

PATRÍCIA MIRANDA LOPES

**FARINHA DE INSETOS COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
FRANGOS DE CORTE**

TERESINA, 2019

PATRÍCIA MIRANDA LOPES
ZOOTECNISTA

**FARINHA DE INSETOS COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração: Produção Animal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Leilane Rocha Barros Dourado

TERESINA, 2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

L864f Lopes, Patrícia Miranda
Farinha de insetos como fonte proteica em dietas para frangos de corte. / Patrícia Miranda Lopes - 2019.
61 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Teresina, 2019.
Orientação: Prof^a. Dr^a. Leilane Rocha Barros Dourado

1. Alimento alternativo 2. *Tenebrio molitor* 3. *Gryllus assimilis*
4. *Hermetia illucens* 5. Avicultura I. Título.

CDD 636.085 2

**FARINHA DE INSETOS COMO FONTE PROTEICA EM DIETAS PARA
FRANGOS DE CORTE**

PATRÍCIA MIRANDA LOPES

Dissertação Aprovada em: 11/03/2019

Banca Examinadora:

Leilane Rocha Barros Dourado

Prof.^a Dr.^a. Leilane Rocha Barros Dourado (Presidente) /CPCE/UFPI

Fauzarij

Vanessa Karla Silva (Externo) Embrapa- Meio Norte

Nilva

Nilva Kazue Sakomura (Externo) UNESP

A Deus.

Aos meus pais,

Joaquim e Luzia

Por todo amor, ensinamentos, dedicação e incentivo

Às minhas irmãs,

Valdirene e Jaqueline,

Pelo carinho e amizade

Aos **mestres,**

Que muitos contribuíram com minha formação;

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, o senhor da minha vida, pelas bênçãos concedidas e por sempre iluminar o meu caminho e presença constante em minha vida, aos meus pais, Joaquim Pereira Lopes e Luzia Miranda da Silva Lopes pela educação que me serviu de base, às minhas irmãs, Valdirene Miranda Lopes e Jaqueline Miranda Lopes, pelo apoio, companhia, confiança e força.

A minha orientadora Prof. Dr^a. Leilane Rocha Barros Dourado por tudo o que representa em minha vida, pelo conhecimento, pelo profissionalismo, pelas palavras de incentivo, por permitir-me conhecer ainda mais a pessoa alegre, extrovertida, agradável, competente e dedicada que és. Agradeço acima de tudo pela paciência e pelos esclarecimentos.

A amiga que Deus colocou em minha vida Francisca Luana de Araújo Carvalho, pela amizade, confiança e por batalharmos juntas em todas as etapas da pesquisa, dando incentivo e apoio obrigado por tudo.

A todos os integrantes do Grupo GENPAS, que contribuíram fortemente, pelo auxílio na condução do experimento, faltam-me palavras para agradecê-los, agradeço especialmente ao amigo Reneton de Sousa Gomes, a quem tive a honra de conhecer e construir uma amizade não tenho palavras para agradecer tudo o que fez por mim, levarei sua amizade e carinho por toda a vida; agradecimento especial também a amiga Francinete Alves pelo apoio na execução da pesquisa e análises laboratoriais.

À Dr^a. Vanessa Karla Silva por todo apoio e incentivo dado durante toda a execução do experimento, pelas orientações e pelos ensinamentos.

A minha grande amiga e irmã de coração Aline Silva por sempre me receber em sua residência em Bom Jesus pela amizade e palavras encorajadoras muito obrigada minha amiga e a todo o pessoal da Família Adammes rrsrrsrs, vocês são especiais.

À Universidade Federal do Piauí- UFPI, Campus Universitário Ministro Petrônio Portella pela oportunidade de realização do curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e a CAPES, pelo apoio financeiro por meio de concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas, professores e funcionários do laboratório de Anatomia animal da UFPI-CPCE, de Bom Jesus em especial a Ranusce de Santis, Rafael Lavor, Regina e Cristina, pela amizade, pelas palavras de aconselhamento e por todo apoio.

Ao Colégio Técnico de Bom Jesus, no Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), Bom Jesus, PI, situado na Universidade Federal do Piauí por nos dar suporte técnico e nos ceder toda infraestrutura para o desenvolvimento de pesquisa. A FAPEPI pela concessão da bolsa DCR; a EMBRAPA e ao LAVINESP.

A todos os professores do Curso de Mestrado em Ciência Animal, pela amizade e pelos ensinamentos.

Que DEUS abençoe cada um de vocês.

Muitíssimo obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Ingredientes alternativos na produção de frangos de corte.....	13
2.2 Considerações gerais sobre os Insetos	14
2.3 Farinha de insetos na alimentação animal.....	15
2.4 Principais Insetos utilizados na alimentação animal.....	18
3 CAPÍTULO I - Farinhas de insetos na alimentação de frangos: Composição química e digestibilidade dos nutrientes.....	24
4 CAPÍTULO II – Farinha de Larvas de <i>Hermetia Illucens</i> como fonte de proteína para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade	33
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	53
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido para avaliar farinhas de insetos como fontes proteicas alternativas, nas dietas de frangos de corte, foram realizados dois experimentos. O experimento 1, foi realizado para determinar a digestibilidade das farinhas de insetos: larvas de tenébrio e ninfas de grilo preto. Foram utilizadas 63 aves, da linhagem Ross, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. Composto por três dietas, sete repetições. Os tratamentos foram obtidos pela substituição de 20% de cada farinha a dieta referência. Foi utilizado o método de coleta total de excretas. O conhecimento da composição química e digestibilidade da farinha de tenébrio e de ninfas de grilo preto, indicam que as mesmas podem ser substituídas como fonte de energia e proteína em dietas para frangos de corte. O segundo experimento foi realizado com a farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI). Em que Foram realizados dois ensaios, no primeiro, foram utilizados 42 frangos da linhagem Ross, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Foi formulada uma dieta referência, para atender as exigências dos animais em uma dieta teste com substituição de 20% da farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI) à dieta referência. Foi utilizado o método de coleta total de excretas para determinação da energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes da farinha. Para o ensaio de desempenho foram utilizados 140 frangos de corte machos, da linhagem Ross. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos, 5 repetições, 7 aves por unidade experimental. O qual foi conduzido para as determinações do desempenho, digestibilidade, bem como a morfometria intestinal das aves, as rações continham 5%, 10 % e 15% da farinha de larvas de *Hermetia illucens* em substituição ao farelo de soja. A Farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI), apresenta elevada concentração em nutrientes e alta digestibilidade aparente para gordura e energia. A substituição de até 15% farinha de larvas de *Hermetia illucens* por farelo de soja em rações para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias não prejudica o desempenho dos animais e melhora a digestibilidade de alguns nutrientes. O uso da farinha de larvas de *Hermetia illucens* como substituto do farelo de soja tem potencial para ser usado como fonte de proteína na alimentação de frangos de corte.

ABSTRACT

This work was developed to evaluate insect meal as alternative protein sources, in the diets of broilers, two experiments were carried out. Experiment 1 was carried out to determine the digestibility of insect flies: tenébrio larvae and black cricket nymphs. Sixty - three birds of the Ross lineage were used in a completely randomized design. Comprising three diets, seven replicates. The treatments were obtained by replacing 20% of each flour with the reference diet. The total excreta collection method was used. The knowledge of the chemical composition and digestibility of the flour of tenébrio and nymphs of black cricket, indicate that they can be substituted as a source of energy and protein in diets for broilers. The second experiment was carried out with the larvae meal of *Hermetia illucens* (FLHI). Two trials were carried out, in the first one, 42 Ross broilers were used, distributed in a completely randomized design. A reference diet was formulated to meet the requirements of the animals in a test diet with replacing of 20% of the *Hermetia illucens* larvae meal (FLHI) to the reference diet. The method of total excreta collection was used to determine the metabolizable energy and digestibility of the nutrients of the flour. For the performance test, male broilers of the Ross lineage were used. A completely randomized design was used, with 4 treatments, 5 replicates, 7 birds per experimental unit. The diets contained 5%, 10% and 15% of the larvae meal of *Hermetia illucens* in replacement of the soybean meal, which was conducted for determination of performance, digestibility and intestinal morphometry. The larvae flour of *Hermetia illucens* (FLHI), presents high concentration in nutrients and high apparent digestibility for fat and energy. The replacement of up to 15% *Hermetia illucens* larvae meal by soybean meal in rations for broilers in the 1 to 21 days stage does not affect the performance of the animals and improves the digestibility of some nutrients. The use of *hermetia illucens* larvae meal as a substitute for soybean meal has the potential to be used as a source of protein in the feeding of chickens.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A avicultura brasileira encontra-se entre as mais eficientes do mundo, devido à alta tecnologia de produção, avanços nas áreas de melhoramento genético, boas práticas de manejo, ambiência das instalações, sanidade e nutrição (Patrício et al., 2012). Na avicultura atual, a alimentação representa maior percentual do custo de produção. Desta maneira, pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de determinar as melhores opções de utilização de alimentos como fontes de energia e proteína, os quais devem propiciar um bom desempenho produtivo das aves reduzindo o custo de alimentação e resultando conseqüentemente em maior lucratividade ao produtor (NASCIMENTO., et al 2005).

Ao se formular uma ração, é importante conhecer a composição em nutrientes dos alimentos a serem utilizados, a partir de análises química, física ou biológica dos mesmos, visando maximizar a produtividade e a rentabilidade do setor (Brumano et al., 2006).

Sabe-se que as dietas de frangos de corte são constituídas basicamente por milho e farelo de soja, considerados ingredientes convencionais. Os alimentos alternativos geralmente são utilizados em substituição parcial ou total desses ingredientes, no entanto, de acordo com Ribeiro, Henn e Silva (2010), o possível uso dos alimentos alternativos na alimentação dependerá do reconhecimento das suas potencialidades e restrições, de modo a manterem produtividade e possibilitarem redução dos custos de produção, com reflexos diretos sobre a viabilidade e lucratividade, não esquecendo da sua disponibilidade.

A produção de alimentos para a alimentação animal passou por uma evolução visível nos últimos anos, tendo crescido a produção e, conseqüentemente, gerando maior demanda por matéria prima de fontes proteicas. A farinha de inseto visa uma produção mais sustentável, gera menor competição de matéria prima de consumo humano, e além de possuir elevado valor nutricional, ainda são apresentadas como uma alternativa promissora pelo seu benefício para o ambiente. Eles podem ser usados como ingrediente alimentar na produção de proteína animal. Sendo assim, os mesmos podem indiretamente servir como fontes de proteína para humanos, deste modo, pode ser usado na formulação de alimentos para animais como frangos de corte, suínos e peixes (RAMOS-ELORDUY et al., 2002).

No entanto, existem poucos relatos do consumo de farinha de insetos por animais, dessa forma, tornam-se necessárias pesquisas que avaliem o potencial de substituição de farinha de insetos em dietas para frangos de corte. Portanto, este trabalho foi realizado

para avaliar se farinhas de insetos funcionam como fontes proteicas alternativas na dieta de frangos de corte.

