



JULIANA OLIVEIRA LOUZADA

**UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE CARÇA DE TILÁPIA
EM DIETAS PARA INSETOS COMESTÍVEIS**

LAVRAS – MG

2021

JULIANA OLIVEIRA LOUZADA

**UTILIZAÇÃO DE FARINHA DE CARÇA DE TILÁPIA EM DIETAS
PARA INSETOS COMESTÍVEIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof. Dr. João de Deus Souza Carneiro
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

RESUMO

A utilização de insetos comestíveis como fonte de alimentação oferece oportunidades de superar problemas como a fome e desnutrição, sendo possível fabricar farinhas alimentícias nutritivas para o consumo humano, com impacto ambiental reduzido. Estes insetos possuem um processo produtivo simples, barato e podem ser alimentados com subprodutos da indústria de alimentos, que são muitas vezes descartados ou utilizados para ração animal. O presente trabalho teve como objetivo avaliar de maneira teórico-prática, a utilização de farinha de carcaça de tilápia na alimentação do *Tenebrio molitor* Linnaeus 1758, visando à futura produção de uma farinha rica em proteína, para utilização alimentícia. Inicialmente realizou-se um levantamento teórico em relação ao tema abordado, onde foi determinado a espécie de inseto utilizada (*T. molitor*), a forma de criação dos insetos e o subproduto utilizado no estudo (farinha de carcaça de tilápia). A partir disso foram formuladas quatro dietas com adição de 0%, 10%, 25% e 50% de farinha de carcaça de tilápia. As rações foram balanceadas em relação ao teor de calorias, carboidratos, lipídeos e fibras. Controles positivos (com fonte proteica comercialmente utilizada) e controles negativos (sem adição proteica) foram utilizados para cada dieta avaliada. Averiguou-se que quanto maior é a quantidade de farinha de carcaça de tilápia presente, menor é o desenvolvimento e a sobrevivência dos insetos. Contudo, o mesmo resultado foi observado nos controles positivos. Desta forma é possível concluir que a elevação do valor proteico das dietas (para as duas fontes de proteína utilizadas) levou ao subdesenvolvimento e morte dos insetos, demonstrando que este tipo de alimentação não é ideal para o *T. molitor*. Entretanto, os controles negativos apresentaram porcentagens altas de insetos vivos e aumento significativo de peso, nas três dietas, o que demonstra um potencial favorável para a utilização de acréscimos lipídicos nas dietas deste tipo de inseto.

Palavras-chave: Entomofagia. Subprodutos. *Tenebrio molitor*. Tilápia do Nilo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS	7
2.1	Objetivo geral	7
2.2	Objetivos específicos	7
3	ETAPAS DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	8
3.1	PRIMEIRA ETAPA: revisão bibliográfica	8
3.1.1	Insetos comestíveis	8
3.1.2	Benefícios do consumo de insetos	9
3.1.3	Riscos associados ao consumo de insetos	10
3.1.4	<i>Tenebrio molitor</i>	11
3.1.5	Composição proteica do <i>Tenebrio molitor</i>	12
3.1.6	Subprodutos	14
3.1.7	Subprodutos da piscicultura.....	15
3.1.8	Tilápia do Nilo.....	15
3.2	SEGUNDA ETAPA: estudo experimental.....	16
3.2.1	Delineamento experimental.....	16
3.2.2	Elaboração das rações fornecidas	19
3.2.2.1	Farinha de carcaça de tilápia.....	19
3.2.2.2	Composição das rações.....	22
3.2.3	Condições de criação dos tenebrios.....	24
3.2.4	Análises realizadas para avaliar o efeito das dietas no desenvolvimento dos insetos	26
3.2.4.1	Taxa de sobrevivência	26
3.2.4.2	Percentual de aumento de peso.....	27
3.2.4.3	Análises da composição nutricional das farinhas de tenebrio	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1	Percentual de Sobrevivência.....	28
4.2	Percentual de aumento de peso.....	31
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Em 2017, o mercado global de alimentos atingiu os 1.07 bilhões de toneladas de produtos alimentares fabricados para suprir a necessidade humana, e estima-se um crescimento de 2,7% ao ano, tornando insustentável a manutenção do sistema produtivo atual (GASCO; FINKE; van HUIS, 2018). Portanto, a busca por formas alternativas de fontes nutritivas de alimentação, torna-se cada vez mais necessária.

A entomofagia consiste no consumo de insetos como alimento para humanos. Apesar de ser uma fonte alimentícia ainda pouco comum no cotidiano ocidental, o ato consumir invertebrados está presente em quase todas as espécies terrenas, inclusive dentre os primatas e antepassados do homem moderno (van HUIS, 2013).

Entidades como a Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2013) apontam que existem mais de 1900 espécies de insetos comestíveis, e a cada ano cresce o número de pesquisas na área. Isto porque a utilização de insetos como fonte de alimentação oferece oportunidades de superar problemas como a fome, desnutrição e o grande impacto ambiental advindo da produção de proteína animal.

A utilização de insetos apresenta-se como uma alternativa vantajosa, por se tratar de uma forma de produção simples e relativamente barata, já que podem se alimentar de subprodutos da indústria de alimentos (van HUIS, 2013). Além disso, as espécies mais comumente utilizadas (tenebrios, grilos e baratas), possuem um alto retorno em biomassa. Estima-se que para cada 1,7kg de ração fornecida a estes insetos são produzidos 1 kg de insetos viáveis para o consumo, que atuam como potenciais precursores de proteínas e vitaminas lipossolúveis (KUMAR et al., 2017).

Sendo assim, a inclusão de insetos na alimentação humana atua como um insumo alternativo para fomentar a demanda de produtos alimentícios proteicos, com baixo impacto ambiental durante o seu processo de produção. Além disso, a viabilização da reutilização de subprodutos da indústria de alimentos para a alimentação destes insetos é de extrema relevância já que:

[...] Cerca de 1/3 dos alimentos para consumo humano é perdida mundialmente (como resíduo de processamento ou perda na cadeia), correspondendo a uma produção mundial de resíduos alimentares de cerca de 1,3 bilhões toneladas/ano (GUSTAVSSON et al., 2011, p. 1).

Dentro deste contexto, os subprodutos advindos da piscicultura tem destaque por serem poluentes de difícil descarte e baixa aceitabilidade sensorial. Estudos como de Vidotti e Gonçalves (2006) estimam que cerca de 70% do que é produzido não é consumido após o

processo de filetagem. A piscicultura de espécies altamente consumidas mundialmente, como a Tilápia do Nilo, gerou, somente em 2008, cerca de 1,05 milhões de toneladas de resíduos (GALAN, 2010).

Portanto, a utilização dos subprodutos do setor de pescados como parte da dieta de insetos comestíveis é uma forma de reduzir o impacto ambiental associado a este tipo de produção, e também, uma maneira de atribuir valor agregado a um produto que de outra forma teria uma baixa saída comercial. Isto porque estudos atuais mostram que produtos que incluem a farinha composta por *Tenebrio Mollitor* Linnaeus 1758 em sua composição apresentam qualidades sensoriais favoráveis, enquanto a farinha feita de peixe tem atributos como aroma e sabor que não são bem aceitos comercialmente (COSTA, 2017; GALAN, 2010; WEMANS, 2015).

Sendo assim, este trabalho realizou uma revisão bibliográfica em relação aos temas consumo de insetos comestíveis e o reaproveitamento de subprodutos da indústria de alimentos, visando à definição da espécie de inseto e subproduto utilizados no estudo experimental. No estudo experimental avaliou-se o efeito de dietas com diferentes porcentagens de farinha de carcaça de tilápia no desenvolvimento de insetos comestíveis, objetivando a produção de uma farinha de *T. molitor* com alto teor proteico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Os objetivos deste trabalho foram: realizar uma revisão bibliográfica sobre os temas consumo de insetos comestíveis e o reaproveitamento de subprodutos da indústria de alimentos e um estudo experimental sobre o efeito de dietas com diferentes porcentagens de farinha de carcaça de tilápia no desenvolvimento de insetos comestíveis, objetivando a produção de uma farinha de *T. molitor* Linnaeus 1758 com alto teor proteico.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Realizar uma revisão bibliográfica a respeito de insetos comestíveis e subprodutos da indústria de alimentos;
- Definir a espécie de insetos que apresenta maior potencial para ser utilizado no estudo;
- Definir o subproduto que apresenta potencial para ser adicionado nas rações para alimentação dos insetos;
- Determinar a composição centesimal da farinha de carcaça de tilápia (não realizado devido à impossibilidade decorrente da pandemia de COVID-19);
- Avaliar a influência do consumo de ração adicionada de farinha de carcaça de tilápia no desenvolvimento e ganho de peso de tenebrios;
- Avaliar a viabilidade do aproveitamento do subproduto de um ponto de vista de taxa de sobrevivência dos insetos e desenvolvimento em peso.

3 ETAPAS DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) foi dividido em duas etapas, na primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito do tema abordado, abordando os seguintes tópicos: insetos comestíveis, benefícios do consumo de insetos, riscos associados ao consumo de insetos, *Tenebrio molitor*, composição proteica do *Tenebrio molitor*, subprodutos, subprodutos da piscicultura, Tilápia do Nilo. Na segunda etapa (parte experimental) foi avaliada utilização de farinha de carcaça de tilápia na alimentação de insetos comestíveis, visando à futura produção de uma farinha de inseto rica em proteína, para utilização alimentícia.

