específico (%) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 14º dia de experimento.

No 30º dia não ocorreu diferença estatística ($p= 0,353$) entre as taxas de crescimento específico dos juvenis de tilápia que receberam a dieta controle e as rações com níveis crescentes de inclusão da farinha de BSF (Figura 7).

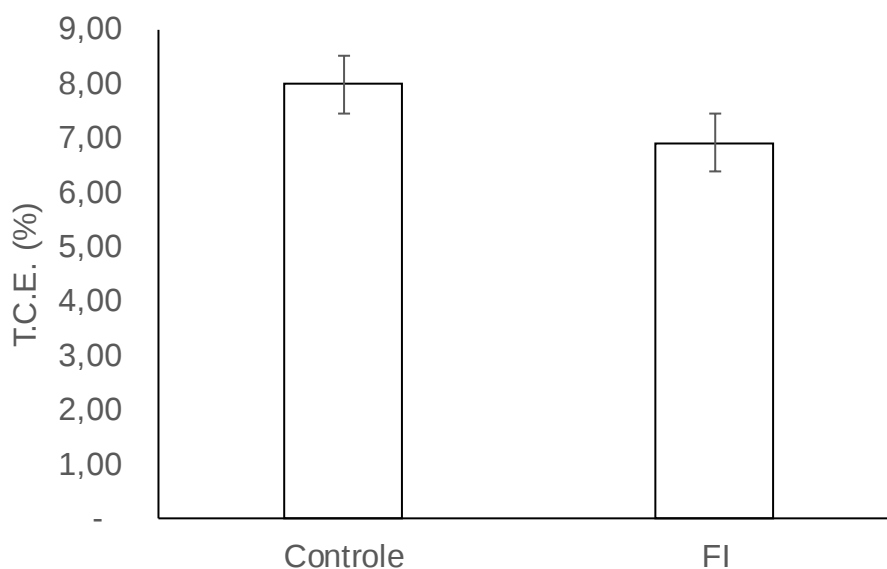


Figura 7. Representação gráfica das médias da taxa de crescimento específico (%) dos peixes que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão de farinha de BSF (FI), no 30º dia de experimento.

As taxas de crescimento específico dos peixes alimentados com farinha de inseto apresentaram comportamento quadrático ($y = -0,1989x^2 + 2,4028x + 1,8453$; $R^2 = 0,8986$; $F:3,02$; $P:0,0298$; $CV:14,12$) (Figura 8).

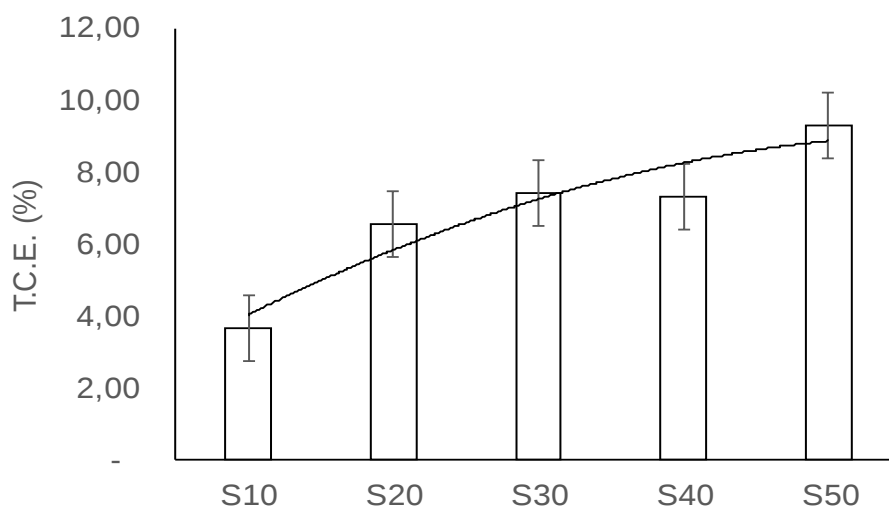


Figura 8. Representação gráfica do comportamento dos resultados da taxa de crescimento específico (%) dos peixes em cada tratamento em que houve substituição da farinha de peixe por farinha de BSF, no 30º dia de experimento.

As médias de peso seco (mg) das larvas e juvenis de tilápia-do-nilo não apresentaram diferenças ($p>0,05$) entre os tratamentos (Tabela 10). Porém, percebeu-se uma variação entre as médias do 14º dia, de $13,39 \pm 1,04$ mg (S30) a $16,68 \pm 3,18$ mg (S50), e no 30º dia, de $34,66 \pm 8,36$ mg (S20) a $57,09 \pm 12,34$ mg (S50). Os coeficientes de variação da análise apresentaram alta variabilidade em todas as biometrias, principalmente no 30º dia com valor de 33,13%.

Tabela 10. Valores médios de peso seco (mg) de larvas e juvenis de tilápia-do-nilo submetidos aos diferentes níveis de substituição da farinha de peixe por farinha de BSF ao 7º, 14º, 21º e 30º dias de experimento.

Estatística	Dias de experimento			
	7º dia	14 º dia	21 º dia	30 º dia
S0	3,57 ± 0,56	14,00 ± 1,30	22,43 ± 4,74	53,62 ± 13,57
S10	3,57 ± 0,61	13,91 ± 1,18	22,47 ± 2,11	34,66 ± 8,36
S20	4,14 ± 0,53	14,44 ± 1,65	22,52 ± 3,87	49,44 ± 18,87
S30	3,56 ± 0,51	13,39 ± 1,04	21,59 ± 2,31	47,95 ± 23,00
S40	3,76 ± 0,84	16,68 ± 3,18	22,95 ± 7,17	39,85 ± 16,00
S50	3,89 ± 0,54	15,38 ± 1,57	23,98 ± 5,10	57,09 ± 12,34
F	0,845	2,238	0,20	1,46
P	0,531	0,0833	0,96	0,239
CV (%)	16,39	12,31	17,41	33,13

Médias sem diferenças estatísticas; CV :Coeficiente de variação.

Em relação à homogeneidade dos lotes produzidos considerando o tamanho dos peixes (Figura 9), observa-se que as porcentagens de peixes pequeno apresentaram uma variação de 7,34% (S50) a 28,40% (S30), os percentuais de peixes médios variaram entre 53,37% (S30) a 78,19% (S0), e para os grandes entre 3,20% (S10) a 28,45% (S50).