Esta dissertação foi estruturada da seguinte forma: 1) Introdução, redigida conforme a Resolução 001/03-Coordenação do Curso de Mestrado em Ciência Animal (CCMCA), de 22/05/2003, que estabelece as normas editoriais do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí; 2) Referencial Teórico; 3) Capítulo 1 – artigo científico intitulado: “Farinhas de insetos na alimentação de frangos: Composição química e digestibilidade dos nutrientes”, redigido de acordo com as normas editoriais do Periódico revista Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB, ao qual será submetido para publicação; 4) Capítulo 2 – artigo científico intitulado: “Farinha de Larvas de *Hermetia Illucens* como fonte de proteína para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade”, elaborado conforme as normas da revista PLOS ONE, ao qual será submetido para publicação; 5) Considerações Gerais; 6) Referências Bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ingredientes alternativos na produção de frangos de corte

Dentre os custos de produção da atividade avícola, a alimentação tem maior representatividade, sendo fator preocupante para os produtores e nutricionistas, que visam alta produtividade e menores custos. O milho e a soja são as matérias-primas mais utilizadas na formulação de ração para frangos de corte, como alimento energético e proteico respectivamente, no entanto nos períodos de entressafra em que ocorre a escassez dos grãos, os preços se elevam, aumenta a competitividade por serem ingredientes consumidos tanto pelo homem quanto pelos animais e a sua disponibilidade torna-se variável em determinadas épocas do ano, provocando aumento na demanda e consequente elevação do preço de mercado, encarecendo a produção (RIBEIRO; HENN; SILVA, 2010).

Nesse contexto, inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de avaliar e consolidar a utilização de alimentos alternativos que possam substituir total ou parcialmente o milho e a soja, atendendo às exigências dos animais nas suas diferentes fases de produção, sem influenciar negativamente no desempenho produtivo dos mesmos (NASCIMENTO et al., 2005).

Com o valor agregado e a disponibilidade limitada no futuro de matérias primas de fontes proteicas, como farelo de soja, tem-se a necessidade da introdução de fontes alternativas, como a utilização de insetos na alimentação de animais (Makkar et al., 2014). Desta forma, buscar alternativas para reduzir os custos de produção, sem prejudicar o desempenho zootécnico é um grande desafio. A utilização de farinha de inseto pode ser uma alternativa viável, se produzida em larga escala, uma vez que tem alto valor nutritivo comparado a outros alimentos alternativos. Larvas de insetos produzem, em média, 54% de proteína, sendo bom parâmetro para utilização como fonte proteica em rações para animais de produção (HWANGBO et al., 2009; TEGUIA et al., 2002).

Na alimentação animal os insetos são classificados como concentrado proteico, devido a elevada porcentagem de proteína na sua matéria seca, podendo substituir ingredientes como farinha de carne e ossos, de vísceras de frango, de peixe, farelo de soja e de canola, e os demais ingredientes utilizados para este fim em produção de alimentos para animais. Segundo Van Huis et al. (2014) além de serem ricos em proteínas de um elevado valor biológico, os insetos também são excelentes fontes de gordura, minerais e

fibras, sendo que os minerais que se destacam em quantidade são: cobre, ferro, magnésio, fósforo, selênio e zinco, porém há variação entre as espécies. O índice de cálcio é baixo em algumas farinhas, tendo necessidade de suplementação na dieta (MAKKAR et al., 2014).

De acordo com Sanchez-Muros et al., (2014) as composições proteicas das fontes de insetos são equivalentes ou superiores à composição proteica da soja em relação a composição de aminoácidos essenciais, e quando comparados ao farelo de soja e a farinha de peixe apresentam baixa quantidade de histidina, lisina e triptofano. Estes aminoácidos podem ser suplementados na dieta para o melhor desempenho do animal (Makkar et al., 2014), em contrapartida, a farinha de insetos é superior, em comparação com o farelo de soja, em metionina e tirosina (VELDKAMP et al., 2012).

2.2. Considerações gerais sobre os Insetos

Os insetos são seres vivos invertebrados que pertencem ao reino Animália, ao filo Arthropoda, ao subfilo Hexapoda e à classe Insecta. Os insetos apresentam, além das características comuns a todos os artrópodes, como corpo segmentado, com os segmentos agrupados em três regiões distintas: cabeça, tórax e abdômen, revestimento por um exoesqueleto contendo quitina, armadura bucal projetada para fora da cavidade oral, aparelho digestivo tubular, aparelho circulatório aberto constituído por um vaso dorsal com aberturas para a cavidade geral do corpo e cordão nervoso ventral, características diferenciadoras da classe insecta (PASSOS DE CARVALHO., 1986).

Segundo a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos -European Food Safety Authority- EFSA (2015), atualmente, são documentadas mais de 2.000 espécies de insetos comestíveis, a maioria são de países tropicais, e os mais comuns são das ordens: *Coleoptera* (besouro), *Lepidoptera* (lagartas de borboletas e mariposas), *Hymenoptera* (abelhas, vespas, formigas), *Orthoptera* (gafanhotos, grilos, térmitas), *Hemiptera* (cigarra, percevejos, insetos de escala), *Odonata* (libélulas) e insetos da família *Diptera* (moscas). O comitê científico ainda cita que as principais espécies de insetos comerciais são: Tenébrio molitor (*Tenebrio molitor*), cascudinho (*Alphitobius diaperinus*), grilo doméstico (*Acheta domesticus*), grilo africano (*Gryllus bimaculatus*), mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), gafanhotos (*Locusta migratória*), bicho de seda (*Bombyx mori*), tenébrio gigante (*Zophobas morio*), mosca comum (*Musca doméstica*). Cerca de 31% desse consumo corresponde a espécies da ordem Coleoptera, 18% de Lepidoptera,

14% de Hymenoptera, 13% de Orthoptera, 10% de Hemiptera, 3% de Dictyoptera, 3% de Odonata, 2% de Diptera (HALLORAN & VANTOME, 2013).

Além da proteína, os insetos podem fornecer outro produto muito valioso que é a quitina. A quitina é o principal constituinte do exoesqueleto de insetos. É um polímero linear biodegradável não tóxico. Recentes estudos demonstraram que a quitina tem efeitos complexos e dependentes do tamanho em respostas imunes (Lee et al., 2008). A quitina tem propriedades estimuladoras do sistema imunológico e ingestão de quitina, sendo parte da fração insolúvel do inseto, poderia melhorar o estado imunológico dos animais. É o segundo polímero mais abundante no mundo depois da celulose. A quitina é insolúvel em água, ácidos minerais diluídos e a maioria dos solventes orgânicos. Isto tem baixa reatividade e baixa processabilidade (VELDKAMP et al., 2012).

Atualmente, os alimentos do mar, como caranguejos ou camarões, são a principal fonte industrial de quitina. Avaliação dos potenciais usos de quitina de inseto vale a pena considerar como um produto paralelo de alto valor. A quitina pode ser processada em quitosana. Para a quitosana, muitas aplicações são possíveis. Por exemplo, é usado nas indústrias cosméticas, farmacêuticas, têxteis, de papel ou de águas residuais. Produção de quitina a partir de resíduos de insetos após a extração de proteínas é uma nova área. A extração de quitina pode ser realizada usando dois métodos. Uma primeira opção é a desmineralização seguida de desproteíntização usando NaOH e HCl. Também procedimentos de extração biológica são possíveis, sendo fermentação ou extração assistida por enzimas (VELDKAMP et al., 2012).

A quitina pode ser digerida pela enzima quitinase. Tem sido relatado que frangos de corte podem secretar quitinase na moela (Han et al., 2000). Nenhuma informação foi encontrada para a síntese de quitinase ou secreção de suínos, apesar de sua microbiota intestinal ter produzido enzimas quitinolíticas (SIMUNEK et al., 2001).

Visto que são muitas as causas que levam ao consumo de insetos. Até agora podem identificar-se duas das razões, para além da palatabilidade que levam à ingestão dos mesmos: o valor nutricional e as questões socioeconômicas. De fato, os insetos já fazem parte de muitas dietas, constituindo uma alternativa aos convencionais alimentos de origem animal, pela sua riqueza em proteína, gordura e alguns minerais (VAN HUIS et al., 2013).

2.3 Farinha de insetos na alimentação animal

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2011) sugeriu, por meio de um relatório, o consumo de insetos para combater a fome, melhorar a nutrição e reduzir a poluição. A sugestão de consumir insetos se justifica devido ao aumento da renda de países populosos como China e Índia, o que gera maior demanda por dietas ricas em carne e ao crescimento populacional, que pode atingir a nove bilhões em 2050 (Van Huis et al., 2013). Porém a maioria da população tem baixa aceitabilidade de insetos na alimentação. Costa Neto (2003) afirma que a aversão pelo consumo de insetos, é alimentada pelos comerciais de televisão que convidam ao uso indiscriminado de inseticidas. Mas para sobrepor este problema, a FAO (2011) sugere a utilização de insetos desidratados, na forma de farinhas de insetos, inteiros ou reidratados na produção de alimentos para animais.

Com o valor agregado e a disponibilidade limitada no futuro de fontes proteicas, como farelo de soja e farinha de peixe, tem-se a necessidade da introdução de fontes alternativas, como a utilização de insetos na alimentação de animais (MAKKAR et al., 2014).

O preço de custo atual dos insetos é 12 vezes maior que o da farinha de peixe. Porém uma redução do preço é possível através de: Redução dos custos de alimentação; o uso de biomassa barata de baixo teor; Redução dos custos de mão de obra por meio de mecanização, automação e logística; O uso de espécies de insetos ricos em proteínas altamente produtivas; Diminuição dos custos de processamento, como liofilização (VELDKAMP et al., 2012).

Levantamento feito por Makkar et al. (2014) informa que existem alguns estudos com a utilização de insetos na nutrição animal, dentre eles 36 experimentos com frangos de corte, 24 estudando alimentação dos animais com dietas a base de mosca doméstica e 12 com alimentação dos animais baseada em farinha de bicho da seda. Foi relatado entre os estudos, também, a possibilidade da substituição de 100% da farinha de peixe, farelo de soja e amendoim pela farinha de insetos.

Segundo a FAO (2012) o setor de maior expansão, na produção de proteína de origem animal, é a piscicultura, e a maioria dos estudos feitos com a introdução de proteína de insetos na alimentação animal foi neste setor, pois os insetos já fazem parte da cadeia alimentar destes animais (Van Huis et al., 2015). Na substituição de 25 a 50% de farinha de peixe, por dois diferentes insetos, em dietas de truta arco-íris, foi observado menor ganho de peso (Pimentel et al., 2004). Já em outro estudo com salmão, onde foi

substituído 100% da farinha de peixe por diferentes insetos na sua dieta, não observou diferenças em ganho de peso e desempenho dos animais (LOCK et al., 2016).

Existem poucas informações de digestibilidade da farinha de insetos. Pretorius (2011) relatou que as pulpa das moscas são mais digestíveis que as larvas. Foi observado valor maior que 90% de digestibilidade nas pulpas de larvas, em frangos de corte. Em estudo com suínos, foi relatado maior digestibilidade nas dietas com mosca do soldado negro do que em dietas a base de farelo de soja (Newton et al., 1977). A classe de insetos abriga a maior variedade de espécies do mundo, incluindo espécies que fornecem uma quantidade de proteína de alta qualidade e conteúdo de aminoácidos sulfurosos, que pode ser explorado com sucesso como alimento para aves (JOZEFIAK et al., 2016).

Os insetos em todos os estágios da vida são fontes ricas de proteína animal (Bovera et al., 2015). Até agora, os principais esforços de pesquisa concentraram-se na larva de *Tenebrio molitor*, a larva e a pupa da mosca doméstica (*Musca domestica*), a mosca do soldado negro (*Hermetia illucens*) e as famílias de insetos pertencentes à ordem Orthoptera incluindo gafanhotos e grilos (HELM et al., 1990).