3.1 PRIMEIRA ETAPA: revisão bibliográfica

A primeira etapa deste trabalho consistiu na realização de uma revisão bibliográfica sobre insetos comestíveis e subprodutos da indústria de alimentos. A pesquisa referente aos tópicos abordados ocorreu durante os anos de 2019 e 2020, através das fontes de pesquisa científicas: SciELO, Portal de Periódicos – CAPES, Google Acadêmico, Science.gov e BDTD.

As palavras-chave utilizadas para a realização do levantamento bibliográfico foram: insetos comestíveis; entomofagia; tenebrios; desenvolvimento de invertebrados; composição centesimal de invertebrados; subprodutos da indústria de alimentos; subprodutos cárneos; produção de tilápia; piscicultura; resíduos agroindustriais.

3.1.1 Insetos comestíveis

Insetos estão dentre os primeiros seres vivos terrestres a habitar o planeta terra, datando cerca de 400 milhões de anos atrás (TIENCHEU; WOMENI, 2017). Pertencentes ao filo *Artropoda* e classe *Insecta*, apresentam uma estrutura corporal composta de olhos, antenas, três pares de patas articuladas e um exoesqueleto de quitina, dividido em cabeça, tórax e abdômen (COSTA et al., 2017; PURVES et al., 2003). São animais que se reproduzem rapidamente e em abundância, constituindo cerca de 80% de todos os animais presentes no planeta, parte disto se dá pela capacidade de adaptação ao ambiente através do processo de metamorfose (PREMALATHA et al., 2011; TIENCHEU; WOMENI, 2017)

Em adição a presença abundante desta classe animal, os insetos possuem organismos multicelulares extremamente diversos, compondo mais de 80% de todas as espécies presentes

no planeta Terra (SCARAFFIA; MIESFELD, 2013). Organizações como a FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, já catalogaram a existência de pelo menos 1900 espécies de insetos comestíveis, dos quais muitos deles apresentam valores nutricionais elevados, principalmente em relação a proteínas, lipídeos e minerais (DURST et al., 2010; FAO, 2013).

Vale ressaltar que o tipo de metamorfose realizado pela espécie determina a fase do ciclo de vida do mesmo que poderá ser consumido:

Em regra, insetos com metamorfoses complexas ou completas (da ordem *Lepidoptera*, *Coleoptera* e *Himenoptera*) são consumidos maioritariamente no estado larval e, ocasionalmente, no estado de pupa, ao passo que os com metamorfoses incompletas ou simples, (da ordem *Orthoptera*, *Isoptera*, *Heteroptera* e *Homoptera*), são consumidos na fase ninfa ou adulta (COSTA et al., 2017, p. 2).

Contudo, a entomofagia (o ato de consumir insetos) é algo ainda muito mal visto dentro da sociedade atual, principalmente no ocidente. Isto porque culturalmente, a utilização de insetos como um produto para a alimentação humana é vista com aversão (entofobia) e costumes locais que associaram a entomofagia como sendo um ato asqueroso e anti-higiênico (AYIEKO; ORIARO; NYAMBUGA, 2010; van HUIS, 2017).

Apesar disso, diversas comunidades ao redor do mundo, principalmente na região da floresta amazônica, adquirem entre oito a 70% do valor proteico diário de suas alimentações a partir do consumo de insetos (PAOLETTI; DUFOUR, 2005). Dentre as 21 ordens presentes na classe Insectea as que contêm o maior conteúdo proteico são as ordens *Lepidoptera*, *Coleoptera* e *Hymenoptera*, respectivamente (BANJO; LAWAL; SONGONUGA, 2006).

3.1.2 Benefícios do consumo de insetos

Estudos comparativos realizados pela FAO (2013) demonstraram que insetos comestíveis apresentam uma maior concentração de proteína por valor em massa do que qualquer outro animal ou vegetal (FAO, 2013; VANTOMME; GÖHLER; N'DECKERE-ZIANGBA, 2004). Demonstrando assim o grande potencial alimentício advindo da entomofagia.

Em adição ao alto valor proteico com cadeias de aminoácidos completas, várias espécies de insetos apresentam (semelhantemente as proteínas animais), valores altos de zinco e ferro, nutrientes cruciais no tratamento contra a desnutrição extrema (van HUIS, 2013). Outras características associadas ao perfil nutricional dos insetos são a presença de vitamina

B12, ácidos graxos poli-insaturados, ácido linoleico, tiamina, riboflavina, vitamina E (KUMAR et al., 2017).

Além disso, estudos demonstraram a existência de componentes bioativos em diversas espécies que podem oferecer redução de diversos problemas de saúde (GASCO; FINKE; van HUIS, 2018). Contudo, para a obtenção dos benefícios relacionados à inclusão de insetos na alimentação humana, é importante adequar o perfil biológico do inseto com a dieta fornecida, a espécie utilizada, a forma de processamento, a forma de preparo do produto final e habitat (KUMAR et al., 2017).

Isto porque, de acordo com os autores, Junior, Ferreira e Pederiva (2018), Souza e Telles (2011) e Ribeiro (2017), os insetos apresentam diferentes percentis nutricionais, de acordo com o tipo de alimento que lhes é oferecido e o seu meio de cultivo. O que demonstra que ao manipular corretamente tais parâmetros, pode-se potencialmente produzir uma farinha com enfoque em determinadas propriedades nutricionais.

Estes resultados são extremamente relevantes quando se tem em mente que além da alta taxa de conversão de proteína por matéria consumida em forma de ração, a produção de insetos comestíveis requer áreas de criação ínfimas comparadas com a criação de gado atual (PIMENTEL et al., 1975). Além disso, insetos comestíveis não são competidores para recursos humanos (de alimentação), já que requerem pouca água para sobreviver e se alimentam majoritariamente de insumos considerados como subprodutos alimentícios (TIENCHEU; WOMENI, 2017).

Desta forma,

Diversos autores defendem que a produção de insetos tem um impacto negativo para o ambiente menor do que os restantes tipos de produção animal não só pelo facto de as emissões de gases com efeito de estufa, o chamado GHG (“*greenhouse gas*”), serem muito menores, mas, também pela menor quantidade de terra (LU – “*Land use*”, expressa em m²) e energia usada (EU – “*Energy use*”, expressa em MJ) no decurso da produção (COSTA et al., 2017, p. 2).

Outro indicador utilizado para a avaliação do impacto ambiental é o “Potencial de Efeito Estufa” (GWP), que corresponde à soma em quilogramas dos gases associados ao efeito estufa (dióxido de carbono, metano e dióxido de nitrogênio) emitidos durante um determinado processo (OONINCX, et al., 2010). No caso da produção de insetos comestíveis como o *Tenebrio molitor*, o GWP e LU correspondem a 4-8% e 4-7% do valor da produção de bovinos, respectivamente (COSTA et al., 2017).

3.1.3 Riscos associados ao consumo de insetos

Devido à existência de diversas espécies diferentes dentro do grupo dos insetos comestíveis, os riscos associados à entomofagia são também dependentes do tipo de inseto em questão. Além disso, as condições de criação e a forma de conservação/processamento afetam diretamente a segurança alimentar associada ao consumo de insetos (FASFC, 2014).

Sendo assim, os maiores riscos associados estão atrelados à falta de segurança alimentar advindo da ausência de controle durante o processo de produção, como a presença de pesticidas, agentes químicos e microrganismos patogênicos (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013). Estudos da área demonstram a presença de bactérias como *Escherichia coli.*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e coliformes fecais, na superfície de alguns insetos comestíveis frescos (COSTA et al., 2017).

Contudo o mesmo não foi verificado em insetos da espécie *Tenebrio molitor* (COSTA et al., 2017). Além disso, o parecer da Federal Agency For Safety Of The Food Chain (2014) apontou que após o tratamento térmico é possível ocorrer à redução de 2 a 3 log no teor de bactérias aeróbias totais e 3 a 5 log no teor de enterobactérias, mas que, contudo não há eliminação dos esporos caso estejam presentes.

Em adição a potencial presença de bactérias, é possível haver aflatoxinas, fungos, leveduras e parasitas que podem ser danosos à saúde humana (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013). Desta forma, a fim de minimizar estes potenciais riscos é importante haver medidas de segurança para o manejo, armazenagem, processamento e alimentação dos insetos voltados para o consumo humano.

3.1.4 *Tenebrio molitor*

Um dos principais insetos consumidos atualmente é o *Tenebrio molitor*, devido ao seu potencial como fonte proteica para humanos e animais (MORALES-RAMOS et al., 2012). Esta espécie de metamorfose completa pertence à família *Tenebrionidae* da ordem *Coleoptera*, presente principalmente em regiões de clima temperado (COSTA et al., 2017). Seu ciclo de vida é dividido em quatro etapas principais: fase embrionária (ovos), fase larval, fase pupa e fase imago (inseto adulto) (GHALY; ALKOAİK, 2009; SPANG, 2013).