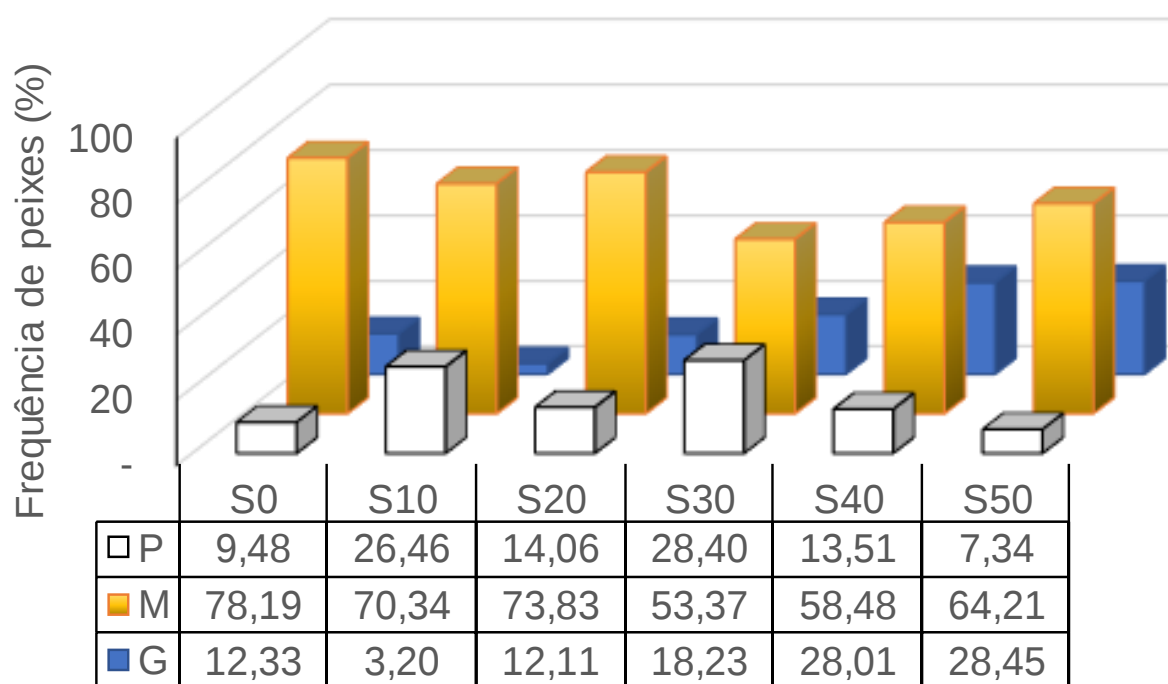


Figura 9. Frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo em cada classe de tamanho (pequeno, P; médio, M; grande, G) ao final do experimento (30º dia).

Os tratamentos que continham inclusão de farinha de BSF ($17,95 \pm 9,07\%$) nas dietas geraram maior quantidade de peixes pequenos em relação à dieta controle ($9,48 \pm 7,35\%$) ($p=0,0277$) (Figura 10).

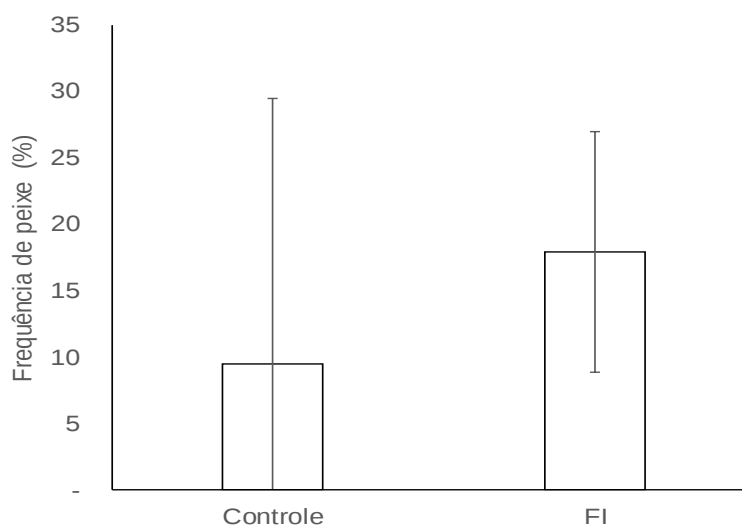


Figura 10. Representação gráfica das médias da frequência de ocorrência de peixes da categoria P (mm) que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.

Nas dietas com inclusão de farinha de BSF ocorreu uma diminuição do número de animais pequenos de acordo com o aumento do nível de substituição da farinha de peixe pela de inseto ($p=0,015$; $F=3,62$; $y= -1,1988x^2 + 3,3143x + 21,198$). Porém, os dados apresentaram uma ampla variação, o que acarretou elevado coeficiente de variação (18,55%) e baixo coeficiente de correlação R^2 (51,82%). (Figura 11).

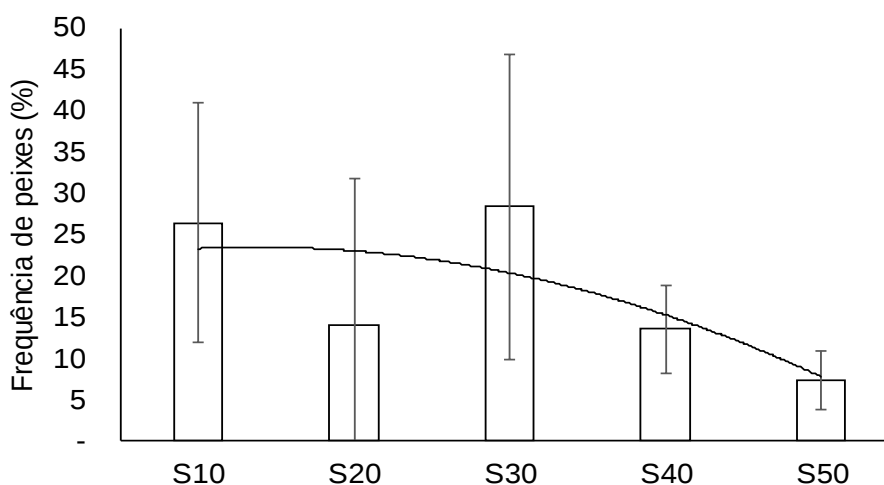


Figura 11. Representação gráfica do comportamento dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo de tamanho P em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.