A concentração de nutrientes dos insetos depende do estágio da sua vida, bem como das condições de criação e da composição dos meios de crescimento utilizados para a produção de insetos (Makkar et al., 2014). Algumas espécies de insetos fornecem altas concentrações de aminoácidos, por exemplo, as lagartas de *Saturniidae*, possuem um teor de lisina maior do que 100 mg / 100 g de proteína bruta (Bukkens, 2005). A maioria dos experimentos publicados até o momento foram realizados com frangos de corte alimentadas com larvas de mosca doméstica. Os resultados mostraram que larvas de mosca doméstica podem ser adicionado em níveis dietéticos aproximados de 25% de matéria seca, sem efeitos negativos sobre ganho de peso, consumo de ração e eficiência de alimentar (PRETORIUS, 2011).

Os insetos são também uma considerável fonte de gordura. Além da notável quantidade verificada nas várias ordens de insetos, entre os 13% e os 33% de matéria seca (Rumpold e Schluter, 2013), o teor lipídico dos insetos comestíveis apresenta um valor adicional referente aos seus ácidos graxos. Geralmente no estado de larva, os insetos contêm maior quantidade de gordura do que no estado adulto (Cerritos, 2009). Por sua vez a composição em ácidos graxos está relacionada com as plantas que servem de nutrientes para os insetos. A gordura insaturada presente é, no entanto, um fator limitante

na conservação e processamento de produtos contendo insetos, uma vez que é passível de sofrer reações de oxidação (VAN HUIS et al., 2013).

Considera-se que a maior parte da fibra presente esteja na forma de quitina, que é constituinte principal do exoesqueleto dos insetos. Pensa-se também que a quitina seja indigesta, especialmente nos países ocidentais. No entanto, em países tropicais, devido ao maior hábito de ingestão de insetos, esta pode ser degradada, com produção de N-acetilglucosamina, assimilável pelo organismo. A degradação é catalisada pela quitinase (Paoletti et al., 2007). Mas outros estudos revelam que o conteúdo de fibra, presente nos insetos, seja constituído não só por quitina, mas também por quantidades significativas de aminoácidos que fazem parte de proteínas de estrutura.

Não sendo por isso imprescindível que insetos com um exoesqueleto mais rígido contenham mais quitina do que os insetos mais macios (Finke, 2007). Segundo Finke (2007) as espécies *A. domesticus* (adultos) e *T. molitor* (larvas gigantes) contêm teores de quitina de 67,6 mg/kg e 55,7 mg/kg respetivamente, sendo que os adultos da espécie *T. molitor* contêm muito maior quantidade e as ninfas *A. domesticus* valores ligeiramente superiores. Embora existam bastantes dados relativos à composição dos insetos em fibra, os mesmos foram resultados de métodos muito distintos, pelo que não é viável a comparação entre eles.

Portanto farinhas de insetos apresentam-se, como uma potencial forma de alimento para animais, contendo, como fonte de proteína, um perfil de aminoácidos adequado e teor de gordura elevados. Apesar dos estudos feitos comprovarem o seu potencial como ingrediente em rações, a introdução dos insetos na cadeia de rações alimentares requer mais estudos, pesquisa e legislação (SÁNCHEZ-MUROS, et al., 2014).

2.4 Principais Insetos utilizados na alimentação animal

A *Hermetia illucens* é uma mosca (Diptera) da família Stratiomyidae. Embora originariamente nativa das Américas, agora ocorre em todo o mundo em regiões tropicais e temperadas (Sheppard et al., 1994). É uma espécie extremamente resistente capaz de lidar com exigentes condições ambientais, como a seca, falta de alimentos ou deficiência de oxigênio (Diener et al., 2011). As larvas de *Hermetia illucens* são uma fonte de alimentação de alto valor, rica em proteínas e gorduras, Eles contêm cerca de 40-44% de proteína bruta (MAKKAR et al., 2014).

A criação de *H. Illucens* tem sido proposta desde a década de 1990 como uma maneira eficiente de eliminar resíduos orgânicos convertendo-os em uma biomassa rica em proteínas e rica em gordura, adequada para várias finalidades, incluindo alimentação animal (DIENER et al., 2011; VAN HUIS et al., 2013).

O desenvolvimento consiste em quatro etapas: ovo, larva, pupa e adulto. O estágio larval dura 14 dias ou mais e envolve várias etapas, resultando finalmente no estágio prepupa. A fase de pupa dura 10-14 dias (Sheppard et al., 2002). Os adultos acasalam 2 dias após emergir e as fêmeas põem ovos 2 dias depois.



FIGURA 1 - Ciclo de vida da *Hermetia illucens* Fonte: Via Orgânica.org 2018

Os ovos são em geral ovais, alongados, de coloração branca leitosa e depositados em grande quantidade, demoram em média de 5 a 14 dias para eclodirem, dependendo da temperatura ambiente (Oliveira, 2011). As larvas passam por 6 instares, nos primeiros apresenta coloração amarelada e nos estágios mais avançados, apresenta cerca de 3cm, corpo achatado, cutícula bastante resistente e de coloração parda escura (FERRARI et al., 2009).

A mosca soldado negro não é considerada uma praga porque não é atraída para habitats humanos ou alimentos em seu estágio adulto. O inseto adulto não precisa se alimentar, uma vez que sobrevive da gordura corporal armazenada durante o estágio larval, durante o qual é um consumidor voraz de matéria orgânica em decomposição,

incluindo resíduos de cozinha, alimentos estragados e esterco conversão em biomassa (NEWTON et al., 2005).

Assim a mosca soldado negro pode ser utilizada na alimentação de aves como uma substituição parcial ao farelo de soja como fonte de proteína, principalmente porque as espécies naturalmente colonizam e quebram o estrume de aves e as populações são muitas vezes mantidos por fazendas de aves para fins de gestão de resíduos e redução da poluição (BRADLEY et al., 1984).

Em experimentos com codornas e frangos de corte, *Coturnix coturnix japonica*, Cullere et al. (2016) não observaram diferença entre a ração controle e percentuais de inclusão da farinha de *Hermetia illucens* no desempenho produtivo, peso da carne e rendimento. Schiavone et al. (2017) em experimento utilizando a mosca soldado negro na substituição de 50% ou substituição total por farelo de soja nas dietas de galinhas poedeiras não observaram impacto na saúde ou desempenho de galinhas e pouco ou nenhum efeito sobre os próprios ovos. Assim, a mosca do soldado negro é um ótimo substituto para alimentação animal, como por exemplo alimentação de frangos de corte, pois atua fornecendo proteína adicional.

Outro inseto que também é fonte de proteína e esta sendo estudado na alimentação animal é o *Tenébrio Molitor*, que é uma praga de farinha, grãos e Alimentos armazenados (Ramos-Elorduy et al., 2002) e sua larva e os estádios de pupa são ricos em proteínas (46 a 60%) e são fáceis para criar (Ghaly e Alkoaik, 2009). O ciclo de vida de *T. molitor* é muito variável de 280 a 630 dias. As larvas eclodem após 10 a 12 dias, numa temperatura de 18 – 20°C, atingem a fase adulta após um número variável de estágios (8 a 20), tipicamente após 3 a 4 meses, mas a fase de larva pode durar até 18 meses. A larva madura é de cor amarelo castanho claro, tem de 20 a 32 mm de comprimento e pesa 130-160 mg. Os produtores comerciais de larva, por vezes, incluem um hormônio juvenil na alimentação para evitar a transformação em adultos, resultando em "larvas gigantes" que podem atingir um comprimento de 2 cm ou superior e pesar mais do que 300 mg (FINKE, 2002).

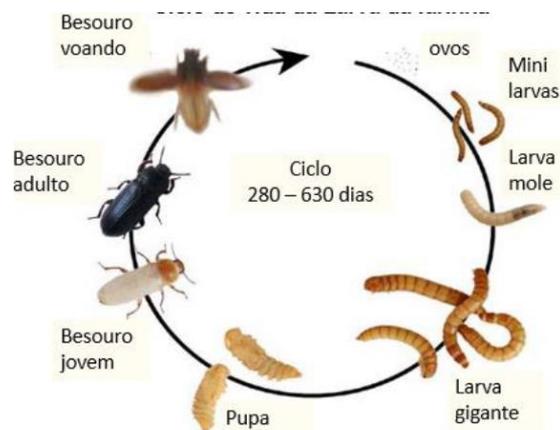


FIGURA 2 - Ciclo de vida da Larva da farinha (*T. molitor*). Fonte: Pinterest

Diferentes fatores ambientais, tais como temperatura, umidade, *stress*, alimentação e a presença de patogênicos, podem influenciar o crescimento do *Tenebrio molitor*, estando, na maioria dos estudos indicado que a temperatura e a umidade relativa são os mais preponderantes (Spang, 2013). Os teores de umidade do *Tenebrio molitor* são inferiores aos da carne de bovino e aves, mas na mesma gama que os de salmão. Nos teores de cinza, o *Tenebrio molitor* não apresenta grandes diferenças relativamente aos restantes animais.

O *Tenebrio molitor* é um inseto de ciclo de vida curto e de fácil criação e seria uma alternativa para países ocidentais de clima temperado aonde é endêmico (FAO, 2013). As larvas de *T. molitor* são onívoras, mas geralmente são alimentadas com farinha ou farelo de trigo e suplementadas com farinha de soja, leite em pó desnatado ou leveduras (Makkar et al., 2014). A alimentação também inclui frutas e vegetais frescos (cenoura, batata, alface) que fornecem umidade (Aguilar-Miranda et al., 2002; Hardouin e Mahoux, 2003). A dieta deve ser balanceada para conter cerca de 20% de proteína com base na matéria seca (Ramos-Elorduy et al., 2002). As larvas são utilizadas como alimentos para animais em muitos países, as mesmas são ricas em proteína e gordura e contém grande quantidade de fibras, que representa uma boa fonte de alimento para humanos (Finke, 2002). Sendo o tenébrio e o grilo-doméstico (*Acheta domesticus*) as duas espécies mais criadas em escala industrial (PAYNE et al., 2016).

Grilos (*Gryllus assimilis*) são insetos da ordem Orthoptera. Estão entre as espécies de insetos mais amplamente cultivadas. São consumidos por seres humanos e utilizados

na alimentação, em muitas regiões do mundo, são comumente criados para alimentar animais de estimação e zoológicos (Van Huis et al., 2013). Porque eles utilizam energia do ambiente para o seu metabolismo e têm menor tempo de geração, possuem uma maior porção de proteína colecionável de aves, suínos e bovinos, grilos foram relatados para recuperar proteína bruta mais eficientemente do que essas fontes de proteína (VAN HUIS. 2013; NAKAGAKI BJ 1991; COLLAVO et al.,2005).

Os Grilos são geralmente coletados na natureza, de preferência à noite (usando luz artificial) ou na manhã quando a temperatura é mais fria e os insetos são menos ativos e mais fáceis de capturar. A agricultura comercial de grilos para o mercado de alimentos e rações está se desenvolvendo nos últimos anos (van Huis et al., 2013). Orthoptera, como outros insetos, são altamente nutritivos e contêm grandes quantidades de proteínas. Várias espécies, já são usadas para alimentar animais de produção e animais de zoológico. Particularmente, a grande disponibilidade e quantidades de grilos, torna-se um bom potencial para a pecuária, especialmente na alimentação de aves (Makkar et al., 2014).