O ciclo de vida completo do *T. molitor* tem duração de 280 a 630 dias a depender das condições ambientais, já que são insetos capazes de entrarem em dormência caso sejam submetidos a situações de estresse, principalmente se tratando de calor e umidade (SPANG, 2013). Este ciclo se inicia com a deposição dos ovos, a partir de uma fêmea adulta (cerca de

400 ovos por dia), estes ovos passam por um período de incubação de duração de cerca sete a quatorze dias (GHALY; ALKOAİK, 2009; SPANG, 2013).

A segunda fase é a larval, que tem o maior período de duração (90 a 140 dias) e é o momento do ciclo mais indicado para o consumo humano desta espécie de inseto. Isto porque é o período em que apresentam as maiores concentrações proteicas e vitamínicas, com baixo teor de quitina – estrutura que compõe o exoesqueleto dos invertebrados. Durante esta fase apresentam coloração branco-amarelada, com 0,2 a 3 cm de comprimento, podendo atingir 1 g de peso (COSTA et al., 2017).

A terceira fase, onde as larvas se metamorfoseiam para pupas tem duração média de seis a dezoito dias, onde ao final deste ciclo atingem a fase adulta (GHALY; ALKOAİK, 2009). A partir deste momento tornam-se besouros plenamente desenvolvidos que permanecem vivos por até três meses (SPANG, 2013).

A alimentação do *T. molitor* é composta principalmente de cereais, grãos e produtos farináceos, se adaptam bem a dietas secas como rações e misturas compostas de farinhas como a de trigo, de milho, de mandioca e demais farelos (JUNIOR; FERREIRA; PEDERIVA, 2018; MORAIS, 2015). Contudo, esta espécie também se alimenta de subprodutos alimentícios de diversos segmentos industriais e necessitam de uma fonte de umidade constante, que pode ser advinda de leguminosas frescas (van HUIS et al. 2013; MAKKAR et al., 2014; YANG et al. 2015).

São insetos extremamente resistentes, com a capacidade de selecionar, dentro do habitat em que estão inseridos, o tipo e a quantidade de alimento necessário para a sua dieta, de forma a atender suas necessidades nutricionais. (MORALES-RAMOS et al., 2011).

3.1.5 Composição proteica do *Tenebrio molitor*

Muitos estudos apontam esta espécie como um grande potencial para obtenção de proteína para o consumo humano, contudo é importante averiguar a qualidade e disponibilidade desta proteína dentro do inseto. A proteína é a macromolécula mais abundante existente, é um composto orgânico essencial para a manutenção da vida de todos os organismos, destacando-se por sua enorme diversidade de funções biológicas (TIENCHEU; WOMENI, 2017).

Proteínas são constituídas por cadeias de aminoácidos que podem ser considerados essenciais ou não essenciais para o ser humano. As cadeias de aminoácidos consideradas

essenciais são aquelas as quais o ser humano não é capaz de sintetizar por conta própria, e deve, portanto obter através da alimentação (TIENCHEU; WOMENI, 2017).

A principal fonte de aminoácidos essenciais e não essenciais são as carnes, podendo ser estas bovinas, suínas, aves e pescados. Contudo, diversos estudos apontam que insetos podem também ser uma importante fonte de aminoácidos (EKPO; ONIGBINDE, 2005; ELEMOMO et al., 2011; FINKE, 2002). A tabela a seguir foi adaptada de Tiencheu e Womeni (2017), que utilizou como fontes os estudos de Finke (2002) e Oonincx e Dierenfeld (2012), apresenta um quadro comparativo da composição de aminoácidos do *Tenebrio molitor* em contraposição com a carne bovina:

Tabela 1 - Composição de aminoácidos - *T. molitor* x carne bovina

Aminoácidos	<i>Tenebrio molitor</i> g/kg de matéria seca	Carne bovina g/kg de matéria seca
Essenciais		
Isoleucina	24,7	16
Leucina	52,2	42
Lisina	26,8	45
Metionina	6,3	16
Fenilalanina	17,3	24
Treonina	20,2	25
Triptofano	3,9	-
Valina	28,9	20
Semi-essenciais (condicionalmente essenciais)		
Arginina	25,5	33
Histidina	15,5	20
Metionina + cisteína	10,5	22
Tirosina	36	22
Não essenciais		
Alanina	40,4	30
Ácido Aspártico	40	52
Cisteína	4,2	5,9
Glicina	27,3	24
Ácido Glutâmico	55,4	90
Prolina	34,1	28
Serina	25,2	27
Taurina	210	-

Fonte: adaptado de Tiencheu e Womeni (2017), retirado de Finke (2002) e Oonincx e Dierenfeld (2012).

Desta forma é possível perceber que o *Tenebrio molitor* possui valores significantes de aminoácidos essenciais e não essenciais em comparação com o conteúdo presente na carne bovina. Inclusive, os estudos utilizados para a elaboração da tabela 1, demonstraram que a inclusão de insetos comestíveis em produtos farináceos pode ser extremamente benéfica, uma

vez que estes insetos apresentam teores significantes de alguns aminoácidos não presentes em cereais, como o triptofano e lisina (TIENCHEU; WOMENI, 2017).

3.1.6 Subprodutos

Alimentos desperdiçados e subprodutos da indústria de alimentos são preocupantes fontes de contaminação ambiental, chegando a contabilizar 90% do total desperdiçado em indústrias de alguns países (CHIOCCHETTI, 2013). Além disso, o descarte apropriado destes subprodutos é muitas vezes um processo complexo e com alto custo monetário (LAUFENBERG et al., 2003).

Desta forma, pesquisas voltadas para a formulação de estratégias de reaproveitamento destes resíduos agroindustriais, havendo a conversão do material que seria descartado em um produto industrialmente útil, é crucial na redução do impacto ambiental e diminuição do desperdício (FERNANDES, 2009; VALENTE, 2015). Consequentemente, a utilização de subprodutos ocasiona na agregação de valor de partes da matéria prima agroindustrial que inicialmente seriam considerados dejetos, havendo a redução de custos para a produção industrial e aumento da sustentabilidade da cadeia alimentar (CHIOCCHETTI, 2013).

Apesar da grande preocupação com a quantidade de resíduos gerados durante o processamento de alimentos, estimativas como de Costa (2005), demonstram que se cerca de 5% da quantidade total de subprodutos agroindustriais tivesse como destino final a produção de ração animal, as necessidades alimentícias de todos os rebanhos do mundo seriam supridas. Dados como este evidenciam a real escala do desperdício alimentar mundial, sendo que, somente no território nacional, estima-se que 50% da biomassa de alimentos produzida são descartadas durante o processo de produção industrial (FERNANDES, 2009).

A qualidade dos novos produtos advindos dos resíduos industriais deve ser assegurada, principalmente em relação à segurança alimentar e microbiológica, assim como também deve haver uma conformidade ambiental e aceitabilidade comercial, dificultando o processo de reaproveitamento para o consumo humano (VALENTE, 2015). Esta dificuldade em implementar novos produtos alimentícios advindos de subprodutos é constatada principalmente nos resíduos da produção animal, onde “de um terço até a metade do animal produzido para consumo (carne, leite, ovos, etc.) não é consumido pelos humanos, tais como intestinos, pulmões e cabeças” (FERNANDES, 2011).

Estes subprodutos, apesar de não serem consumidos pelos humanos, podem ser processados e se transformar em diferentes farinhas utilizadas principalmente em rações para

a indústria aquícola, avícola e de animais de estimação. Havendo assim, o aproveitamento dos ossos, sangue, vísceras e frações de carne não utilizadas para o consumo humano (FERNANDES, 2011; MEEKER, 2009).

Desta forma a utilização de subprodutos da piscicultura para a geração de produtos com alto teor proteico, como a farinha de inseto, é uma estratégia vantajosa do ponto de vista ambiental e econômico. Isto porque, além das vantagens da criação destes insetos em detrimento das demais fontes proteicas alimentares, existe a possibilidade de se utilizar subprodutos industriais produção de um alimento com alto valor agregado (van HUIS, 2013).

3.1.7 Subprodutos da piscicultura

Os subprodutos da industrialização do pescado representam um sério problema para a planta industrial, principalmente por serem poluentes e de difícil descarte, interferindo na eficiência do processo produtivo (FERNANDES, 2009). Fazer uso dos subprodutos gerados na indústria do pescado é de grande interesse para pesquisadores, pois são altamente perecíveis e poluem o meio ambiente (MIZANI; AMINLARI; KHODABANDEH, 2004).

Em 2006 a produção mundial de pescado foi em torno de 143,6 milhões de toneladas, sendo que mais de 110 milhões de toneladas (77%) foram destinadas ao consumo humano, as 33 milhões de toneladas restantes são consideradas subprodutos (FAO, 2008). Esta grande quantidade de subprodutos advindos da piscicultura é devido principalmente ao não reconhecimento destes insumos como fonte para outros produtos (FERNANDES, 2009).