Houve diferença da frequência de ocorrência de peixes de tamanho médio entre os que receberam a ração controle ($78,19 \pm 10,95$) e as rações com inclusão de farinha de BSF ($64,96 \pm 14,72$), sendo que as rações com inclusão de farinha de inseto geraram menor número de peixes médios em relação à ração controle ($p=0,000264$) (Figura 12).

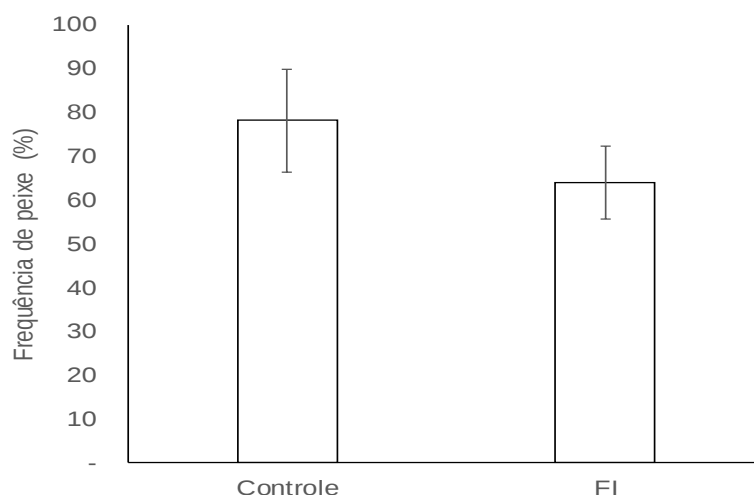


Figura 12. Representação gráfica das médias de frequência de ocorrência de peixes da categoria M que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.

A inclusão de farinha de BSF resultou em comportamento quadrático em relação à quantidade de peixes médios gerados ($y=2,1472x^2 - 15,645x + 87,36$; $R^2=0,5021$; $F: 4,26$; $P:0,007$; $CV:13,43\%$), com as dietas com maior e menor níveis apresentando maiores quantidades de peixes médios (Figura 13).

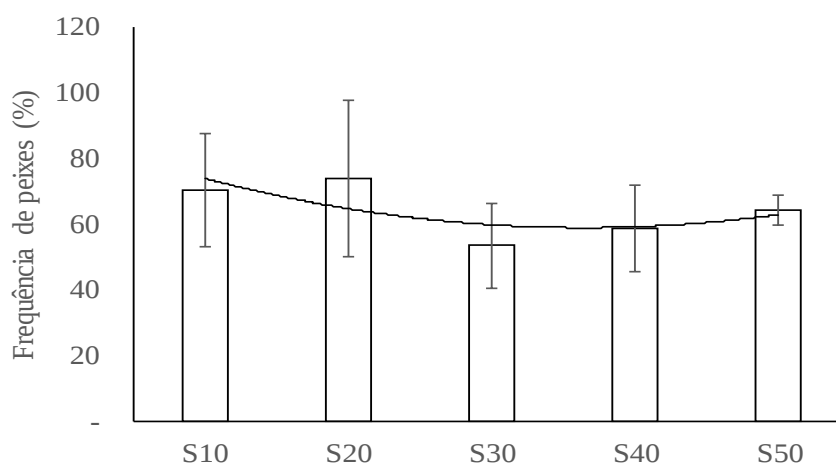


Figura 13. Representação gráfica dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nylo de tamanho M em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.

A análise de contraste mostrou que as dietas com inclusão de farinha de BSF ($18,00 \pm 10,76\%$) resultaram em um maior número de peixes grandes que a dieta controle ($12,33 \pm 10,76\%$) ($p = 0,0007$) (Figura 14).

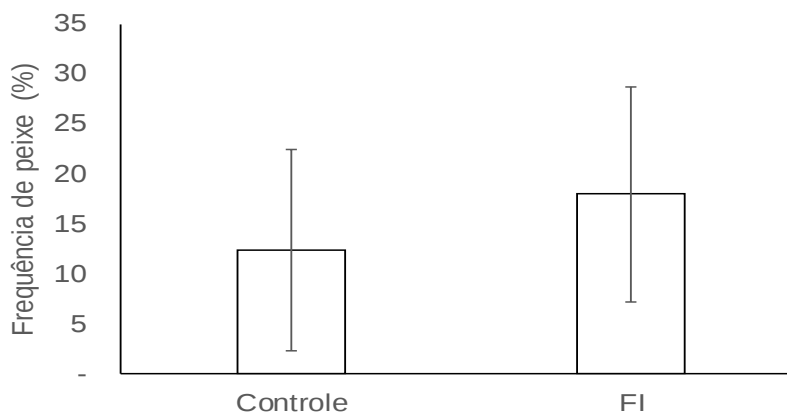


Figura 14. Representação gráfica das médias de frequência de ocorrência de peixes da categoria G (mm) que receberam dieta controle em relação à média global dos que receberam dietas com inclusão da farinha de BSF (FI), no final do experimento.

A inclusão da farinha de BSF resultou em um comportamento quadrático ($p=0,0011$; $F:6,00$; $C.V=14,21\%$; $y=-0,9484x^2 + 12,33x - 8,5777$; $R^2= 97,91\%$) em relação à quantidade de peixes grandes gerados em cada tratamento de substituição da farinha de inseto, mostrando que com o aumento do nível de inclusão da farinha de inseto houve maior frequência de peixes grandes (Figura 15).

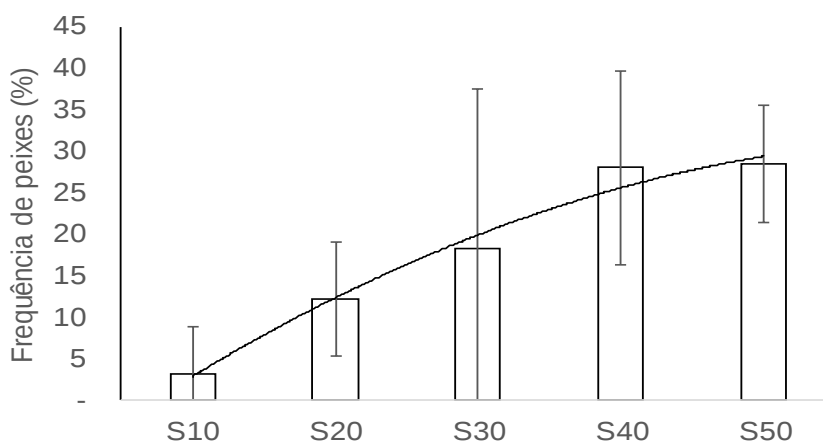


Figura 15. Representação gráfica dos resultados de frequência de ocorrência de juvenis de tilápia-do-nilo de tamanho G em cada tratamento alimentar contendo inclusão de farinha de BSF, no final dos 30 dias de experimento.