3 CAPÍTULO I

Artigo Científico

Farinhas de insetos na alimentação de frangos: Composição química e digestibilidade dos nutrientes

Elaborado de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab>

1 **Farinhas de insetos na alimentação de frangos: Composição química e**
2 **digestibilidade dos nutrientes**

3 Patrícia Miranda Lopes ⁽¹⁾, Vanessa Karla Silva ⁽²⁾, Leilane Rocha Barros Dourado ⁽³⁾
4 Francisca Luana de Araújo Carvalho ⁽¹⁾ Francinete Alves de Sousa Moura ⁽³⁾, Janaina
5 Mitsue Kimpara⁽²⁾, Luciana Barboza Silva⁽³⁾, Nilva Kazue Sakomura⁽⁴⁾, Daniel Biagiotti
6 ⁽⁵⁾And Luiz Gustavo Giannecchini⁽²⁾.

7 ⁽¹⁾ Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Pós-Graduação em
8 Ciência Animal, Campus Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga, (86) 32155753, CEP
9 64049-550, Teresina, PI, Brasil. E-mail: patricia_miranda31@hotmail.com.

10 luanaraielly@hotmail.com, ⁽²⁾ Embrapa-Meio Norte BR 343, km 35, Zona Rural, CEP
11 64.210-970 Parnaíba-PI, E-mail: vanksilva@yahoo.com, janaina.kimpara@embrapa.br,

12 lgianne01@gmail.com, ⁽³⁾Universidade Federal do Piauí, Campus Professora
13 Cinobelina Elvas, BR 135, km 3 - Planalto Horizonte, 64900-000, (89) 3562535, Bom
14 Jesus - PI, Brasil. E-mail: leilane@ufpi.edu.br, netinhazoo@hotmail.com,

15 lubarbosabio@hotmail.com, ⁽⁴⁾ Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Via de
16 Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900 - Jaboticabal, SP,
17 sakomura@fcav.unesp.br, ⁽⁵⁾ Universidade Federal do Piauí, Colégio Técnico de Bom

18 Jesus, BR 135, km 3 - Planalto Horizonte, 64900-000, (89) 35622067, Bom Jesus - PI,
19 Brasil.

20 Resumo – Para determinar a composição química e digestibilidade das farinhas de larvas
21 de tenébrio (LT) e ninfas de grilo preto (NGP) para aves, foi realizado ensaio de coleta
22 total de excretas com substituição de 20% de cada farinha à dieta referência. As farinhas
23 apresentaram 6074 e 5975 kcal/Kg de energia e 52,66 e 49,34% de proteína para NGP e
24 LT, respectivamente. A digestibilidade dos nutrientes foi inferior a 65%, exceto para
25 digestibilidade da energia e extrato etéreo da farinha de larvas de tenébrio que foram

26 superiores a 70%. As farinhas analisadas podem ser utilizadas como fonte de nutrientes
27 em dietas para aves.

28 Termos para indexação: *gallus gallus*, alimento alternativo, *tenebrio molitor*, *gryllus*
29 *assimilis*.

30 A busca por ingredientes para alimentação animal sempre foi fundamentada na
31 redução de custos, entretanto, nos últimos anos tem se preocupado também com o impacto
32 da alimentação animal sobre o meio ambiente.

33 Desta forma, fontes de proteínas alternativas de valor comparável e alta
34 digestibilidade são imprescindíveis para a produção avícola sustentável no futuro. Mesmo
35 porque a demanda de proteínas para uso animal e humano está em constante crescimento,
36 ou seja, a produção apresenta desafio mundial relevante (Bovera et al., 2015).

37 Uma alternativa às fontes proteicas tradicionais para a alimentação animal será a
38 utilização dos insetos na dieta alimentar. Argumentos que reforçam seu uso é possível,
39 visto que os insetos crescem e se reproduzem facilmente, e tem alta eficiência de
40 conversão alimentar e podem alimentar-se de resíduos orgânicos (Veldkamp et al., 2012).

41 O objetivo do presente trabalho foi o de determinar a composição química e a
42 digestibilidade dos nutrientes das farinhas de insetos: (larvas de tenébrios-*Tenebrio*
43 *molitor* e as ninfas de grilo preto- *Gryllus assimilis* em frangos de corte.

44 O experimento foi aprovado pelo comitê de ética no uso de animais da Universidade
45 Federal do Piauí, registro n°283/17. A pesquisa foi desenvolvida no Setor de Avicultura do
46 Colégio Técnico de Bom Jesus- PI, junto a Universidade Federal do Piauí (UFPI). As
47 análises químicas para a determinação da composição dos alimentos e das excretas foram
48 realizadas no laboratório de Nutrição Animal/UFPI e LAVINESP da UNESP-Jaboticabal.

49 As larvas foram coletadas para a produção das farinhas, em granja de poedeiras
50 comerciais em Parnaíba/PI. Onde as mesmas foram limpas com água e mantidas em caixas

51 de 1000L contendo como substrato farelo de trigo e criadas na Embrapa Meio Norte até o
52 momento da fabricação da farinha. Ao atingirem a fase de pré-pupa, as larvas foram
53 recolhidas e armazenadas em freezer, sendo posteriormente secas em estufa de ventilação
54 forçada a 55°C por 72 horas e moídas duas vezes em moinho com peneira de 4 mm, sendo
55 a farinha armazenada em freezer para posterior análise da composição química e uso no
56 ensaio de digestibilidade.

57 O experimento foi conduzido para determinar a digestibilidade e energia
58 metabolizável das farinhas de insetos (larvas de tenébrio e as ninfas de grilo preto) para
59 frangos de corte. Foram utilizados 63 frangos de corte, machos, da linhagem Ross,
60 distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado composto por três dietas, sete
61 repetições de três aves cada. Foi formulada uma dieta referência para atender as
62 exigências nutricionais das aves, sendo as demais dietas obtidas pela substituição de 20%
63 de cada farinha de inseto a dieta referência, referente aos seguintes níveis de substituição:
64 Dieta Referência; Dieta Referência (80%) + 20% de larvas de tenébrio; Dieta Referência
65 (80%) + 20% de ninfas de grilo preto. A dieta referência foi formulada para conter Milho
66 (55,845%), farelo de soja 45 (33,668%), óleo de soja (4,109%), fosfato bicálcico
67 (1,738%), calcário (0,867%), sal comum (0,523%), suplemento vitamínico-mineral
68 (1,0%), metamino (0,197%), L-Treonina (0,153%), L-Arginina (0,126%), L-lisina biolys
69 (0,581%) e areia lavada (1,193%), para atender as exigências energéticas, aminoacídicas
70 e minerais de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2017), para frango de
71 corte macho de desempenho regular-médio de 8-21 dias.

72 As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo de 1 x 1 x 0,5m. Foi utilizado o
73 método de coleta total de excretas de acordo com Sakomura & Rostagno (2016). O
74 período experimental, foi de quatro dias para adaptação e quatro dias de coleta total de
75 excretas. No final do período experimental foi avaliado o total de excreta produzida.

76 Em todas as amostras, foram determinados os teores de matéria seca, energia bruta
 77 e nitrogênio de acordo com as metodologias pré-estabelecidas no laboratório. As análises
 78 de extrato etéreo foram realizadas pelo método Soxhlet utilizando-se o aparelho Ankon.
 79 Com os resultados laboratoriais foram determinados os valores de energia metabolizável
 80 aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), coeficiente de digestibilidade da proteína e
 81 gordura e a retenção da matéria mineral, de acordo com Sakomura & Rostagno (2016).

82 Os valores da composição da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato
 83 etéreo, matéria mineral, energia metabolizável aparente, e coeficientes de digestibilidade
 84 da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e energia bruta das
 85 farinhas de larvas de Tenébrio e ninfas de grilo preto com base na matéria seca, estão
 86 apresentados na Tabela 1.

87 **Tabela 1.** Composição química e coeficientes de digestibilidade/retenção da matéria seca
 88 (MS), da proteína bruta (PB), do extrato etéreo (EE), da matéria mineral (MM), da energia
 89 bruta (EB) e a energia metabolizável aparente (EMA) das farinhas de inseto: larvas de
 90 Tenébrio (LT) e ninfas de grilo preto (NGP).

	MS	MM	PB	EE	EB	EMA
	Composição química na MN/MS (%)				(Kcal/Kg de MN/MS)	
LT	94,56	3,16/3,34	49,34/52,18*	30,44/32,19	6074/6423	
NGP	93,09	3,69/4,10	52,66/58,41	26,61/29,52	5975/6628	
	Coefficiente de digestibilidade/retenção (%)				(Kcal/Kg de MN)	
LT	64,9 \pm 8,3	56,6 \pm 12,0	49,3 \pm 7,7	76,2 \pm 20,9	76,9 \pm 3,6	4847 \pm 450
NGP	52,5 \pm 5,0	49,4 \pm 7,3	31,3 \pm 2,8	64,0 \pm 8,6	58,7 \pm 2,6	4412 \pm 307

91 MS: matéria seca; MN: matéria natural*37,5/39,7% de acordo com o fator de conversão
 92 do nitrogênio estabelecido por Jassen et al. (2017).

93 Conforme os dados apresentados na Tabela 1 observa-se que as farinhas de larvas
94 de *Tenébrio* (LT) e ninfas de grilo preto (NGP) apresentam composição química
95 compatível com outros ingredientes já utilizados e descritos por Rostagno et al. (2017).
96 Chama a atenção os elevados valores de proteína bruta e gordura (EE) das duas farinhas
97 de insetos, que podem ser comparadas e superiores às dos principais ingredientes
98 proteicos e oleaginosas utilizados em dietas para aves.

99 Os resultados de composição química encontrados para as duas farinhas (larvas de
100 *Tenébrio* e ninfas de grilo preto) estão próximos aos revisados por Makkar et al. (2014),
101 exceto para o valor de gordura das ninfas de grilo preto, pois neste estudo o valor
102 encontrado foi bem superior à média descrita para grilo doméstico por Makkar et al.
103 (2014), entretanto Adámková et al. (2017) determinaram valores de extrato etéreo
104 superiores a 30% para as duas farinhas, sendo que os ácidos graxos em maior percentual
105 foram o palmítico, oleico e linoleico.

106 As variações na composição química das farinhas podem estar relacionadas aos
107 substratos utilizados para a criação dos insetos (Oonincx et al., 2015), bem como pelo
108 estágio de desenvolvimento (Makkar et al., 2014).

109 O potencial de substituição de alimentos alternativos, como as farinhas de insetos,
110 não deve se basear apenas na sua composição química analítica, mas também no
111 aproveitamento dos nutrientes de cada ingrediente a ser substituído ou incluído, pois as
112 formulações das rações para aves são calculadas considerando: energia metabolizável,
113 aminoácidos digestíveis, fosforo disponível, dentre outros. Tudo de forma a minimizar o
114 impacto das diferentes composições ou fatores antinutricionais presentes nos
115 ingredientes, sobre o desempenho dos animais.

116 Na tabela 1 observa-se que os coeficientes de digestibilidade da matéria seca,
117 proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral foram inferiores a 65%, exceto para a

118 digestibilidade da energia bruta e extrato etéreo da farinha de larvas de tenébrio que foi
119 de 76,9 e 76,2% respectivamente. Podendo afirmar que a farinha de larvas de Tenébrio
120 (LT) apresenta alta concentração em nutrientes e alta digestibilidade aparente para
121 gordura e energia, bem como para os demais dados em relação as ninfas de grilo preto-
122 (NGP).