Os resíduos deste tipo de produção são utilizados para a elaboração de novos produtos a partir da carne mecanicamente separada (CMS), produção de óleo de peixe, elaboração de caldos e principalmente para a composição de ração animal (FAO, 2008; GALAN, 2010). Contudo, em sua grande maioria estes subprodutos ainda são descartados, muitas vezes de maneira inapropriada, contribuindo para a contaminação ambiental (FERNANDES, 2009; SEIBEL; SOUZA-SOARES, 2003).

3.1.8 Tilápia do Nilo

A Tilápia do Nilo é uma espécie de peixe de coloração cinza azulada, taxonomicamente nomeada como *Oreochromis niloticus*, da família *Cichlidae*, ordem *Perciformes*, superordem *Teleostei* e classe *Osteichthyes* (ORR, 1986). Possui hábitos alimentares onívoros, tolera grandes variações de temperatura (21°C a 35°C), não é muito

exigente quanto aos níveis de oxigênio, e apesar de ser considerado um peixe de água doce, suporta águas salobras (até 18% de sal). (GALAN, 2010).

A Tilápia do Nilo possui alta capacidade de crescimento, podendo chegar até cinco quilos em peso, tornando-a uma espécie vantajosa para a utilização comercial, sendo a segunda espécie de peixe mais produzida no mundo (NAYLOR et al., 2000). Em 2008 a produção mundial desta espécie chegou a 1,5 milhões de toneladas (FITZSIMMONS, 2000).

Esta espécie tem ampla aceitação de mercado, a sua carne é considerada de ótima qualidade e a sua estrutura corporal não tem espinhas no formato “Y”, o que facilita o processo de filetagem (HILDSORF, 1995). Sua composição química apresenta teores elevados de proteínas (aproximadamente 20%), lipídeos e minerais (cálcio, fósforo e ferro). A caracterização lipídica desta espécie conta com ácidos graxos poli-insaturados considerados essências para alimentação humana, como o ômega 3 e ômega 6 (GALAN, 2010).

Outra característica vantajosa em relação à produção comercial deste tipo de peixe é a sua fácil aceitação à alimentação a partir de rações, desde o período larval (HAYASHI et al., 2002). Contudo, ao longo da sua cadeia produtiva é gerada uma grande quantidade de resíduos, somente 30% do seu volume total é comercializável (VIDOTTI; GONÇALVES, 2006).

Portanto, apesar de se tratar de uma espécie extremamente utilizada comercialmente, cerca de 70% do que é produzido são resíduos. Diante disto, a utilização destes resíduos para a produção de uma farinha proteica, apresenta-se como uma maneira de reduzir o impacto ambiental gerado pela piscicultura (GALAN, 2010).

3.2 SEGUNDA ETAPA: estudo experimental

Nesta segunda etapa constam os procedimentos metodológicos e experimentais associados à criação dos *T. molitors* em dietas acrescidas de farinha de carcaça de tilápia. Dentro da metodologia é explanado o delineamento experimental, a composição e formulação das dietas ofertadas, condições de criação dos insetos e as análises realizadas. Posteriormente há a discussão dos resultados obtidos e a conclusão do trabalho como um todo.

3.2.1 Delineamento experimental

Foram avaliadas três dietas distintas fornecidas a grupos de *Tenebrio molitors*, denominadas como Dieta 1, Dieta 2 e Dieta 3. As dietas foram elaboradas através da composição de uma dieta base composta com ingredientes encontrados no habitat natural da

espécie de inseto selecionada, com a adição de proporções de farinha de carcaça de tilápia nas porcentagens de 10%, 25% e 50%, respectivamente.

Adicionalmente dois grupos controles (controle positivo e controle negativo) foram inclusos para cada uma das dietas e um grupo branco (grupo alimentado somente com uma ração base). O experimento foi realizado em DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) e com três repetições. Sendo assim, cada grupo recebeu uma ração específica, na qual os insetos foram alimentados durante um período de quatro semanas. Durante este tempo foi observado o desenvolvimento, comportamento e sobrevivência dos insetos em cada um dos grupos.

O balanceamento das rações foi feito para haver uma melhor adequação das quantidades de calorias, carboidratos e lipídeos, entre as dietas fornecidas e os controles. Observa-se na Tabela 2 o delineamento experimental do estudo em relação a cada uma das dietas utilizadas e os controles. Nesta tabela contém o número de insetos e porcentagem de proteína adicionada em cada grupo. A composição da ração base, as fontes proteicas utilizadas e os ingredientes inclusos para o balanceamento das rações são também informados. Ao final da tabela consta a composição nutricional de cada dieta, após o balanceamento. O balanceamento das rações foi feito para aproximar o valor das calorias, carboidratos, lipídeos e proteínas, entre as dietas com adição de subprodutos e os controles positivos e negativos.

A quantidade em peso de ração fornecida para cada ensaio foi estipulada para que houvesse uma alimentação em livre demanda. Sendo assim, o peso total de ração ofertado semanalmente correspondeu ao dobro do peso médios do *T. molitors* ao final da fase larval.

Vale ressaltar que não foi possível adequar o valor calórico de maneira idêntica. Contudo, como se trata de um experimento com alimentação em livre demanda, estas discrepâncias não interferem no estudo. Isto porque, tenebrios apresentam a capacidade de selecionar a proporção/quantidade de alimento necessária na sua dieta de forma a atender suas necessidades nutricionais. (MORALES-RAMOS et al., 2011).

Ao final do experimento de criação dos dez grupos de insetos, os *T. molitors* de cada grupo foram processados para obtenção das farinhas de tenebrio.

Tabela 2 - Delineamento experimental (continua)

Grupo:	Branco	Dieta 1	Dieta 1 C. P.¹	Dieta 1 C. N.²	Dieta 2
Nº de insetos	25	25	25	16 ³	25
Porcentagem de proteína adicionada (%)	-	10	10	-	25
Ração base (g)					
F. de milho	25	22,500	22,500	22,500	18,750
F. de trigo	25	22,500	22,500	22,500	18,750
Proteína adicionada (g)					
F. de carcaça de tilápia	-	5,000	-	-	12,500
<i>Whey Protein</i>	-	-	5,250	-	-
Ingredientes utilizados para o balanceamento das rações					
Amido de milho (g)	-	0,875	-	0,904	2,259
Óleo de soja (mL)	-	-	0,651	-	-
Gordura da carcaça de tilápia (mL)	-	-	-	0,651	-
Composição nutricional					
Valor energético (kcal)	180,000	187,454	187,887	170,668	198,587
Carboidratos	39,000	35,887	35,887	35,887	31,218
Proteínas	3,350	7,215	7,215	3,015	13,012
Lipídeos	0,850	1,365	1,365	1,365	2,138
Peso (g)					
Total	50,000	50,875	50,901	46,554	52,259

Tabela 3 - Delineamento experimental (conclusão)

Grupo:	Dieta 2 C.P.¹	Dieta 2 C.N.²	Dieta 3	Dieta 3 C.P.¹	Dieta 3 C.N.²
Nº de insetos	25	16 ³	25	25	16 ³
Porcentagem de proteína adicionada (%)	25	-	50	50	-
Ração base (g)					
F. de milho	18,750	18,750	12,500	12,500	12,500
F. de trigo	18,750	18,750	12,500	12,500	12,500
Proteína adicionada (g)					
F. de carcaça de tilápia	-	-	25,000	-	-
<i>Whey Protein</i>	13,125	-	-	26,250	-
Ingredientes utilizados para o balanceamento das rações					
Amido de milho (g)	-	2,260	4,504	-	4,521
Óleo de soja (mL)	1,626	-	-	3,253	-
Gordura da carcaça de tilápia (mL)	-	1,626	-	-	3,253
Composição nutricional					
Valor energético (kcal)	198,382	156,679	217,347	216,773	133,370
Carboidratos	31,218	31,218	23,437	23,437	23,437
Proteínas	13,012	2,512	22,675	22,675	1,675
Lipídeos	2,138	2,138	3,427	3,427	3,427
Peso (g)					
Total	52,251	41,386	54,504	54,503	32,774

¹ C.P.= Controle Positivo

² C.N.= Controle Negativo

³ Em razão da ausência de fontes externas de proteína, o peso total de ração oferecida para o grupo de controle negativo foi significativamente menor em relação aos demais grupos estudados. Desta forma, optou-se pela utilização de 16 insetos nos controles negativos como forma de manutenção da alimentação em livre demanda. Fonte: Da autora (2020).

3.2.2 Elaboração das rações fornecidas

3.2.2.1 Farinha de carcaça de tilápia

A produção de farinha de carcaça de tilápia seguiu a metodologia de Galan (2010), com adaptações. Optou-se pela separação manual da carne, para a obtenção de uma farinha com granulometria menor e com baixo teor de cálcio. Isto porque o *T. molitor* possui uma baixa relação Cálcio: Proteína em sua composição (KLASING et al., 2000). As tilápias foram adquiridas recém-abatidas e filetadas, de um criatório comercial local.