Na Figura 16 são apresentadas as médias de sobrevivência dos juvenis de tilápia-do-nilo no final do experimento, com os tratamentos apresentando as

seguintes taxas: S0 (89,35%); S10 (81,30%); S20 (81,74%); S30 (76,86%); S40(91,66%); S50 (64,71%). Não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos devido ao elevado coeficiente de variação ($P=0,287$; $F=1,32$; $CV=109,28\%$).

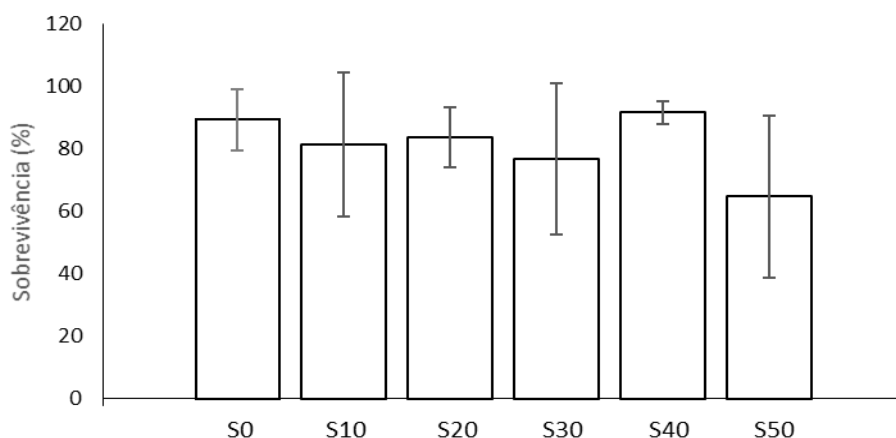


Figura 16. Taxas de sobrevivência (%) de juvenis de tilápia-do-nylo, no final dos 30 dias de experimento.

Nas Figuras 17 a 22 são apresentadas as relações entre peso úmido e peso seco das larvas e juvenis mensurados em cada biometria nos diferentes tratamentos, ao longo do experimento, por meio de regressão linear. Os valores de coeficiente de correlação (R^2) encontrados foram os seguintes: S0 (74%); S10 (73%); S20 (79%); S30 (77%); S40 (83%) e S50 (71%). Nos gráficos é possível verificar uma grande dispersão dos valores, o que explica a baixa aderência dos dados à regressão linear.

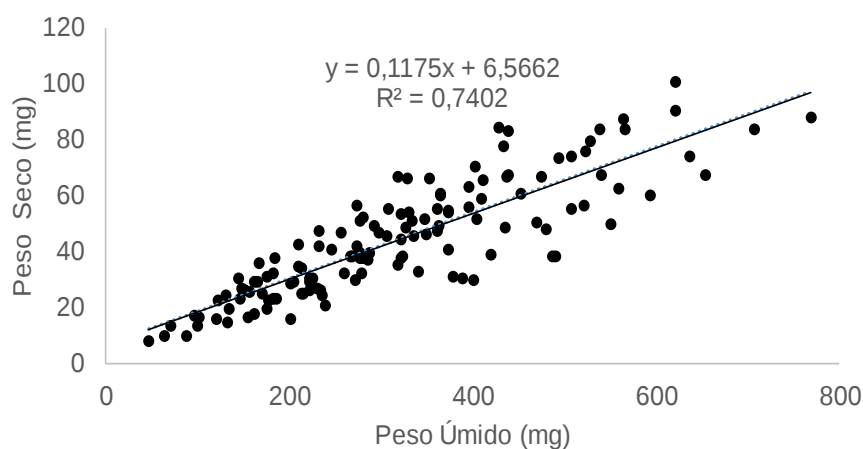


Figura 17. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nylo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta controle (S0).

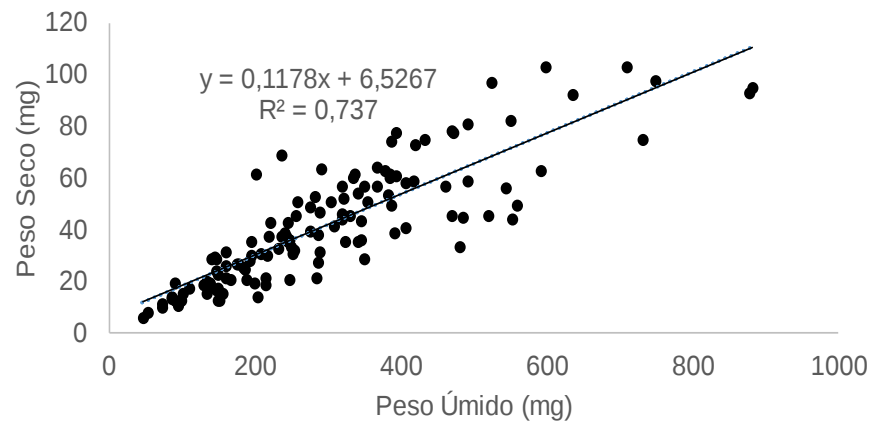


Figura 18. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta de inclusão de 10% de BSF (S10).

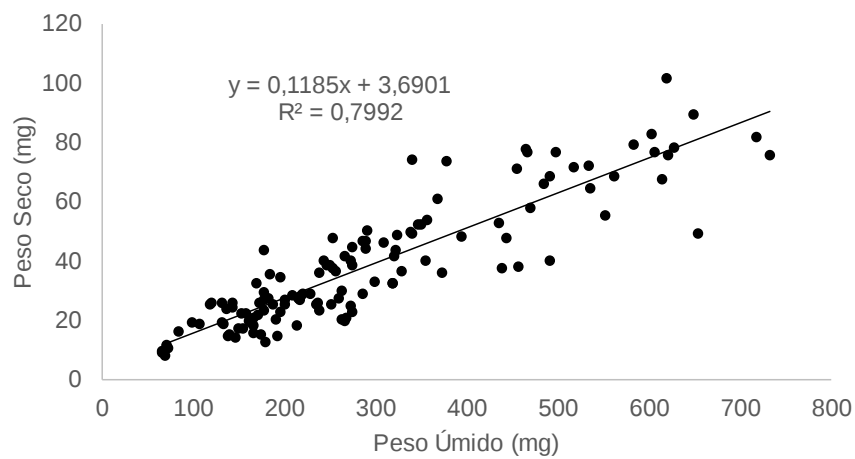


Figura 19. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 20% de inclusão de BSF (S20).