123 Uma das possíveis justificativas para a baixa digestibilidade dos nutrientes seria a
124 presença de quitina, pois a maioria dos insetos possuem esse carboidrato em sua estrutura.
125 A quitina é um polissacarídeo constituído por um polímero de cadeia longa de N-
126 acetilglicosamina, cuja utilização por aves de produção ainda é pouco estabelecida
127 (Hossain e Blair, 2007). Khempaka et al. (2011) afirmam que o aumento da inclusão de
128 quitina em dietas para frangos de corte reduz a digestibilidade das proteínas, porém que
129 a inclusão até 0,9% não provoca prejuízos sobre a digestibilidade dos nutrientes.

130 Sabe-se que as aves possuem capacidade de digerir a quitina, em função de
131 produzirem a enzima quitinase em diferentes parte do trato gastrointestinal, com maior
132 proporção no estômago (Koh & Iwamae, 2013). Essa digestibilidade da quitina
133 geralmente é em torno de 30% (Khempaka et al., 2011), mas pode variar em função da
134 fonte.

135 Apesar da pequena habilidade em digerir quitina das aves, esse pode não ser o unico
136 fator que influencia a digestibilidade das farinhas de inseto, pois observando os valores
137 da tabela 1, a farinha de ninfa de grilo apresenta digestibilidade da proteina menor que a
138 da farinha de tenébrio (31,3 x 49,3%), porém a quantidade de quitina presente nas duas
139 farinhas segundo Adámková et al. (2017) são de 7 e 13%, respectivamente, o que
140 teoricamente indicaria que a farinha de tenébrio deveria ser menos digestível já que possui
141 mais quitina que a farinha de ninfa de grilo. Alguns fatores, como caracterização
142 estrutural, função, síntese da quitina e produção endógena de quitinases pelos insetos, que

143 poderiam justificar essa diferença, visto que possuem particularidades em diferentes
144 insetos (Merzendorfer & Zimoch, 2003).

145 Outro aspecto que tem gerado discussão nos últimos anos é que algumas farinhas
146 de insetos possuem nitrogênio não proteico, e portanto o fator de conversão do nitrogênio
147 de 6,25 para estimativa do conteúdo de proteína poderia estar superestimando esses
148 valores das farinha de inseto. Entretanto esse fator pode ser diferente em plantas, grãos e
149 insetos, podendo estar estimando errado não só os valores brutos da proteína, mas também
150 a digestibilidade da mesma por diferentes espécies (Jonas-levi & Martinez, 2017; Nery et
151 al., 2018). Jassen et al. (2017) encontrou um fator de conversão 4,75 para proteína do
152 tenébrio, se fosse considerar o fator de conversão de Jassen et al. (2017), neste estudo, o
153 valor de proteína para a farinha de tenébrio seria de 37,5% ao inves de 49,3%,
154 ocasionando um diferença de 11,8%. Não foram encontrados fatores de conversão para
155 estimar o valor de proteína corrigido da farinha de grilo.

156 O conhecimento da composição química e digestibilidade da farinha de tenébrio e
157 de ninfas de grilo preto, indicam que as mesmas podem ser substituídas como fonte de
158 energia e proteína em dietas para frangos de corte.

159 **Agradecimentos**

160 À FAPEPI/CNPq pela concessão da bolsa DCR e taxa de bancada à terceira autora; à
161 EMBRAPA, GENPAS e ao LAVINESP.

162 **Referências**

- 163 ADÁMKOVÁ, A.; ML CEK, J.; KOURIMSKÁ, L.; BORKOVCOVÁ, M.; BUŠINA,
164 T.; ADÁMEK, M.; BEDNÁROVÁ, M. AND KRAJSA, J. Nutritional Potential of
165 Selected Insect Species Reared on the Island of Sumatra. **International Journal of**
166 **Environmental Research and Public Health**, v. 14, 521, 2017.
- 167
168 BOVERA, F.; PICCOLO, G.; GASCO, L.; MARONO, S.; LOPONTE, R.;
169 VASSALOTTI, G.; MASTELLONE, V.; LOMBARDI, P.; ATTIA, Y. A. and NIZZA,
170 A. Yellow mealworms larvae (*Tenebrio molitor* L.) as protein source for broilers:
171 Effects on growth performance and blood profiles. **British poultry science**, v. 56,
172 p.569-575, 2015.

- 173
174 HOSSAIN, S.M.; BLAIR, R. Chitin utilisation by broilers and its effect on body
175 composition and blood metabolites. **British Poultry Science**, v.48, p. 33—38, 2007.
176
- 177 JANSSEN, R.H.; VINCKEN, J.P.; VAN DEN BROEK, L.A.M.; FOGLIANO, V.;
178 LAKEMON, C.M.M. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible
179 Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. **Journal of**
180 **Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, p.2275–2278, 2017.
181
- 182 JONAS-LEVI, A.; MARTINEZ, J.J.I. The high level of protein content reported in
183 insects for food and feed is overestimated. **Journal of Food Composition and**
184 **Analysis**, v.62, p. 184-188, 2017.
185
- 186 KHEMPAKA, S.; CHITSATCHAPONG, C.; MOLEE, W. Effect of chitin and protein
187 constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility,
188 intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in
189 broilers. **Journal Applied Poultry Research**, v.20, p.1-11, 2011.
190
- 191 KOH, K.; IWAMAE, S. Chitinolytic Activity of Mucosal Enzymes in the Different
192 Parts of the Digestive Tract in Broilers. **Journal of Poultry Science**, v.50, p. 65-67,
193 2013.
194
- 195 MERZENDORFER, H.; ZIMOCH, L. Chitin metabolism in insects: structure, function
196 and regulation of chitin synthases and chitinases. **The Journal of Experimental**
197 **Biology**, v.206, p.4393-4412, 2003.
198
- 199 NERY, J.; GASCO, L.; DABBOU, S.; SCHIAVONE, A. Protein composition and
200 digestibility of black soldier fly larvae in broiler chickens revisited according to the
201 recent nitrogen-protein conversion ratio. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.4,
202 p.171 – 177, 2018.
203
- 204 OONINCX, D.G.A.B.; VAN BROEKHOVEN, S.; VAN HUIS, A.; VAN LOON,
205 J.J.A. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect
206 Species on Diets Composed of Food By-Products. **Plos One** 10(12): e0144601. Doi:
207 10.1371. 2015.
208
- 209 ROSTAGNO, H.S. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de**
210 **Alimentos e Exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia.
211 2017.
212
- 213 SAKOMURA, N.K; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de**
214 **monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP 2016. 262p.
215
- 216 VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C.M.M.;
217 OTTEVANGER, E.; BOSCH, G. and VAN BOEKEL. M.A.J.S. **Insects as a**
218 **sustainable feed ingredient in pig and poultry diets- a feasibility study**. In: Report
219 638. Wageningen Livestock Research, Lelystad, The Netherlands. p. 3–10. 2012.
220
- 221 MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of
222 insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1-33, 2014.

4 CAPÍTULO II

Artigo Científico

**Farinha de larvas de *Hermetia illucens* como fonte de proteína para frangos de corte
na fase de 1 a 21 dias de idade**

Farinha de inseto como fonte de proteína em dietas de frangos de corte

1 **Farinha de larvas de *Hermetia illucens* como fonte de proteína para frangos de corte**
2 **na fase de 1 a 21 dias de idade**

3 **Farinha de inseto como fonte de proteína em dietas de frangos de corte**

4 **Patrícia Miranda Lopes**¹^{✉*}, **Leilane Rocha Barros Dourado**²^{✉*}, **Vanessa Karla Silva**
5 ³[‡], **Francisca Luana de Araújo Carvalho**¹[‡], **Reneton Gomes de Souza**²[‡], **Nilva Kazue**
6 **Sakomura**⁴[‡], **Francinete Alves de Sousa**²[‡], **Ranusce de Santis**⁵[‡], **Janaina Mitsue**
7 **Kimpara**³[‡], **Raphael Edinantes Ferreira de Lavor**⁵[‡], **Guilherme José Ferreira**⁵[‡].

8 **1** Universidade federal do Piauí, Pós-graduação em ciência Animal, Teresina, Piauí, Brasil

9 **2** Universidade Federal do Piauí, Departamento de Zootecnia, Bom Jesus, Piauí, Brasil

10 **3** Embrapa Meio Norte BR, Parnaíba, Piauí, Brasil

11 **4** Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

12 **5** Universidade Federal do Piauí, Departamento de Ciências Veterinárias, Bom Jesus,
13 Piauí, Brasil

14

15 [✉] Estes autores contribuíram igualmente para este trabalho

16 [‡] Esses autores também contribuíram igualmente para este trabalho

17 * patricia_miranda31@hotmail.com (PML); leilane@ufpi.edu.br (LRBD)

18

19 **Resumo**

20 O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química, digestibilidade dos nutrientes
21 e energia metabolizável da farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI) e sua utilização
22 em dietas para frangos de corte. Foram realizados dois ensaios, no primeiro, foram
23 utilizados 42 frangos da linhagem Ross, distribuídos em delineamento inteiramente
24 casualizado. Foi formulada uma dieta referência, para atender as exigências dos animais
25 em uma dieta teste com substituição de 20% da farinha de larvas *Hermetia illucens*

26 (FLHI) à dieta referência. Foi utilizado o método de coleta total de excretas para
27 determinação da energia metabolizável e digestibilidade dos nutrientes da farinha. No
28 segundo ensaio foram utilizados 140 frangos de corte machos, da linhagem Ross. Adotou-
29 se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos, 5 repetições, 7 aves por
30 unidade experimental. O qual foi conduzido para as determinações do desempenho,
31 digestibilidade, bem como a morfometria intestinal das aves, as rações continham 5%, 10
32 % e 15% da farinha de larvas de *Hermetia illucens* em substituição ao farelo de soja. A
33 Farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI), apresenta elevada concentração em
34 nutrientes e alta digestibilidade aparente para gordura e energia. A substituição de até 15%
35 farinha de larvas de *Hermetia illucens* por farelo de soja em rações para frangos de corte
36 na fase de 1 a 21 dias não prejudica o desempenho dos animais. E o uso da farinha de larvas
37 de *Hermetia illucens* como substituto do farelo de soja na análise de histomorfometria
38 promove maior largura de vilo do duodeno ao nível de 11,23%.

39 **Introdução**

40 Com a elevada produção de alimentos para animais, há um grande consumo de
41 fontes proteicas como farelo de soja, farinha de peixe, farinha de carne, dentre outras.
42 Esse consumo aumentará em 70% em até 2050, devido ao aumento da população humana,
43 que será de até 9 bilhões de indivíduos. Consequentemente, ocorrerá provável diminuição
44 de recursos naturais e das atuais fontes proteicas como alimento para humanos e animais
45 em geral. Desta forma a criação de insetos em larga escala poderá ser alternativa viável e
46 sustentável de matéria prima para alimentação de animais e humanos [1].

47 Os insetos são uma das alternativas mais fáceis de melhorar a segurança alimentar.
48 A maioria dos insetos são fáceis de serem criados, estão disponíveis e podem fornecer
49 uma boa fonte de proteínas e minerais necessários para complementar os alimentos à base

50 de cereais consumidos nos países em desenvolvimento. Proteínas de insetos são fontes
51 valiosas para animais monogástricos [2]

52 A utilização de insetos como alimento, tem várias vantagens comprovadas, pois os
53 mesmos conseguem fazer uma conversão alimentar eficaz, podem ser criados com
54 subprodutos agroalimentares, resíduos orgânicos e bio resíduos, diminuindo assim a
55 contaminação do ambiente e permitindo a valorização dos resíduos, ao mesmo tempo que
56 garante um baixo custo de produção [3].