Figura 1 - Carcaças de Tilápia do Nilo limpas



Fonte: Da autora (2020)

Figura 2 - Carcaças de Tilápia do Nilo sendo cozidas



Fonte: Da autora (2020)

Após o recebimento das carcaças refrigeradas (3°C), as mesmas foram limpas e as nadadeiras, brânquias e a cabeça foram retiradas (Figura 1). As carcaças limpas foram cozidas durante 40 minutos (Figura 2), em seguida houve separação da carne que foi seca em estufa por 45 horas a 40°C (Figuras 3 e 4). Posteriormente, a farinha foi prensada a 10 toneladas, com o auxílio da prensa hidráulica da marca Marcon (MPH-15) (Figura 5), para retirar do excesso do óleo. Por fim, amostras da farinha foram obtidas para a realização da análise centesimal.

Figura 3 - Massa de Tilápia do Nilo em bandejas perfuradas para secagem



Fonte: Da autora (2020)

Figura 4 - Massa de Tilápia do Nilo após a secagem



Fonte: Da autora (2020)

Figura 5 - Prensa hidráulica utilizada para extração da gordura da farinha de carcaça de tilápia



Fonte: Da autora (2020)

3.2.2.2 Composição das rações

Os ingredientes selecionados para a composição da ração foram escolhidos a partir de uma combinação de produtos farináceos, que são os elementos principais da alimentação dos *T. Mollitor*. A composição também levou em conta rações pré-fabricadas utilizadas em criatórios de tenebrios destinados a alimentação de pássaros. Desta forma, utilizou-se farinha de trigo da marca Moinho Sul Mineiro e farinha de milho da marca Anchieta para a composição de todas as rações.

O amido de milho, da marca Maizena, e o óleo de soja, da marca Liza, foram inclusos em proporções variáveis nas rações de maneira que houvesse uma equivalência nutricional entre as dietas e os seus respectivos controles (balanceamento).

Diversos isolados proteicos existentes no mercado foram avaliados para a utilização na ração dos controles positivos. Optou-se pela utilização de uma fonte proteica de alta qualidade em ao final do balanceamento, as dietas fornecidas e os controles apresentassem a menor diferença possível de calorias, carboidratos, proteínas e lipídeos.

Portanto, a fonte proteica utilizada na ração dos grupos controles foi o isolado da proteína do soro de leite, conhecido como *Whey Protein 80%* (adquirido na empresa A Granel). Este isolado tem um alto nutricional, contendo uma grande afinidade com aminoácidos essenciais como os de cadeia ramificada. Em adição, possui um baixo teor de lipídeos e uma quantidade reduzida de carboidratos (MORAES et al., 2017).

Os valores de carboidratos, lipídios e proteínas, do amido de milho, farinha de trigo, farinha de milho, óleo de soja e *Whey protein* foram obtidos através dos rótulos desses produtos. Já a determinação da composição da farinha de carcaça de tilápia e do óleo extraído da carcaça foi obtida através de análise centesimal, realizada pela autora no Departamento de Ciência de Alimentos – UFLA, utilizando as seguintes metodologias:

- Lipídeos - determinação de extrato etéreo, usando método de extração soxhlet (IAL, 2008);
- Proteína - determinação de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC^b, 1995), usando o fator de conversão de proteínas 5,75 segundo a RDC nº 360 (BRASIL, 2003);
- Carboidratos – cálculo através da diferença de peso, obtendo a fração Nifext segundo RDC nº 360 (BRASIL, 2003). Para tanto se realizou as seguintes análises: conteúdo de

fibras - (AOAC^a, 1970) e teor de umidade - secagem em estufa (IAL, 2008); teor de minerais - incineração em mufla (IAL, 2008).

- Valor energético – cálculo através dos fatores de conversão estipulados na RDC n° 360 (BRASIL, 2003).

A Tabela 3 contém os valores nutricionais dos ingredientes utilizados para a composição das rações. Sendo que os valores referentes a produtos adquiridos em mercados dizem respeito à composição descrita nos rótulos dos mesmos.

Tabela 4 - Composição nutricional dos ingredientes utilizados para a composição das rações

Quantidade por porção (100g)	Amido de milho ⁴	Farinha de carcaça de tilápia ⁵	Farinha de milho ⁴	Farinha de trigo ⁴	Óleo de soja ⁴	Óleo extraído da carcaça ⁵	Whey Protein ⁴
Valor energético	361,000	444,099	364,000	356,000	830,700	831,530	380,000
Carboidratos	87,100	-	78,000	78,000	-	-	15,000
Proteínas	-	84,000	7,000	6,400	-	-	80,000
Lipídeos	-	12,011	2,000	1,400	92,300	92,392	-
Marca do produto	Maizena	-	Anchieta	Moinho Sul Mineiro	Liza	-	Granel

⁴ Dados obtidos por meio das informações contidas nos rótulos dos produtos.

⁵ Dados obtidos através de análises efetuadas pela autora.

As rações foram elaboradas semanalmente, de acordo com os valores estipulados no balanceamento para cada ingrediente. As rações foram homogeneizadas com o auxílio do multiprocessador de alimentos da Philips Walita (RI7636/81).

Figura 6 - Unidades experimentais prontas para o início do experimento



Fonte: Da autora (2020)

3.2.3 Condições de criação dos tenebrios

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Produtos, na Universidade Federal de Lavras – UFLA, seguindo as metodologias de OONICX (2015) e RIBEIRO (2017). O experimento foi conduzido em um ambiente aclimatizado com baixa luminosidade, utilizando uma estufa D.B.O. da marca Eletrolab regulada para $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ e um *datalogger* (HT-4000) para controle de umidade ($\text{UR } 70\pm 10\%$).

Os insetos foram obtidos 70 dias após a eclosão dos ovos, durante a fase larval, havendo a redução do potencial de morte decorrente do manuseio e mudança ambiental. Os *T. molitors* foram selecionados para os grupos de maneira aleatória e todos os insetos se encontravam em estágios de desenvolvimentos próximos. Os insetos de cada grupo foram colocados em potes plásticos transparentes (500mL), previamente higienizados com álcool 70% e com tampas perfuradas diversas vezes para circulação de ar.

Inicialmente, os insetos de cada grupo foram aclimatizados ao ambiente por um período de três dias, havendo a oferta da ração base em livre demanda e um pedaço de cenoura como fonte de umidade (Figura 7). Durante este período os insetos foram monitorados e repostos em caso de morte. No início do experimento averiguou-se o peso médio dos insetos em cada grupo. A ração foi trocada uma vez por semana, de forma a manter a relação de alimentação em livre demanda, ou seja, o peso total de ração é dobro do peso médios do *T. molitors* ao final da fase larval (1g).

Figura 7 - Insetos durante o experimento



Fonte: Da autora (2020)

Durante a troca de ração semanal, os insetos mortos e as cascas foram retirados, os *T. molitors* remanescentes foram pesados e contabilizados. A fonte de umidade foi trocada em períodos de 48 horas e optou-se pela colocação de um pedaço de algodão entre a cenoura e a ração para evitar a umidificação excessiva das rações.

Após as quatro semanas de condução do experimento, no qual os insetos totalizaram 101 dias do ciclo larval, os mesmos foram submetidos a um período de quarentena (48 horas) com alimentação restrita, composta somente pela fonte de umidade, para a limpeza dos intestinos. Durante a quarentena a temperatura local foi reduzida para 18°C, estimulando a redução metabólica e diminuição dos níveis de estresse dos insetos decorrente da ausência de ração (RIBEIRO et al., 2017).

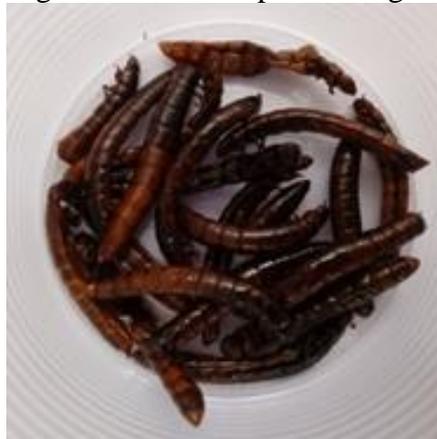
Ao final das 48 horas, os *T. molitors* passaram por um processo de branqueamento de 30 segundos (Figura 8), para a retirada de qualquer resíduo externo que tenha aderido ao corpo do inseto, em seguida, eles foram secos em estufa a 105°C (Figura 9) até a obtenção de peso constante (WEMANS, 2015). Após a secagem, os insetos foram convertidos em farinha com o auxílio de um multiprocessador de alimentos Philips Walita (RI7636/81). As farinhas foram armazenadas em sacos plásticos, embalados a vácuo e conservadas em um freezer horizontal (Consul, modelo CHA31EBANA) à -18°C.

Figura 8 - Insetos após o branqueamento



Fonte: Da autora (2020)

Figura 9 - Insetos após a secagem



Fonte: Da autora (2020)

3.2.4 Análises realizadas para avaliar o efeito das dietas no desenvolvimento dos insetos

Neste estudo, as análises realizadas foram focadas na taxa de sobrevivência dos insetos, seu desenvolvimento mediante a exposição a diferentes dietas e a conversão dos nutrientes presentes da ração na farinha produzida a partir desses insetos. A combinação destas três análises visa averiguar se a criação de tenebrios alimentados com ração adicionada de subproduto da indústria de alimentos (farinha da carcaça de tilápia) é viável.