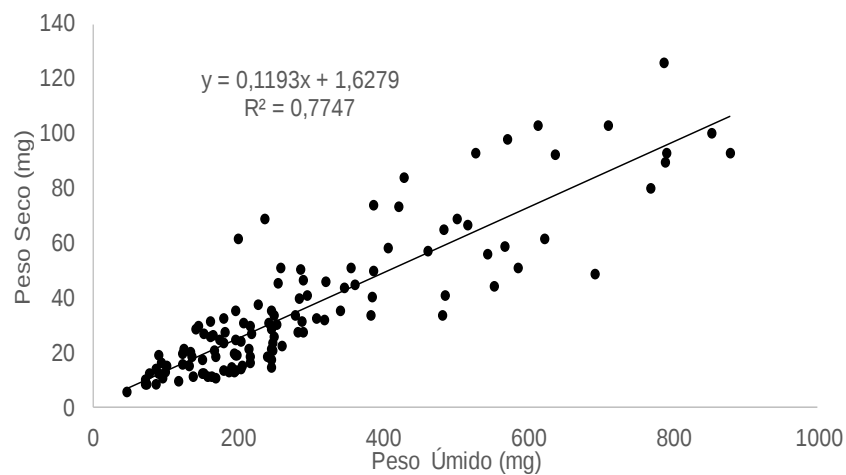


Figura 20. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nilo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 30% de inclusão de BSF (S30).

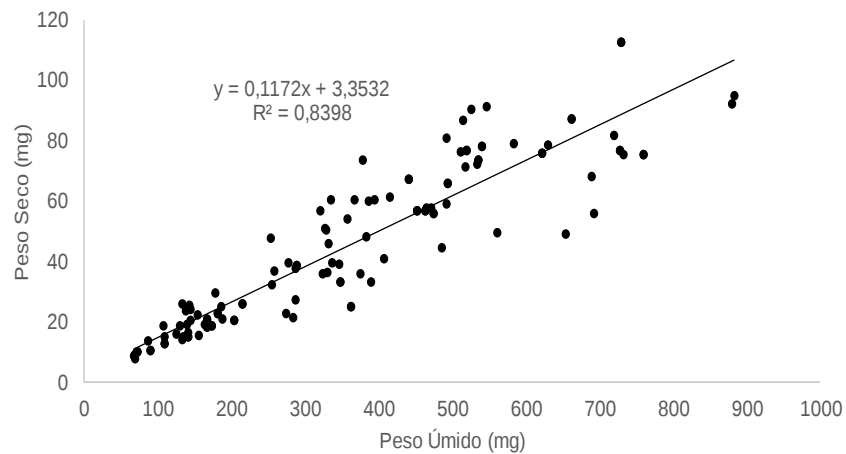


Figura 21. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nylo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 40% de inclusão de BSF (S40).

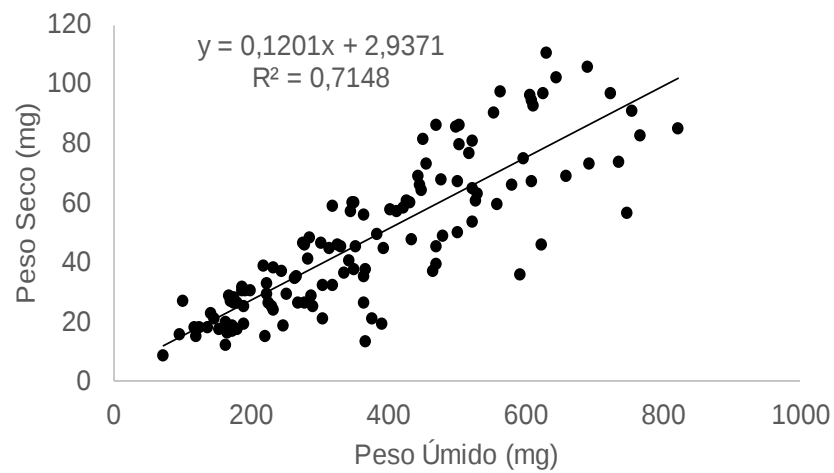


Figura 22. Relação entre o peso úmido e seco de juvenis de tilápia-do-nylo ao final de 30 dias de alimentação com a dieta contendo 40% de inclusão de BSF (S40).

5. DISCUSSÃO

Conforme demonstrado em outros trabalhos, as características nutricionais da farinha de inseto podem ser modificadas conforme seu processamento (Freccia et al. 2016). O processo de desengorduramento da farinha de BSF realizada nesta pesquisa alterou o perfil nutricional da mesma. A concentração de proteína bruta (PB) da farinha de BSF engordurada era de 45,1%. Esta quantidade é superior aos valores de 40%; 42% e 38% de PB apresentados por Barroso et al. (2013), Davic et al. (2017) e Teye-Gaga (2018), respectivamente, para a farinha de BSF e inferior aos 47% encontrado por Xiao et al. (2018). Após a extração da gordura, a PB subiu para 61,8%, valor superior aos 60,8% encontrado por Dietz et al. (2017), também para farinha de BSF desengordurada. Em relação à concentração de lipídeos, a farinha engordurada apresentou 24,1%, valor superior aos 15,6% e 23,2% reportados por Barroso et al. (2014) e Devic et al. (2017), respectivamente. O desengorduramento reduziu 89,3% da gordura da farinha de BSF, resultando em concentração de 6,6% de lipídeos.