57 A *Hermetia illucens* parece ser particularmente promissor, pois atingem altas taxas
58 de crescimento em materiais que inadequados para a nutrição humana (por exemplo,
59 subprodutos de processamento de alimentos, resíduos orgânicos [4] As larvas *Hermetia*
60 *illucens* são extremamente resistentes, capazes de lidar com condições ambientais
61 exigentes, como seca, escassez de alimentos ou deficiência de oxigênio [4]. Desta forma
62 tornam-se imprescindíveis estudos para avaliar o aproveitamento de nutrientes desse
63 provável ingrediente para alimentação de aves.

64 O objetivo deste estudo foi determinar a composição química, digestibilidade dos
65 nutrientes e energia metabolizável da farinha de larvas *Hermetia illucens*, bem como o
66 efeito de sua utilização em substituição ao farelo de soja em dietas para frangos de corte
67 sobre o desempenho, digestibilidade dos nutrientes e morfometria intestinal.

68

69 **Material e métodos**

70 Declaração de ética

71 Este estudo foi conduzido em estrita conformidade com as recomendações do Guia
72 para os Cuidados e Uso de Animais em experimentação do CONCEA e o protocolo foi
73 aprovado pelo comitê de ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de

74 Piauí (Piauí, Brasil) sob o número nº283/17. Os experimentos foram conduzidos no setor
75 de avicultura do Colégio Técnico de Bom Jesus-CTBJ, no Campus Professora Cinobelina
76 Elvas-CPCE da Universidade Federal do Piauí, no município de Bom Jesus-PI.
77 Composição química e ensaio de digestibilidade.

78 Foram coletadas larvas de farinha de *Hermetia illucens* em uma granja de poedeiras
79 comerciais em Parnaíba/PI. As larvas foram limpas com água e mantidas em caixas de
80 1000l contendo como substrato farelo de trigo e criadas na Embrapa Meio Norte até o
81 momento da fabricação da farinha. Ao atingirem a fase de pré-pupa, as larvas foram
82 recolhidas e armazenadas em freezer, sendo posteriormente secas em estufa de ventilação
83 forçada a 55°C por 72 horas e moídas duas vezes em moinho com peneira de 4 mm, sendo
84 a farinha armazenada em freezer para posterior análise da composição química e uso no
85 ensaio de digestibilidade.

86 Foram utilizados 42 frangos de corte machos da linhagem Ross, distribuídas em um
87 delineamento inteiramente casualizado composto por duas dietas, sete repetições de três
88 aves cada. Foi formulada uma dieta referência (DR) para atender as exigências nutricionais
89 das aves seguindo as recomendações de Rostagno et al.[5], sendo o tratamento obtido pela
90 substituição de 20% da farinha de inseto à DR.

91 A dieta referência foi formulada para conter Milho (55,845%), farelo de soja 45
92 (33,668%), óleo de soja (4,109%), fosfato bicálcico (1,738%), calcário (0,867%), sal
93 comum (0,523%), suplemento vitamínico-mineral (1,0%), Metamino (0,197%), L-
94 Treonina (0,153%), L-Arginina (0,126%), L-lisina biolys (0,581%) e areia lavada
95 (1,193%), para atender as exigências energéticas, aminoacídicas e minerais de acordo com
96 as recomendações de Rostagno et al. [5], para frangos de corte macho de desempenho
97 regular-médio de 8-21 dias de idade.

98 As aves foram alojadas em gaiolas de metabolismo de 1 x 1 x 0,5m. Foi utilizado o
99 método de coleta total de excretas de acordo com Sakomura e Rostagno [6]. O período
100 experimental, foi de quatro dias para adaptação às dietas (8º a 11º dias de idade) e quatro
101 dias de coleta total de excretas (13º a 16º dias de idade). Antes do início do período de
102 adaptação, as aves foram mantidas em baterias separadas, sendo alimentadas com dietas
103 de acordo com a exigência nutricional estabelecida por Rostagno et al. [5].

104 As aves foram alojadas nas gaiolas equipadas com bandejas coletoras de excreta,
105 previamente revestidas com plástico, para evitar possíveis perdas. Para determinar o
106 início e o final do período de coleta, 1% de óxido férrico foi adicionado às rações. Assim,
107 as excretas não marcadas, na primeira coleta, e as marcadas, na última coleta, foram
108 desprezadas.

109 As coletas de excretas foram realizados duas vezes ao dia, visando minimizar as
110 perdas e contaminação das excretas. As mesmas foram coletadas, pesadas e congeladas,
111 e ao final do período total de coleta foram descongeladas, homogeneizadas e liofilizadas.
112 No final do período experimental foi avaliado a quantidade de ração consumida e o total
113 de excreta produzida.

114 Em todas as amostras, foram determinados os teores de matéria seca, energia bruta
115 e nitrogênio de acordo com as metodologias pré-estabelecidas no laboratório. As análises
116 de extrato etéreo foram realizadas pelo método Soxhlet utilizando-se o aparelho Ankon.
117 Com os resultados laboratoriais foram determinados os valores de energia metabolizável
118 aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), coeficiente de digestibilidade da proteína e
119 gordura e a retenção da matéria mineral, de acordo com Sakomura & Rostagno [6].

120 Ensaio de desempenho

121 Foram utilizados 140 frangos de corte machos, da linhagem Ross. Adotou-se o
 122 delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (0, 5, 10 e 15% de
 123 substituição), 5 repetições e 7 aves por unidade experimental. As aves foram alojadas em
 124 gaiolas de metabolismo de 1x1x 0,5m. equipadas com comedouros e bebedouros. A água
 125 foi fornecida à vontade, sendo trocadas duas vezes ao dia para evitar aquecimento e
 126 fermentação.

127 As rações foram fornecidas à vontade. A ração controle foi a base de milho e farelo
 128 de soja respeitando as recomendações de Rostagno et al. [5], as demais rações tiveram 5,
 129 10 e 15% do farelo de soja substituída farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI). Foram
 130 feitas correções para que todas as rações fossem isoenergéticas e isoproteicas (Tabela 1).

131 Para formulação das rações foi considerada a composição dos ingredientes
 132 estabelecidos por Rostagno et al. [5] e da farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI)
 133 foram utilizados valores determinados no ensaio anterior exceto para a composição de
 134 aminoácidos digestíveis, que foram considerados os valores na base proteica definidos
 135 por Makkar et al. [2] considerando o coeficiente de digestibilidade determinado por
 136 Schiavone et al. [7] e os valores de cálcio, fósforo, sódio e potássio que foram de acordo
 137 com Cullere et al. [8].

138

139 **Tabela 1 Composição centesimal das dietas experimentais para frangos de corte**

Fase (idade)	1 a 7 dias				8 a 21 dias			
	% de substituição de farelo de soja por FLHI							
Ingrediente (%)	0	5	10	15	0	5	10	15
Milho	55,584	56,485	57,382	57,986	57,988	58,962	59,862	60,771
Farelo de soja (48%)	33,271	31,607	29,944	28,280	33,545	31,868	30,191	28,513
FLHI	0,000	1,664	3,327	4,991	0,000	1,677	3,355	5,032
Óleo de soja	3,249	2,389	1,531	0,819	3,499	2,608	1,744	0,877
Fosfato bicálcico	1,992	1,931	1,870	1,808	1,732	1,671	1,610	1,549
Calcário	0,817	0,540	0,263	0,000	0,869	0,591	0,311	0,032

Sal comum	0,523	0,517	0,509	0,503	0,518	0,511	0,504	0,497
Supl. Vit. min. ¹	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
L-lisina HCL	0,461	0,471	0,482	0,494	0,377	0,387	0,398	0,408
Metamino	0,219	0,224	0,230	0,236	0,194	0,199	0,204	0,210
L-Arginina	0,234	0,260	0,287	0,315	0,127	0,153	0,180	0,206
L-Treonina	0,186	0,192	0,198	0,206	0,151	0,157	0,163	0,170
L-Triptofano	0,000	0,007	0,014	0,021	0,000	0,007	0,014	0,021
Inerte ²	2,465	2,714	2,964	3,341	0,000	0,210	0,465	0,715
Total	100,0							

Composição Nutricional

EMA (Kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	3050	3050	3050	3050
Proteína (%)	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60
Cálcio (%)	0,920	0,920	0,920	0,920	0,878	0,878	0,878	0,878
P.disp. (%)	0,465	0,465	0,465	0,464	0,419	0,419	0,419	0,419
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220	0,220	0,218	0,218	0,218	0,218
Potássio (%)	0,786	0,778	0,770	0,760	0,799	0,791	0,783	0,774
Lis. Dig. (%)	1,310	1,310	1,310	1,310	1,256	1,256	1,256	1,256
Met+cis.dig. (%)	0,944	0,944	0,944	0,944	0,929	0,929	0,929	0,929
Treonina (%)	0,852	0,852	0,852	0,852	0,829	0,829	0,829	0,829
Triptofano (%)	0,223	0,223	0,223	0,223	0,226	0,226	0,226	0,226
Valina (%)	0,821	0,837	0,852	0,865	0,834	0,850	0,865	0,881
Arginina (%)	1,415	1,415	1,415	1,415	1,344	1,344	1,344	1,344

140 ¹Suplemento vitamínico-mineral inicial (8-21dias): Vitamina A: 700.000 UI/kg; Vitamina D3:200.00 UI/kg; Vitamina E:
141 1.200 UI/kg; Vitamina K3: 380mg/kg; Vitamina B16:60mg/kg; Vitamina B2:450mg/kg; Vitamina B6:120mg/kg; Vitamina
142 B12 :1.200mg/kg; Niacina :3500mg/kg; Pantotenato de Cálcio:800mg/kg; Ácido Fólico: 50mg/kg; Biotina:5mg/kg; Cloreto
143 de Colina:30mg/kg; Metionina: 160g/kg; Ferro:3.000mg/kg; Cobre :6.600mg/kg; Manganês:6.000mg/kg; Zinco:4.500mg/kg;
144 Iodo:120 mg/kg; Selênio:20mg/kg; Salinomicina:6.600mg/kg; Virginamicina:1.500mg/kg. ²Areia lavada.

145

146

147 **Dados e Coleta de Amostras**

148 Avaliou-se o peso médio (g), ganho de peso (g/ave), consumo de ração (g/ave) e
149 conversão alimentar.

150 Aos 21 dias de idade, realizou a eutanásia de um animal por gaiola para a coleta do
151 intestino delgado, para avaliação histomorfométrica. Destes, foram coletados segmentos
152 de 2,0 cm de comprimento do intestino delgado (duodeno; jejuno e íleo) de cada animal.
153 Após a coleta, foi realizada lavagem do lúmen intestinal dos fragmentos em água
154 destilada e imersos em fixadores de formol.

155 O material foi processado seguindo as técnicas de histologia padrão, passando o
156 tecido por processos de desidratação em soluções alcoólicas crescentes (50%, 70%, 80%,
157 90% e 100%), álcool absoluto I, álcool absoluto II, álcool absoluto III, clarificados em
158 xilol I e xilol II, impregnado e incluído em parafina I e II durante uma hora em cada

159 solução. O material incluído em blocos de parafina foi processado em micrótomo em
160 cortes histológicos de 3 um, passando por banho maria de 60°C, desparafinado em estufa
161 a 60°C por uma hora e corado em hematoxilina e eosina (HE), cujas análises foram
162 interpretadas em microscopia óptica de acordo com Junqueira e Junqueira [9].