3.2.4.1 Taxa de sobrevivência

A taxa de sobrevivência, ou a quantidade de insetos que se mantiveram vivos ao longo das quatro semanas do experimento, representam um fator importante no processo de análise da viabilidade da utilização das rações utilizadas. Isto porque um número elevado de mortes prematuras dos insetos representa a não adaptação da espécie as condições oferecidas.

Conseqüentemente ocorre a produção de quantidades menores de farinha de tenebrio e um baixo aproveitamento da ração ofertada.

Desta forma, o número de insetos vivos foi contabilizado em intervalos semanais. A aferição foi feita durante o processo de troca de ração, minimizando a movimentação desnecessária do pote e do habitat dos tenebrios. Esta medida foi tomada de forma a reduzir os níveis de estresse possíveis, que acarretariam em um aumento do número de mortes. A taxa de sobrevivência foi determinada em porcentagem.

3.2.4.2 Percentual de aumento de peso

O desenvolvimento foi medido através da pesagem semanal dos grupos de insetos, utilizando uma balança eletrônica. Esta aferição permite monitorar o crescimento dos insetos diante das diferentes dietas e sua adaptação ou não a mesma.

Para o cálculo do aumento de peso dos insetos, foi feita a média do aumento de peso individual de cada inseto, baseado no peso total de cada grupo dividido pela quantidade de insetos vivos. Em seguida esses valores foram convertidos para porcentagem, para facilitar a observação dos resultados, uma vez que o peso inicial de cada tratamento foi distinto entre os grupos estudados por conta da variação de peso de cada indivíduo utilizado.

3.2.4.3 Análises da composição nutricional das farinhas de tenebrio

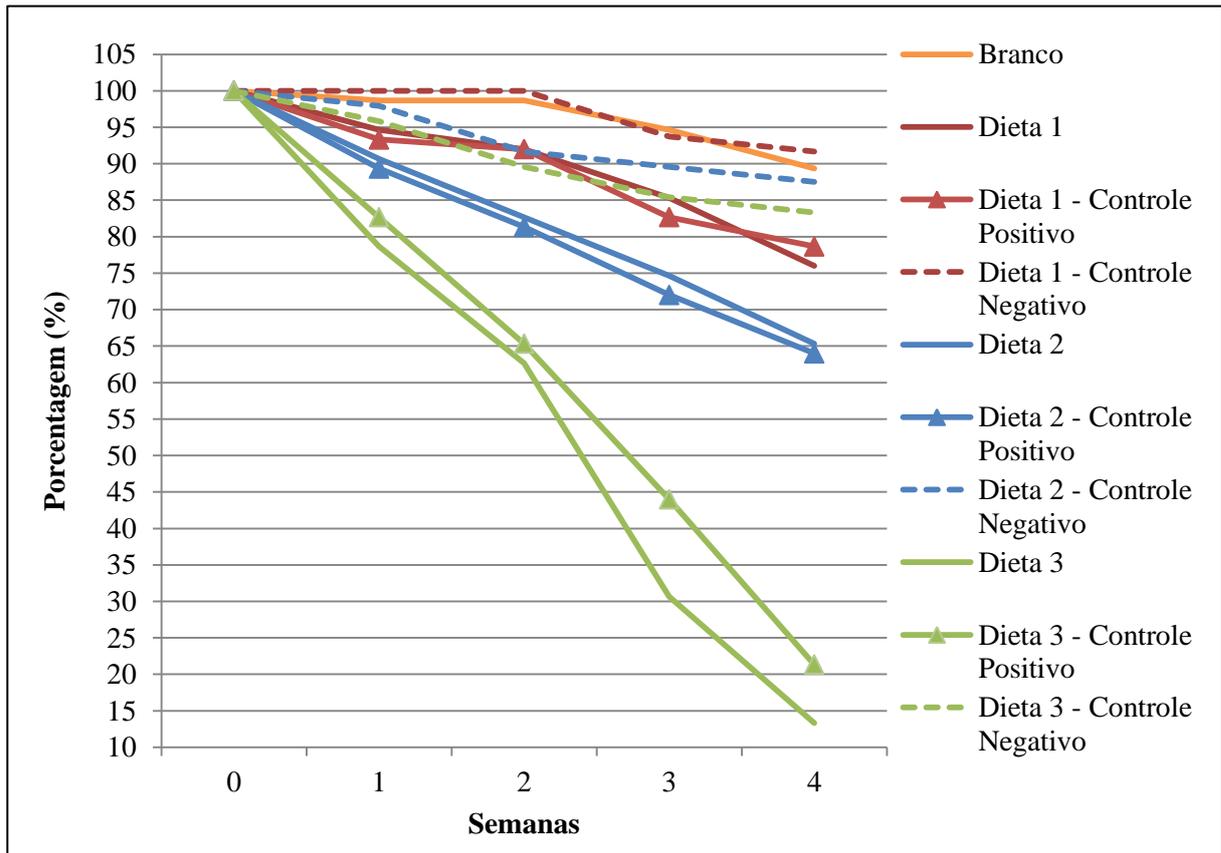
As análises de composição nutricional da farinha de cada grupo não foram determinadas neste trabalho em razão a situação pandêmica atual, que impossibilitou o acesso e utilização dos laboratórios para a realização das análises. Contudo, as farinhas de tenebrio foram armazenadas para análises futuras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percentual de Sobrevivência

Observa-se no Gráfico 1 a taxa de sobrevivência dos insetos em cada grupo.

Gráfico 1 - Percentual de sobrevivência média



Composição das rações: Branco – ração base; Dietas 1,2 e 3 – ração base, farinha de carcaça de tilápia, amido de milho; Controles Positivos – ração base, *whey protein*, óleo de soja; Controles negativos – ração base, gordura extraída da carcaça de tilápia, amido de milho. Porcentagem de acréscimo de proteína nas dietas: 10% - Dieta 1 e Controle Positivo (Dieta 1); 25% Dieta 2 e Controle Positivo (Dieta 2); 50% - Dieta 3 e Controle Positivo (Dieta 3). Fonte Da autora (2021).

Como é possível observar no Gráfico 1, todas as dietas com acréscimo de farinha de carcaça de tilápia ocasionaram em um índice de morte mais alto do que o obtido no grupo alimentado somente a ração base, a porcentagem de insetos vivos ao final do experimento para estas dietas foi: dieta 1 – 76,00%, dieta 2 – 65,33 % e dieta 3 – 13,33%. Desta forma, a relação entre a porcentagem de farinha de carcaça de tilápia presente nas dietas e o número de insetos mortos ao final do experimento é diretamente proporcional, ou seja, o aumento da quantidade desta farinha afetou negativamente no desenvolvimento dos insetos.

Contudo, a relação proteína: taxa de mortalidade, observada nos grupos com as dietas acrescidas de subproduto, foi também averiguada nos controles positivos, que tiveram a seguinte porcentagem de sobreviventes: c. positivo 1 – 78,67%, c. positivo 2 – 64% e c. positivo 3 – 21,33%. Sendo assim, é possível inferir que a adição de proteína, advinda tanto do subproduto quanto do *Whey protein*, foi similar, afetando negativamente o desenvolvimento dos insetos.

Um fator em comum entre as dietas e os seus respectivos controles positivos é a existência de concentrações lipídicas mais altas do que a presente no grupo branco, de forma que a presença de lipídeos poderia também ser um fator prejudicial ao desenvolvimento dos insetos. Entretanto, observa-se que os controles negativos, que possuem os mesmos teores de lipídeos que as dietas e controles positivos de seu grupo, obtiveram resultados de taxa de sobrevivência similares ao grupo alimentado com a ração “branco”.

A porcentagem de insetos vivos ao final do experimento nos controles negativos foi de: 91,67% – Dieta 1, 87,50% – Dieta 2, 83,33% – Dieta 3, enquanto o grupo branco obteve 89,33%. Sendo assim, em relação à sobrevivência de insetos, as rações com o acréscimo lipídico advindo da gordura extraída da carcaça de tilápia (controle negativo) são tão viáveis para a criação desta espécie quanto à ração baseada na alimentação natural do inseto.

Apesar das dietas com acréscimos proteicos não terem obtido resultados tão bons quanto dos controles negativos, a Dieta 1, que teve 76% de sobreviventes, demonstra que eventualmente pequenos acréscimos proteicos possam ser vantajosos caso afetem de maneira positiva a composição nutricional da farinha de tenebrio.

Vale ressaltar que todos os grupos estudados apresentaram algum nível de decaimento no número de insetos ao longo do experimento, provavelmente por questões como predação e competitividade. Em relação à predação, as larvas maiores e com maior peso tenderam a sobreviver em detrimento das larvas em estágio de desenvolvimento menor. Exemplos deste processo constam nas Figuras 10 a 12.

Este fato foi evidenciado nos grupos alimentados com as dietas proteicas, devido a não adaptação da espécie as rações fornecidas, ocasionando na morte dos insetos. Como consequência direta da incompatibilidade do *T. molitor* com a dieta, houve a predação dos insetos mais frágeis, averiguou-se a presença insetos mortos com partes visivelmente faltando e pedaços de insetos sem o restante do corpo.