A qualidade nutricional da farinha de BSF desengordurada utilizada pode ser considerada superior à farinha peixe substituída nas dietas experimentais para tilápia. A farinha de peixe continha 56,6% de PB e 8,6% de lipídeos. Além disso, a farinha de BSF apresentou valores mais elevados de alguns aminoácidos indispensáveis, como histidina, treonina, leucina, fenilalanina, lisina e valina em relação à farinha de peixe. Por outro lado, as concentrações de arginina, metionina e isoleucina foram inferiores na farinha de BSF desengordurada quando comparadas à farinha de peixe. Barroso et al. (2014) mostraram um padrão diferente em relação às quantidades de arginina e isoleucina quando compararam essas duas farinhas, mas resultados semelhantes aos do presente estudo para metionina. As diferenças na composição das farinhas de inseto podem estar relacionadas a outras características de produção, tais como o estágio de desenvolvimento da mosca e a alimentação que ela recebeu durante as fases de larva e pré-pupa. Estes fatores podem afetar a qualidade do material para o uso na alimentação animal (BARRAGAN-FONSECA et al. 2017). Devido a essas diferenças da farinha de BSF em relação à farinha de peixe, esperava-se que a substituição fosse causar efeito positivo no desenvolvimento e desempenho

zootécnico de larvas e juvenis de tilápia. No entanto, isto não foi observado em todas as variáveis avaliadas no presente estudo.

As variáveis de peso úmido, comprimento padrão, peso seco, sobrevivência e relação peso úmido e peso seco não foram significativamente diferentes entre os tratamentos testados em nenhum dos períodos amostrais. Devic et al. (2017) avaliaram a inclusão da farinha de BSF em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo (peso inicial de 6 g), nos níveis de 30, 40 e 70%, e mostraram que os resultados de peso úmido final também não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Em outro estudo, Muin et al. (2017) mostraram que os níveis de 25, 50, 75 e 100% de inclusão da farinha de BFT não afetaram o peso final de juvenis de tilápias-do-nilo. Estes resultados indicam a possibilidade de substituir a farinha de peixe pela BSF, uma vez que ela é um ingrediente com baixo impacto ao meio ambiente (RAMOS-ELORDUY 1997) e não afeta negativamente o desempenho das larvas e juvenis de tilápia. No entanto, no presente estudo a igualdade estatística entre esses resultados pode estar relacionada aos altos coeficientes de variação (CV) dos dados, tornando inconclusiva a eficiência da substituição ao analisar apenas essas variáveis.

Foi observada diferença entre os tratamentos para a altura dos peixes na amostragem do 14º dia de experimento, no entanto esses dados apresentam grande variação e baixo coeficiente de correlação. Isto indica que provavelmente foi uma diferença encontrada aleatoriamente e com baixa representatividade. Os resultados de comprimento total também foram diferentes entre os tratamentos para as larvas analisadas apenas em um período amostral (30º dia, final do experimento). A análise de regressão mostrou que os níveis intermediários de inclusão proporcionaram peixes mais compridos. Diferente da altura, os dados de comprimento total apresentaram baixo CV (6,9%) e alto R^2 (89,2%), indicando a validade estatística desse resultado.

Em relação aos resultados de TCE, foram encontrados efeitos significativos nos intervalos entre 7º-14º e 21º-30º dias de experimento. Pela análise de contraste entre as médias do controle e dos tratamentos com a farinha de BSF, observou-se que não ocorreu efeito estatístico entre os dois grupos, enquanto a análise de regressão entre os níveis de inclusão indicou que a dieta com 50% de BSF apresentou maior TCE em ambos intervalos de tempo. Embora os valores de TCE

tenham apresentado alto CV, os resultados encontrados corroboram com os apresentados por Muin et al. (2017). Esses autores encontraram maiores TCE para as tilápias (peso inicial de 3 g) alimentadas com dietas contendo 50% de inclusão de BSF, em comparação aos níveis de 0, 25, 75 e 100%. Por outro lado, Teye-Gaga (2018) obtiveram melhores resultados de crescimento de tilápias (peso inicial de 1 g) com 25% de inclusão nas dietas, em comparação a 0, 50 e 75% de BSF. Tais diferenças de nível de inclusão sobre o desempenho dos juvenis de tilápia podem estar relacionadas à qualidade nutricional das farinhas, a qual depende do processo produtivo do inseto, e da formulação e composição nutricional das dietas avaliadas.

Na natureza, a tilápia-do-nylo apresenta crescimento heterogêneo durante a fase de larva e juvenil, uma vez que essa espécie estabelece comportamento hierárquico, segregando as classes de tamanho. Devido ao comportamento territorialista, os peixes maiores se alimentam com mais frequência e voracidade, desenvolvendo-se mais rapidamente do que os menores (SANTOS 2015). Quando separados em categorias (P, M e G) para melhor compreensão dos efeitos das substituições sobre o desenvolvimento dos peixes, verificou-se que os animais da categoria P e M apresentaram uma ampla variação no coeficiente de variação (18,45 e 13,43%) e baixo coeficiente de correlação R^2 (0,51 e 0,31%). No entanto, para a categoria G, a inclusão da farinha de inseto apresentou resultados positivos, pois conforme o aumento do nível de inclusão houve maior frequência de peixes grandes, tendo um R^2 de 0,95. Esse resultado demonstra ser promissor, já que uma das dificuldades da inclusão de níveis altos da farinha de inseto na alimentação de peixes é a presença de quitina e seu efeito negativo no desenvolvimento e crescimento dos peixes, como descrita anteriormente (HENRYA et al. 2015), o que não foi observado no presente estudo.

Os resultados médios da taxa de sobrevivência não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Com exceção do tratamento S50 que apresentou valores baixos de sobrevivência, todas as outras taxas ficaram acima do descrito por Lovshin et al. (1990), ou seja, entre 70 a 80%. Em contrapartida, o tratamento S50 apresentou a maior porcentagem de peixes da categoria G. Esse maior crescimento dos peixes pode ser resultado da menor densidade de estocagem nos tanques de cultivo, decorrente da alta mortalidade, que favoreceu o

desenvolvimento dos peixes.