163 As análises morfométricas dos cortes histológicos foram realizadas utilizando-se
164 um microscópio óptico (Nova Optical systems) foram realizadas as contagens dos campos
165 de observação microscópica. Foram selecionados os cortes histológicos que se
166 apresentavam viáveis para medição e desse corte foram medidos 10 vilos, 10 criptas e 10
167 pontos da camada muscular.

168 As imagens foram obtidas utilizando-se uma câmera digital TOUPCAM™
169 acoplada ao microscópio. Após a seleção dos vilos e criptas aptos para medição e da
170 obtenção das imagens destes, foram feitas as mensurações com auxílio do software
171 ToupView® 3.7. As variáveis analisadas foram altura e largura das vilosidades
172 intestinais, altura e largura de criptas e espessura da parede muscular.

173 Para avaliação da digestibilidade dos nutrientes das dietas foi utilizado o método de
174 coleta total de excretas de acordo com Sakomura e Rostagno [6]. O período experimental,
175 foi de quatro dias (8º a 11 dias de idade) para adaptação às dietas e quatro dias (13º a 16
176 dias de idade) de coleta total de excretas. As coletas de excretas foram realizados duas
177 vezes ao dia, visando minimizar as perdas e contaminação das excretas. As mesmas foram
178 coletadas, pesadas e congeladas, e ao final do período total de coleta foram
179 descongeladas, homogeneizadas e liofilizadas. No final do período experimental foi
180 avaliado a quantidade de ração consumida e o total de excreta produzida.

181 Em todas as amostras, foram determinados os coeficientes de digestibilidade da
182 Matéria Seca (CDMS), Proteína Bruta (CDPB), Matéria Mineral (CDMM), Extrato

183 Etéreo (CDEE) e a energia metabolizável aparente (EMA) da farinha de larvas *Hermetia*
 184 *illucens* (FLHI)

185 Análise Estatística

186 Todas as variáveis analisadas foram verificadas quanto a presença de *outliers* e
 187 foram testadas as pressuposições de normalidade dos erros studentizados (teste de
 188 Cramer-von-Mises) e de homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Depois de
 189 constatada a não violação dessas pressuposições, os dados foram submetidos à análise de
 190 variância e regressão polinomial, por meio do procedimento GLM do *software* SAS®
 191 [10]. Para comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

192

193 **Resultados e Discussão**

194 Os valores da composição da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, extrato
 195 etéreo, matéria mineral, energia metabolizável aparente, e coeficientes de digestibilidade
 196 da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da farinha de larvas de
 197 *Hermetia illucens* (FLHI), estão apresentados na (Tabela 2).

198 **Tabela 2 Composição química, valores de energia e coeficiente de digestibilidade**
 199 **aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), do extrato etéreo**
 200 **(CDAEE), da matéria mineral (CDAMM) e da energia bruta (CDAEB) e a energia**
 201 **metabolizável aparente (EMA) da farinha da larva de *Hermetia illucens*.**

	Matéria Natural	Matéria Seca
Matéria Seca (%)	90,15	100%
Proteína Bruta (%)	36,81	40,83
Extrato Etéreo (%)	31,25	34,66
Matéria Mineral (%)	10,49	11,64

Energia Bruta (kcal/kg)	5.418	6.009
EMA (kcal/kg)	4.787± 201	5.310
CDAMS (%)	57,4 ± 2,6	
CDAPB (%)	56,1 ± 2,5	
CDAEE (%)	79,5 ± 16	
CDAMM (%)	33,3 ± 12,3	

202

203 De acordo com os dados da ([Tabela 2](#)) observou-se que a farinha de larvas de
204 *Hermetia illucens* (FLHI), apresenta elevada concentração em nutrientes e alta
205 digestibilidade aparente para gordura e energia. O teor real de nutrientes do mesmo
206 depende muito da dieta fornecida [[11](#)], sobre o estágio da vida e as condições de criação
207 [[2](#)]. De acordo com Sheppard et al. [[12](#)], as composições de proteína e gordura são
208 afetadas pelo que eles consomem. Por isso, diferentes composições de larvas de *Hermetia*
209 *illucens* são encontradas em diferentes estudos. Pois dependendo do estágio de vida do
210 inseto poderá haver maior ou menor concentração de nutrientes. Esses resultados diferem
211 dos observados por Al-Qazzaz et al. [[13](#)]. Todavia estão de acordo com os encontrados
212 por Maurer et al. [[14](#)]. A observação de resultados diferentes pode ser atribuída à fase
213 larval em que as larvas foram utilizadas.

214 Conforme Rumpold e Schluter [[15](#)], o teor médio de proteína dos insetos varia entre
215 50 e 82% de matéria seca. Sendo assim podemos concluir que no presente trabalho a
216 farinha de larvas de *Hermetia illucens* apresenta valores ótimos de proteína constatando
217 que a mesma é uma fonte valiosa e que pode ser utilizada em frangos de corte na referida
218 fase.

219 Observou-se que não houve influência significativa da substituição do farelo de soja
 220 pela farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI), ([Tabela 3](#)), sobre os parâmetros de
 221 desempenho avaliados.

222 A farinha de larvas *Hermetia illucens* (FLHI), não afetou o desempenho na
 223 quantidade adicionada, mostrando assim que as aves tiveram suas necessidades supridas,
 224 e que a presença da quitina dos insetos não foi suficiente para interferir no desempenho das
 225 aves, visto que quanto mais desenvolvido o inseto maior a quantidade de quitina no seu
 226 exoesqueleto, no presente trabalho a farinha foi produzida na fase larval ou seja fase em
 227 que a um menor grau de esclerotização da cutícula e conseqüente maior digestibilidade.
 228 A quitina segundo Khempaka et al. [[16](#)], reduz a digestibilidade das proteínas dos frangos
 229 de corte.

230 Makkar et al.[[2](#)]. Trabalhando com farinha de *Hermetia illucens* para poedeiras
 231 também não observaram diferenças no desempenho das aves. Schiavone et al. [[7](#)] em
 232 experimento utilizando farinha de larvas *Hermetia illucens* na substituição de 50% ou
 233 substituição total por farelo de soja nas dietas de galinhas poedeiras não teve impacto na
 234 saúde ou desempenho de galinhas e pouco ou nenhum efeito sobre a produção de ovos.

235 **Tabela 3. Níveis de substituição do farelo de soja por farinha de larva de *Hermetia***
 236 ***illucens* (FLHI) sobre o peso médio (PM), consumo de ração (CR), ganho de peso**
 237 **(GP) e conversão alimentar (CA) em frangos de corte nas fases de 1 a 7 e 1 a 21 dias**
 238 **de idade.**

1 A 7				
Substituição%	PM	CR	GP	CA
0	158,9	125,5	116,2	1,08
5	159,2	123,5	116,2	1,06

10	159,7	127,9	117,1	1,09
15	157,8	127,1	114,7	1,11
P	0,9812	0,1757	0,9619	0,8575
CV (%)	4,69	2,53	6,37	7,66
1 A 21				
0	952,8	1188,5	910,2	1,30
5	964,2	1206,8	921,3	1,31
10	964,7	1207,4	922,2	1,30
15	958,5	1190,8	915,5	1,30
P	0,9062	0,6860	0,9050	0,9722
CV (%)	3,04	2,66	3,18	2,49

239 P= probabilidade, CV (%)=coeficiente de variação

240

241 Corroborando com os dados da presente pesquisa, Widyaratne e Drew [17]
 242 também, não encontraram diferenças para ganho de peso diário, consumo de ração e
 243 conversão alimentar no crescimento frangos de corte alimentados com farinha de
 244 hermetia illucens. Resultados contrários foram encontrados por [18] em que utilizando
 245 larvas de mosca doméstica na alimentação de frangos de corte encontrou um aumento
 246 significativo para os pesos médios, consumo total de ração e ganho médio diário em
 247 comparação com a dieta comercial.

248 As médias obtidas para as variáveis histomorfométricas do intestino delgado:
 249 duodeno, jejuno e íleo de frangos de corte aos 21 dias de idade estão apresentadas na
 250 (Tabela 4). Pode-se observar que não houve diferenças significativas ($P>0,05$), entre os
 251 níveis de substituição do farelo de soja pela farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI),
 252 para altura de vilo e camada muscular nos três segmentos analisados, também não foi
 253 observado diferenças significativas para as alturas da cripta no duodeno e para larguras

254 da cripta no jejuno e íleo. É sabido que as vilosidades diferem-se por tamanho em cada
255 segmento do intestino delgado, que conferem a eles características próprias. Sendo que
256 na presença de nutrientes a capacidade absorptiva do segmento será diretamente
257 proporcional ao tamanho dos vilos, contudo neste experimento, podemos afirmar que a
258 farinha larvas de *Hermetia illucens* não afetou o desenvolvimento da altura das
259 vilosidades e que os mesmos mantiveram seu desenvolvimento proporcional.

260 Cutrignelli et al. [19] trabalharam com poedeiras alimentadas com farinha de larvas
261 de *Hermetia illucens* como substituição completa por farelo de soja na dieta, constataram
262 que o grupo alimentado com farinha apresentou maior altura das vilosidades do duodeno,
263 enquanto o oposto aconteceu no jejuno e no íleo.

264 De maneira geral, o tamanho e algumas particularidades do trato gastrointestinal,
265 podem sofrer influência da qualidade e do tipo de alimento consumido, um exemplo são
266 as aves que consomem alimentos à base de fibra que tendem a apresentar sistema
267 digestório mais longo [20].

268 A altura de vilosidade está diretamente relacionada a maior capacidade de absorção
269 e digestão de nutrientes e melhor desenvolvimento dos animais [21]. Em um estudo com
270 frangos de corte alimentados com farinha de larvas de tenébrio como substituto total por
271 farelo de soja, [22] e encontraram maior comprimento intestinal total nas aves alimentadas
272 com a farinha, principalmente devido a um maior comprimento do íleo e ceco.