Figura 10 - No centro da figura há metade de um inseto já morto, com um *T. molitor* vivo próximo



Fonte: Da autora (2020)

Figura 11 - No topo da figura há um inseto vivo, em frente a uma parte de um *T. molitor* morto



Fonte: Da autora (2020)

Figura 12 - Exemplo de insetos mortos e predados



Fonte: Da autora (2020)

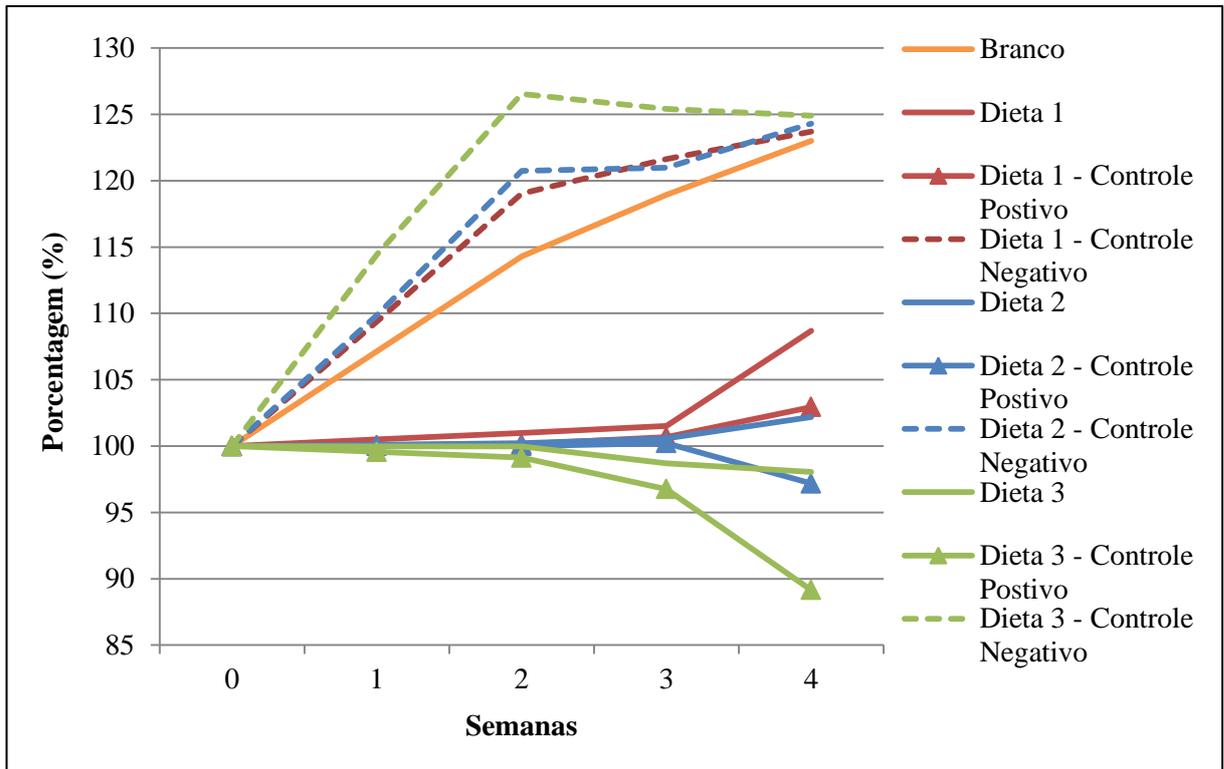
4.2 Percentual de aumento de peso

No Gráfico 2 observa-se a porcentagem de aumento de peso dos grupos de tenebrios alimentados com as rações com acréscimo de proteína advinda da carcaça de tilápia, seus respectivos controles e o grupo branco. Os valores apresentados representam o aumento de peso médio dos insetos de cada um dos grupos estudados, onde o peso total obtido a cada semana foi dividido pelo número de insetos vivos contabilizados.

O aumento da proporção de proteína na ração foi inversamente proporcional ao aumento do peso médio dos insetos, sendo que o desenvolvimento dos insetos alimentados com as dietas com o subproduto tiveram resultados semelhantes aos controles positivos. Desta forma, ao final do experimento os grupos alimentados com as maiores porcentagens de proteína, Dieta 3 e controle positivo 3, tiveram uma queda de 1,95% e 10,84% do peso dos insetos, respectivamente.

De maneira similar, na Dieta 2 houve um aumento de 2,19% do peso inicial e redução em relação ao peso inicial de 2,82% no controle positivo. Já a Dieta 1, houve um aumento de 8,68% do peso inicial e 2,94% para o controle positivo. Estes resultados são baixos quando comparados ao valor de 22,99% de aumento de peso obtido pelo grupo alimentado com a ração base, o que indica uma incompatibilidade entre as dietas fornecidas e a espécie de inseto.

Gráfico 2 - Percentual de aumento de peso



Composição das rações: Branco – ração base; Dietas 1,2 e 3 – ração base, farinha de carcaça de tilápia, amido de milho; Controles Positivos – ração base, *whey protein*, óleo de soja; Controles negativos – ração base, gordura extraída da carcaça de tilápia, amido de milho. Porcentagem de acréscimo de proteína nas dietas: 10% - Dieta 1 e Controle Positivo (Dieta 1); 25% Dieta 2 e Controle Positivo (Dieta 2); 50% - Dieta 3 e Controle Positivo (Dieta 3). Fonte Da autora (2021).

É possível observar que a porcentagem de peso da Dieta 3 (98,04%) e do controle positivo 2 (97,18%) são quase iguais, assim como a Dieta 2 (102,19%) se equipara ao controle positivo 1 (102,94%). Demonstrando que, apesar da adição dos dois tipos de proteínas utilizadas serem prejudiciais ao desenvolvimento desta espécie de inseto, a farinha de carcaça de tilápia obteve resultados ligeiramente melhores.

Na Figura 14 verifica-se que os controles negativos obtiveram os melhores resultados em relação ao aumento de peso médio dos insetos. Desta forma a adição da gordura extraída da carcaça de tilápia ocasionou o aumento do peso dos insetos, superando, inclusive, os valores obtidos pelo grupo de insetos alimentados com a ração base.

Além disso, a presença da fonte lipídica na dieta dos *T. molitors* fez com que houvesse um aumento de peso inicial acentuado, de maneira diretamente proporcional a porcentagem de gordura presente. Entre o início do experimento e a pesagem da segunda semana do experimento houve um aumento de: 19,02% – c. negativo 1, 20,72% – c. negativo 2 e 26,54% – c. negativo 3.

Após estas duas primeiras semanas em que houve um aumento acentuado no peso dos insetos, o crescimento da porcentagem de peso foi mais atenuado nos controles negativos 1 e 2, e ocorreu um leve decaimento no controle negativo 3. Este comportamento é possivelmente decorrente da aproximação do peso médio máximo que esta espécie alcança durante a fase larval (1g). Já que, por exemplo, durante a segunda pesagem (segunda semana) os insetos do controle negativo 3 obtiveram um peso médio de 0,918g (126,54%).

Sendo assim, as dietas com acréscimo lipídico possibilitaram um aumento de peso mais eficiente do que o que seria possível caso os insetos fossem alimentados somente com a ração base.

Durante as duas semanas seguintes do experimento, os três controles negativos convergiram a porcentagens de peso similares: 124,91% para o c. negativo 3, 124,29% para o c. negativo 2 e 123,70% para o c. negativo 1. Os pesos dos controles negativos ao final do experimento e do grupo “branco” ficaram próximos ao valor máximo esperado para a espécie na fase larval, sendo o maior valor obtido igual a 0,907g no grupo de controle negativo 3.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram que a utilização de dietas com aumento de proteína e lipídeos, seja advinda de um subproduto (farinha de carcaça de tilápia) ou de uma fonte de proteína de alta qualidade (*Whey Protein*), acarretaram menor ganho de peso que a ração padrão. Conclui-se, também, que houve redução da taxa de sobrevivência quando aumentou a porcentagem de farinha de carcaça de tilápia adicionada na ração.

Desta forma, a utilização da farinha de carcaça de tilápia para a composição de uma ração para a alimentação de tenebrios não foi viável, já que esta espécie de inseto aparenta não se adaptar bem a dietas altamente proteicas, independente da fonte de proteína utilizada.

Entretanto, a adição de gordura extraída da carcaça de tilápia na ração, parece ser viável. Isto porque os grupos que foram alimentados com ração adicionada de gordura da carcaça de tilápia apresentaram maior ganho de peso. Além disso, o rápido aumento de peso constatado durante as primeiras semanas demonstrou que a espécie utilizada é capaz de atingir o seu peso máximo de maneira mais rápida, quando alimentado com a ração dessa ração.