Considerando que o uso da farinha de BSF pode ser uma fonte alternativa para a substituição da farinha de peixe em dietas para tilápia-do-nilo nas fases iniciais de crescimento, sugere-se que outros aspectos devam ser previamente avaliados antes do uso deste ingrediente. Por exemplo, pesquisas relacionadas à avaliação do seu impacto sobre o desenvolvimento do tecido muscular e esquelético, do sistema gastrointestinal e da microflora intestinal da tilápia. Além disso, mensurar a digestibilidade (*in vitro* ou *in vivo*) desse ingrediente, ou seja, o quanto é aproveitado pelo peixe para a constituição de tecidos e o quanto é liberado na água, também é considerada necessária para confirmar a qualidade da farinha de BSF como um ingrediente proteico alternativo para dietas de tilápia. Conhecer essas informações é fundamental para aumentar a segurança da introdução de um novo ingrediente para animais em crescimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição da farinha de peixe pela farinha de BSF não interferiu na maioria das variáveis testadas durante o período experimental. As tilápias alimentados com a dieta controle apresentaram maior homogeneidade, tendo em vista a maior ocorrência de peixes com tamanho médio. Os peixes classificados como grandes foram encontrados em maior quantidade no tratamento S50. Além disso, as dietas com 50% de inclusão também resultaram em peixes com maior comprimento total e TCE no final do experimento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.C.; Nutrição e Aspectos da Digestão de Peixe. In: BALDISSEROTTO. B; CYRINO, J.E.P.; URBINATI. E. C.; *Biologia e Fisiologia de Peixes Neotropicais de Água Doce*. Jaboticabal: FUNEP, p. 233-252. 2014.

PEIXEBR 2019. Anuário PEIXEBR da Piscicultura 2019. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf?> Acesso em: 01 de maio de 2019.

ASIAN DEVELOPMENT BANK. An impact evaluation of the development of Genetically Improved Farmed Tilapia: and their dissemination in selected countries. Mandaluyong: Asian Development Bank, p. 13-14. 2005.

AYADI, F. Y.; ROSENTRATER, K.A.; MUTHUKUMARAPPAN, K. Alternative Protein Sources for Aquaculture Feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 4: 1-26. 2012.

BARRAGAN-FONSECA, K.B.; DICKE, M.; LOON, J.J. van. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3: pp.105-120. 2017.

BARROSO, F. G.; de HARO, C.; SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; VENEGAS, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; PÉREZ-BAÑÓN, C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422: 193-201. 2014.

BRUNO, S.S.M.A. Crescimento de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824) alimentadas com microencapsulados de farinha de salmão. Tese de Mestrado em Aquicultura. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC. 55 pp. 2016.

CALLAN, E. *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), a cosmopolitan American species long established in Australia and New Zealand. *Entomologist's Monthly Magazine*, 109: 232-234. 1974.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI. J.K. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, Supl. Especial: 68-87, 2010.

DEVIC, E.; LESCHEN, W.; MURRAY, F., LITTLE, D. C. 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*, 24: p. 416-423. 2017.

DIAS-KOBERSTEIN T.C.R. 9º Dia de campo de Tilapicultura treinamento em masculinização de tilápias-do-Nilo, UNESP/FCAV Campus de Jaboticabal, SP. 2017.

DIETZ. C.; LIEBERT, F. Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)? *Aquaculture Reports*, 12: 43-48. 2017.

EFSA Scientific Committee. "Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed." *EFSA Journal* 13.10 (2015): 4257. Disponível em: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2015.4257> >. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. 204p. 2016. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf> > Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.

FAO. 2018. Aquicultura Newsletter. Rome. 66 pp. 2018. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/I9200EN/i9200en.pdf>> Acesso em: 18 de fevereiro de 2019.

FIGUEIREDO, C. A. Jr.; VALENTE, A. S. V. Jr. Cultivo de tilápias no Brasil: origens e cenário atual. In: Congresso da Sociedade Brasileira De Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI., 2008, Rio Branco. Anais... Rio Branco: SOBER, 2008.

FONTES, T.V.; OLIVEIRA, K.R.B.; ALMEIDA, I.L.G; ORLANDO, M.T.; RODRIGUES, P.B.; COSTA, D.V.; ROSA, P.V. Digestibility of Insect Meals for Nile Tilapia Fingerlings. *Animals*, 9: 181. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani9040181>>. Acesso: 05 de setembro de 2019.

FRECCIA, A.; MEURER, E.S.; FILHO, J.C.; JERÔNIMO, G.T.; EMERENCIANO, M.G.C. Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. *Archivos de Zootecnia*, 65: 541-547. 2016.

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

GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. A. Transgenic Crops: Implications for Biodiversity and Sustainable Agriculture. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 25: 335–35. 2005.

HAYASHI, C., BOSCOLO, W.R., SOARES, C.M.; MEURER, F. Digestible protein requirement for Nile tilapia larvae (*Oreochromis niloticus*) during the sexual reversion. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31: 823-828. 2002.

HENRYA, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FOUNTOULAKI, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203: 1–22. 2015.

HOLT, G.J. Larval fish nutrition. John Wiley & Sons Ltd, UK. 435p. 2011.

HUIS, A V.; ITTERBECK, J.V; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. No. 171. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

IGARASHI, M. A. Aspectos tecnológicos e perspectivas de desenvolvimento do cultivo de tilápia no Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecnia*. UNIPAR, Umuarama, 21: 123-130. 2018.

KROECKEL, S.; HARJES, A.J.E; ROTH, I.; KATZ, H.; WUERTZ, S.; SUSENBETH, A. SCHULZ, C. When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364-365: 345-352. 2012.

KUBTIZA, F. Tilápia a R\$ 1,30 é possível? *Panorama da Aquicultura*, 11: 31-45. 2001.

L' HOCINE, L.; BOYE, J.I.; ARCAND, Y. Composition and functional proprieties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science*, 71: 137-145. 2006.

LI, S.; JI, H.; ZHANG, B.; ZHOU, J.; YU, H. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*. 477: 62- 70. 2017.

LIMA, A. F. Crescimento de pós-larvas de tilápia do Nilo em função da densidade e da suplementação de vitamina C na ração. 2010. 48 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2010.

LOCK, E. R.; ARSIWALLA, T.; WAAGBO, R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) post smolt. *Aquaculture Nutrition*, 22: 1202-1213. 2016.

LOVSHIN, L.L.; DA SILVA, A.B.; CARNEIRO-SOBRINHO, A.; MELO, F.R. Effects of *Oreochromis niloticus* females on the growth and yield of male hybrids (*O. niloticus* female x *O. hornorum* male) cultures in earthen ponds. *Aquaculture*, 88: 55-60. 1990.

MAKKAR, H.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 197. 10.1016/j.anifeedsci.2014. 2014.