REFERÊNCIAS

- AOAC^a. Association Of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis**. Association Of Official Agricultural Chemists, 12th ed., v. 78, Washington, DD, 1970.
- AOAC^b. Association Of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis**. Association Of Official Agricultural Chemists, 16th ed, Washington, DD, 1995.
- AYIEKO, M. A.; ORIARO, V.; NYAMBUGA, I. A. Processed products of termites and lake flies: improving entomophagy for food security within the lake victoria region. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, Masseno, v. 10, n. 2, p. 2085-2098, 2010.
- BANJO, A. D.; LAWAL, O. A.; SONGONUGA, E. A. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, Ago-Iwoye, v. 5, p. 281-301, abr. 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, dez. 2003.
- CHIOCCHETTI, G. M. **Potencial de utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação**: estudo da disponibilidade de nutrientes. 2013. 103 p. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e no Meio Ambiente) - Universidade De São Paulo, Piracicaba, 2013.
- COSTA, N. L. Utilização de resíduos agropecuários e agroindustriais na alimentação animal. In: **Simpósio De Utilização De Subprodutos Agrindustriais E Resíduos De Colheita Na Alimentação De Ruminantes**, 2005, São Carlos. Anais... São Carlos: EMBRAPA-UEPAE, 2005.
- COSTA, S. M. **Proteínas de larvas de *Tenebrio molitor* (L. 1758)**: extração, caracterização e aplicação num produto alimentar. 2017. 79 p. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.
- DURST, P. B. et al. (eds.). Forest insects as food: humans bite back. In: **workshop on Asia-Pacific Resources and Their Potential for Development**, 2010, Bangkok. Anais... Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 2010, p. 189-200.
- EKPO, K. E.; ONIGBINDE A. O. Nutritional potentials of the larva of *Rhynchophorus phoenicis* (F). **Pakistan Journal of Nutrition**, Ekpoma, v. 4, n. 5, p. 287-290, 2005.
- ELEMO, B. O. et al. Chemical evaluation of african palm weevil, *Rhynchophorus phoenicis*, larvae as a food source. **Journal of Insect Science**, Lagos, v. 11, n. 146, p.11-146, abr. 2011.
- FEDERAL AGENCY FOR SAFERY OF THE FOOD CHAIN (FASFC). Food safety aspects of insects intended for human consumption. **Superior Health Council (SHC)**, Brussels, n. 9160, p. 1-23, set. 2014. Disponível em: https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19099421/Food%20safety%20aspects%20of%20insects%20intended%20for%20human%20consumption%20%28SHC%209160%29%20%28FASFC%20-%20Sci%20Com%202014-04%29.pdf> Acesso em: nov. 2020.

FERNANDES, T. M. **Aproveitamento dos subprodutos da indústria de beneficiamento do camarão na produção de farinha.** 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

FERNANDES, V. A. G. **Avaliação da qualidade da farinha de vísceras de aves de diferentes indústrias e épocas do ano.** 2011. 71 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, Phoenix, AZ, v. 21, p. 269-285, jun. 2002.

FITZSIMMONS, K. Tilapia: the most important aquaculture species of the 21st century. In: **Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture**, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: DPA/MA, 2000, p. 3-8.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). The state of world fisheries and aquaculture. **FAO**, Rome, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/i0250e/i0250e00.htm>>. Acesso em: nov/2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). The contribution of insects to food security, livelihood and environment. **FAO**, Rome, v. 1, n. 4, mai. 2013.

GALAN, G. L. **Farinha de carcaça de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos:** desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência óssea. 2010. 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

GASCO, L.; FINKE, M.; van HUIS, A. Can diets containing insects promote animal health?. **Journal of Insects as Food and Feed**, Wageningen, v. 4, n. 1, ago. 2018.

GHALY, A. E.; ALKOAİK, F. N. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, Dubai, v. 4, n. 4, p. 319-331, 2009. Disponível em: <<https://thescipub.com/pdf/ajabssp.2009.319.331.pdf>> Acesso em: nov/2019.

GUSTAVSSON, J. et al. Global food losses and food waste. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, Düsseldorf, p. 1-23, 2011.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 823-828, 2002.

HILDSORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, p. 73-78, 1995.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Ministério da Saúde, Brasília, DF, 1020 p., 2008.

JUNIOR, J. C. L.; FERREIRA, L. C. F.; PEDERIVA, K. A. Desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor* L. em diferentes dietas visando à produção de insetos para consumo

humano. **Connection Line - Revista Eletrônica Do Univag**, Várzea Grande, n. 18, p. 93-101, 2018.

KLASING, K. C. et al. Increasing the calcium content of mealworms (*Tenebrio molitor*) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, Davis, CA, v. 31, n. 4, 2000.

KUMAR, P. V. et al. Entomophagy: a viable opportunity for food security. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, New Delhi, v. 6, n. 10, p. 1135-1143, 2017.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (a) the upgrading concept; (b) practical implementarion. **Bioresource Technology**, New York, NY, v. 87, 2003.

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

MEEKER, D. L. North American rendering: processing high quality protein and fats for feed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, p. 432-440, 2009.

MIZANI, M.; AMINLARI, M.; KHODABANDEH, M. An effective method for producing a nutritive protein extract powder from shrimp-head waste. **Food Science and Technology International**, Tehran, v. 11, n.1, p. 49-56, fev. 2004.

MORAES, M. A. C. et al. Quantificação de proteínas em suplementos alimentares denominados *Whey protein* fabricados em território nacional, **Revista Interdisciplinar de Ciências Médicas**, 201?, Teresina. Anais... Teresina, PI: Revista Interdisciplinar de Ciências Médicas, 201?, p. 1-5.

MORAIS, M. C. **Desenvolvimento e caracterização físico-química de farinha a base de tenébrio (*Tenebrio molitor* L.)**. Cuiabá: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Mato Grosso, 2015.

MORALES-RAMOS, J. A. et al. Impact of adult weight, density, and age on reproduction of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Entomological Science**, Maryland, v. 47, n. 3, p. 208-202, 2012.

MORALES-RAMOS, J. A. et al. Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. **Environmental Entomology**, Maryland, v. 40, n. 5, p. 94-1285, out. 2011.

NAYLOR, R. L. et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, London, v. 405, p. 1017-1024, 2000.

OONINCX, D. G. A. B. et al. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **PLoS ONE**, Wageningen, v. 5, n. 12, dez. 2010.

OONINCX, D. G. A. B.; DIERENFELD E. S. An investigation into the chemical composition of alternative native invertebrate prey. **Zoo Biology**, Wageningen, v. 31, n. 1, p. 40-54, 2012.

ORR, R. T. **Biologia dos vertebrados**. São Paulo: Roca, 5 ed., p. 7-27, 1986.

PAOLETTI, M. G.; DUFOUR D. L. Edible invertebrates among amazonian indians: a critical review of disappearing knowledge. **Ecological Implications of Minilivestock**, Enfield, NH, v. 2, 648 p. 2005.

PIMENTEL, D. et al. Energy and land constraints in food protein production. **Science**, Cornell, v. 190, n. 4216, p. 754-761, nov. 1975. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1741584>>. Acesso em: nov. 2020.

PREMALATHA, M. et al. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 9, p. 4357-4360, 2011.

PURVES, W. K. et al. **Life: the science of biology**. Ligonier: Sinauer Associates and W. H. Freeman, 7th ed., v. 23, 2003.

RIBEIRO, Z. A. **Dieta artificial e metodologia de criação massal para o bem-estar de *Helicoverpa armigera***. 2017. p. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Potential and challenge of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food science and Emerging Technologies**, Potsdam, v. 17, p. 1-11, 2013.

SCARAFFIA, P. Y.; MIESFELD R. L. **Insect biochemistry/hormones**. Encyclopedia of Biological Chemistry, Tucson, AZ, 2nd ed., p. 590-595, fev. 2013.

SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, Rio Grande, RS, v. 6, n. 2, jan. 2003.

SOUZA, P. C.; TELLES, B. R. Ciclo de vida das larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera), sob diferentes dietas. In: **XX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA - CNPq/FAPEAM**, n. 20, 2011, Manaus. Anais... Manaus: INPA, 2011, p. 1-3.

SPANG, B. **Insects as food: assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*)**. 2013. 76 p. Dissertação (Master of Environmental Studies) - The Evergreen State College, Olympia, WA, 2013.

TIENCHEU, B.; WOMENI, H. M. Entomophagy: insects as food. **In Tech Open**, Buea, v.1, cap. 10, p. 233-249, abr. 2017. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/insect-physiology-and-ecology/entomophagy-insects-as-food>>. Acesso em: jan. 2020.

VALENTE, J. M. L. D. **Subprodutos alimentares: novas alternativas e possíveis aplicações farmacêuticas**. 2015. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, PT, 2015.

van HUIS, A. Edible insects and research needs. **Journal of Insects as Food and Feed**, Wageningen, v. 3, n. 1, p. 3-5, 2017.

van HUIS, A. et al. Edible insects: future prospects for food and feed security. **Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO), Rome**, v. 171, p. 1-201, 2013.

VANTOMME, P.; GÖHLER, D.; N'DECKERE-ZIANGBA, F. Contribution of forest insects to food security: the example of the central African Caterpillars. **Unasylva 236 - The Contribution of Forest Insects to Food Security (FAO)**, Rome, v. 61, p. 19-21, 2004.

VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Instituto de Pesca**, São Paulo, out. 2006. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/producao_caracterizacao.pdf>. Acesso em: jan. 2020.

WEMANS, M. P. C. C. **Insetos comestíveis- avaliação nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar Ramo de Processamento dos Alimentos) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

YANG, Y. et al. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental Science and Technology**, Beijing v. 49, n. 20, set. 2015.