MILLES, R. D.; CHAPMAN, F. A. The benefits of fish meal in aqua-culture diets. Fisheries and Aquatic Sciences Department, UF/IFAS Extension. University of Florida Original publication date May 2006. Reviewed February 2018.

MONTOYA-CAMACHO, N.; MARQUEZ-RIOS, E.; CASTILHO-YÁÑEZ, F.,J.; CARDENAS-LÓPEZ, J. L.; LÓPEZ-ELÍAS, J.A.; RUÍZ-CRUZ. S.; JIMÉNEZ-RUIZ,.E.I.; RIVAS-VEGA, M.E.; OCAÑO-HIGUERA, V.M. Advances in the use of alternative protein sources for tilapia feeding. *Reviews in Aquaculture*, 11: 515-526. 2019.

MORRISON, C. M.; MIYAKE, T.; ; WRIHHT Jr, J. R. Histological study of the development of the embryo and early larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). *Journal of Morphology*, 247: 172-195. 2001.

MUIN, H.; TAUFEK, N. M.; KAMARUDIN, M. S.; & RAZAK, S. A. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia*

illucens (Linnaeus). *Journal of Fisheries Sciences*, 16: 567-577. 2017.

NAKAGHI, L.S.O.; MOYA, C.F.; DIAS KOBERSTEIN, T.C.R.; ZAIDEN, S.F.; PAES, M.C.F.; MAKINO, L.C. Desempenho de *Oreochromis niloticus* testando diferentes granulometrias de ração de acordo com o desenvolvimento bucal. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 7: 415-421. 2009.

NRC. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National Research Council, National Academy Press, Washington DC, USA.55

OGUNJI, J. O.; KLOAS, W.; WIRTH, M.; SCHULZ, C.; RENNERT, B. Housefly Maggot Meal (Magmeal) as a Protein Source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Asian Fisheries Science*, 21: 319–331. 2008.

PASTORE, S.C.G.; GAIOTTO, J.R.; RIBEIRO, F.A.S.; NUNES, A.J.P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSS, D.M. e CYRINO, J.E.P. (Eds.). NUTRIAQUA: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para a Aquicultura Brasileira. 1ª ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. cap.16, p. 295-346. 2012.

PICCOLO, G.; IACONISI, V.; MARONO, S.; GASCO, L.; LOPONTE, R.; NIZZA, S.; PARISI, G. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*, v. 226, p. 12-20, 2017.

PORTELLA, M. C., JOMORI, R. K., LEITÃO, N. J., MENOSSI, O. C. C., FREITAS, T. M., KOJIMA, J. T., LOPES, T. S., CLAVIJO-AYALA, J. A.; CARNEIRO, D. J. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture* 432, 402-417. 2014.

PORTELLA, M.C.; LEITÃO, N.J.; TAKATA, R.; LOPES, T. Alimentação e nutrição de larvas. In: NUTRIAQUA - Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 185-216. 2012.

RAMOS-ELORDUY, Julieta. 1997. Insects: A sustainable source of food? Ecology of Food and Nutrition. *Ecology of Food and Nutrition*, 36: 247-276 <http://dx.doi.org/10.1080/03670244.1997.9991519>.

SANCHEZ-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*, 65: 16-27. 2014.

SANTOS, A. A. D. Reversão sexual de tilápias GIFT criadas em hapas e submetidas a diferentes taxas de alimentação em alta frequência. Botucatu: 2015, 40f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

SANTOS, A. A. D. Reversão sexual de tilápias GIFT criadas em hapas e submetidas a diferentes taxas de alimentação em alta frequência. Botucatu: 2015, 40f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

SANTOS, L.D.; ZARA, R.F.; VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N.E.; FRANCO, M.L.R.S. Avaliação sensorial e rendimento de files defumados de tilápia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1757) na presença de alecrim (*Rosmarinus officinalis*). *Ciência de Agrotecnologia*, 31: 406-412. 2007.

SANTOS, S.S. Produção e caracterização físico-química do óleo da larva da mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*) alimentada com diferentes resíduos agroindustriais. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus, BA. 63p. 2018.

SCHULTER, E.P.; VIEIRA-FILHO, J.E.R. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no Brasil. *Revista de Economia e Agronegócio*, 16: 177-201. 2018.

SEALEY, W. M.; GAYLORD, T. G.; BARROWS, F. T.; TOMBERLIN, J. K.; MCGUIRE, M. A.; ROSS, C.; ST-HILAIRE, S. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 34-45, 2011.

SEBRAE. Aquicultura no Brasil. Disponível em : <
<https://www.scribd.com/document/349296868/Aquicultura-no-Brasil-SEBRAE-2015-pdf>>. Acesso: 03 de março de 2019.

SHEPPARD C.; NEMTON, G. L.; THOMPSON, S. A.; SAVAGE, S. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50, 275–279. 1994.

SHEPPARD, C. House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environmental Entomology*, 12: 1439-1442, 1983.

SOGBESAN, A. O.; A. A. A. UGWUMBA. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 8: 149-158. 2008.

TACON, A. G. J.; METIAN, M. Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158. 2008.

TACON, A. G.J. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp –a training manual. 3. Feeding methods, FAO Field Document, Project GCP/RLA/075/ITA “Support to the Regional Aquaculture Activities for Latin America and the Caribbean”, Field Document No. 7/E, Brasília, Brazil, 208 pp. 1988.

TEYE-GAGA, C.; Evaluation of Larval Meal Diet of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*: L. 175) On Fingerlings Culture of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*: L.). Dissertação. Universidade de Gana. Gana. 2018.

VICENTE, I.S.T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Rev. de Ciências Agrárias*, 37: 392-398, 2014.

XIAO, X.; JIN, P.; ZHENG, L.; CAI, M.; YU, Z.; YU, J.; ZHANG, J. Effects of black soldier fly (*Hermetia illuscens*) larvae meal protein as a fish meal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquaculture Research*, 49: 1569-1577. 2018.

XIAOMING, C.; YING, F.; HONG, Z.; ZHYONG, C. Review of the nutritive value of edible insects. In: Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008 2010 pp.85-92 ref.28. 2008.

XIAOMING, C.; YING, F.; HONG, Z.; ZHYONG, C. Review of the nutritive value of edible insects. In: Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, pp. 85-92, 2008.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura Intensiva, in Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva (Eds Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C.; Fracalossi, D.M.; Castagnolli, N.), Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática. TecArt, São Paulo, Brasil. p. 239-266. 2004.