273 **Tabela 4. Níveis de substituição do farelo de soja por farinha de larvas de *Hermetia***
274 ***illucens* (FLHI), sobre as variáveis morfométricas do intestino delgado de frangos**
275 **de corte aos 21 dias de idade.**

276

Substituição%	Altura de vilo (μm)	Largura de vilo (μm)	Muscular (μm)	Altura de cripta (μm)	Largura de cripta (μm)
0	1831.8	141.6	179.9	79.6	28.2
5	1937.9	154.9	166.9	66.4	37.7
10	2180.8	175.9	200.7	90.7	42.6
15	2046.9	164.9	208.3	83.4	35.9
Prob. Anova	0.2076	0.0001	0.3387	0.4927	0.1030
Prob. Regressão	NS	Q	NS	NS	Q
CV (%)	12.12	5.50	20.44	31.06	22.69

JEJUNO

Substituição%	Altura de vilo (μm)	Largura de vilo (μm)	Muscular (μm)	Altura de cripta (μm)	Largura de cripta (μm)
0	1431.6	129.0	240.4	120.1	40.7
5	1472.4	114.7	259.2	130.2	38.3
10	1505.7	143.6	277.5	147.7	42.2
15	1501.3	160.2	271.2	126.0	43.6
Prob. Anova	0.6553	0.0232	0.2632	0.0404	0.5131
Prob. Regressão	NS	L	NS	Q	NS
CV (%)	6.44	15.58	10.07	8.52	13.57

ÍLEO

Substituição%	Altura de vilo (μm)	Largura de vilo (μm)	Muscular (μm)	Altura de cripta (μm)	Largura de cripta (μm)
0	1126.6	150.5	515.0	135.5	40.7
5	1043.9	173.1	436.7	122.9	40.2
10	1061.7	131.6	473.9	118.8	39.4
15	1041.8	139.6	407.1	113.4	38.5
Prob. Anova	0.6974	0.0048	0.2606	0.1821	0.9039
Prob. Regressão	NS	NS	NS	L	NS
CV (%)	11.94	9.86	18.81	12.62	12.35

277 Cv- coeficiente de variação, Ns- não significativo a 5% de probabilidade, Q-Quadrática,

278 L-linear, μm = micrômetro

279 Ao analisarmos a variável espessura da parede muscular, não foi observada
280 nenhuma diferença significativa entre os tratamentos para as porções duodeno, jejuno e
281 íleo (Tabela 4), contudo Bonapaz et al. [23]. Descreve que a redução da parede muscular
282 intestinal de forma acentuada é uma resposta fisiológica à algum agente externo, como
283 microrganismos patogênicos ou substâncias antinutricionais. A dieta também pode
284 resultar em aumento de volume e peso da digesta, ocasionando aumento da espessura da
285 parede muscular [24], que é responsável pelo peristaltismo, promovendo alteração na

286 espessura da parede muscular, causando assim uma resposta fisiológica do organismo
287 com o intuito de manter o fluxo da digesta.

288 Na análise de morfometria dos intestinos de frangos ([Tabela 4](#)) observou-se também
289 efeito quadrático de respostas para as variáveis largura de vilo (LVD) e de cripta (LCD)
290 do duodeno e altura de cripta do jejuno (ACJ). Com base nas equações respectivamente:
291 (LVD= $139,64 + 5,46FI - 0,243FI^2$, $R^2= 0,87$, derivada=11,23%); LCD= (LCD= $27,92 +$
292 $2,94 FI - 0,158 FI^2$, $R^2=0,95$, derivada=9,30%); ACJ= (ACJ= $117,94 + 4,93FI - 0,282 FI^2$,
293 $R^2= 0,74$, derivada= 8,74%). Podemos afirmar que ocorreu efeito quadrático de regressão
294 e que o nível que proporcionou maior largura de vilo do duodeno foi de 11,23% de
295 substituição do farelo de soja por farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI). Sousa et
296 al. [\[25\]](#) em seu trabalho sobre a caracterização morfológica do trato gastrointestinal de
297 frangos de corte da linhagem Cobb 500, afirma que em ambos os intestinos delgado e
298 grosso, é visível a presença de vilos, que se tornam mais espessos e curtos caudalmente
299 ao tubo digestório. No tocante a largura da porção média do vilo observada na região do
300 duodeno apresentou-se mais larga que nas outras porções, corroborando com [\[26\]](#) que
301 afirma que as dimensões do vilo estão diretamente associadas a disponibilidade de
302 nutrientes no interior do lúmen intestinal, sabe-se que um incremento na largura bem
303 como no comprimento do vilo permitem um aumento na superfície de absorção, e maior
304 eficiência digestiva.

305 Já para largura de cripta do duodeno o nível que proporcionou a máxima largura
306 de cripta foi de 9,30%. Com relação à altura de cripta do jejuno pode-se observar uma
307 máxima de 8,74% com o nível de substituição. Marchini et al. [\[27\]](#) afirmaram que o
308 aumento na profundidade da cripta é observado em todos segmentos do intestino delgado,
309 sendo que no duodeno e jejuno este aumento é estabilizado até o 14º dia de idade da ave.
310 O aumento no número e tamanho das criptas possui relação direta com a proliferação de

311 enterócitos (células responsáveis pela absorção de nutrientes). A presença destas células
312 é de grande importância, uma vez que o epitélio do intestino delgado é renovado com a
313 propagação destas células da cripta para as vilosidades. Esta proliferação celular é
314 responsável pela melhor absorção de nutrientes [28, 29, 30].

315 Ocorreu efeito linear crescente para largura de vilo do jejuno (LVJ),
316 ($LVJ=118,58+2,44FI$, $R^2=0,65$), podemos afirmar que a medida que aumenta a
317 substituição do farelo de soja por farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI) ocorreu
318 aumento de largura do vilo em 2,44 micrômetro (μm). Altura de cripta do íleo o efeito
319 linear foi ($ACI= 133,21-1,40FI$, $R^2=0,93$). Resultados opostos foram encontrados por
320 Cutrignelli et al.[19], pois observaram um aumento significativo da ACI. Qaisrani et al.
321 [31] relatam que menor altura das vilosidades e maior profundidades das criptas podem
322 levar a má digestão e menor absorção de nutrientes e, conseqüentemente, um fraco
323 desempenho dos animais.

324 Para os dados de digestibilidade obtidos (Tabela 5) pode-se observar que, para os
325 coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria mineral e energia metabolizável
326 aparente da matéria seca e matéria mineral, houve efeito linear positivo,
327 ($CDMS=68,32+0,20FI$, $R^2=0,77$; $CDMM=24,44+0,47FI$, $R^2=0,55$; $EMAMS=3315,40+21,$
328 $54 FI$, $R^2=0,78$; $EMAMM=2946,80+2210 FI$, $R^2=0,79$) respectivamente verificando que
329 à medida que aumentou os níveis de substituição houve aumento positivo para as
330 variáveis, indicando assim que a farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI) pode ser
331 utilizada em substituição ao farelo de soja trazendo benefícios em alguns nutrientes e sem
332 causar efeitos negativos.

333 **Tabela 5. Valores de Coeficientes de metabolizabilidade da Matéria Seca (CDMS),**
334 **Proteína Bruta (CDPB), Matéria Mineral (CDMM), Extrato Etéreo (CDEE) e a**

335 **energia metabolizável aparente (EMA) da farinha de larvas de *Hermetia illucens***
 336 **(FLHI).**

8 A 21						
Substituição%	CDMS	CDEE	CDPB	CDMM	EMAMS	EMAMM
0	69.21	78.77	57.78	25.11	3396	3022
5	69.03	81.25	58.42	28.93	3345	2977
10	69.95	78.34	57.45	25.69	3580	3223
15	72.10	77.50	60.97	33.96	3653	3288
Prob. Anova	0.0816	0.6642	0.5579	0.0190	0.0026	0.0007
Prob. Regressão	Linear	NS	NS	Linear	Linear	Linear
CV (%)	2.67	5.79	7.18	13.01	3.28	3.29

337 Prob= probabilidade, CV (%)=coeficiente de variação, NS=não significativo a 5% de
 338 probabilidade.

339 Não foram observadas diferenças para os valores de extrato etéreo. É importante
 340 notar que a farinha de larvas de *Hermetia illucens* é rica em proteína, e como se pode
 341 observar os valores de coeficientes de digestibilidade da presente pesquisa, indica que os
 342 mesmos são comparáveis com a literatura atual. As larvas de *Hermetia illucens* são uma
 343 fonte de alimentação de alto valor, rica em proteínas e gorduras. Eles contêm cerca de 40-
 344 44% de proteína bruta [2]. Porém Schiavone et al.[7] encontrou uma Diminuição da
 345 digestibilidade das proteínas quando os frangos de corte foram alimentados com farinha
 346 de larvas de tenebrio molitor com um nível de inclusão de 25% na dieta.

347 **Conclusão**

348 A substituição de até 15% de farinha larvas *Hermetia illucens* por farelo de soja em
 349 rações para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias não prejudica o desempenho e melhora
 350 a digestibilidade de alguns nutrientes.

351 O uso da farinha de larvas de *Hermetia illucens* como substituto do farelo de soja
 352 tem potencial para ser usado como fonte de proteína na alimentação de frangos de corte.

353 **Contribuições dos autores**

354 Concebeu e desenhou as experiências: LRBD PML FAS. Realizaram os experimentos:

355 LRBD PML FLAC FAS RGS REFL RS. Analisou os dados: LRBD PML FLAC VKS

356 JMK. Reagentes / materiais / ferramentas de análise: LRBD PML FLAC NKS GJF.

357 Escreveu o artigo: LRBD PML FLAC FAS.

358 **Referências**

359

- 360 1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2013. Edible
 361 insects. Future prospects for food and feed security. Disponível em
 362 <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>> Acesso em 23 de abril de
 363 2018.
- 364 2. Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as
 365 animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 1-33, 2014.
- 366 3. Huis AV, Itterbeeck JV, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, et al. 2013.
 367 Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. FAO. FAO
 368 Forestry Paper.
- 369 4. Diener, S, Zurbrügg C, Roa Gutiérrez F, Nguyen D H, Morel A, Koottatep T,
 370 Tockner K. Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and
 371 constraints. WasteSafe 2011 – 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the
 372 Developing Countries, 13-15 February 2011, Khulna, Bangladesh. 2011.
- 373 5. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo
 374 FG, et al. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de alimentos e
 375 exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa: UFV, Departamento de zootecnia. 2017.
- 376 6. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de
 377 monogástricos. Jaboticabal: FUNEP 2016.
- 378 7. Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, et al.
 379 Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly
 380 larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient
 381 digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid
 382 digestibility. *Journal of Animal Science Biotechnology*. 2017.
- 383 8. Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, et
 384 al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent

- 385 digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat
386 traits. *Animal*. 2016.
- 387 9. Junqueira LCU, Junqueira LMMS. Técnicas básicas de citologia e histologia.
388 São Paulo: Santos Editora, 1983.
- 389 10. SAS. Statistical analysis systems user's guide: Version 9.0. Cary, NC, USA:
390 SAS Institute Inc., 2002.
- 391 11. Tschirner M, Simon A, Influence of different growing substrates and processing
392 on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed.
393 *J. Insects as Food and Feed*, 2015.
- 394 12. Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Savage SA. value-added manure
395 management-system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*. 1994,
396 50, 275–279.
- 397 13. Al-Qazzaz MFA, Ismail D, Akit H, Idris LH. Effect of using insect larvae meal
398 as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying
399 hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016;45:518–23.
- 400 14. Maurer V, Holinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, et al.
401 Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J*
402 *Insect Food Feed*. 2016;2:89–90.
- 403 15. Rumpold BA, Schluter OK, Potential And Challenges Of Insects As An
404 Innovative Source For Food And Feed Production. *Innovative Food Science and*
405 *Emerging Technologies*, 2013.
- 406 16. Khempaka SC, Chitsatchapong, And W. Molee. 2011. Effect of chitin and
407 protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient
408 digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia
409 production in broilers. *Journal of Applied Poultry Research Res*. 20:1–11. doi:
410 10.3382/japr.2010-00162.
- 411 17. Widyaratne GP and MD Drew. Effects of protein level and digestibility on the
412 growth and carcass characteristics of broiler chickens *poult sci* 90:595–603.
413 doi:10.3382/ps.2010-01098. 2011.
- 414 18. Pretorius Q. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly)
415 as) as protein source for broiler production,) as protein source for broiler
416 production, doctoral dissertation, estellen bosch university. 2011.
- 417 19. Cutrignelli MI, Messina M, Tulli F, Randazzi B, Olivotto I, Gasco L, et al.
418 Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as
419 soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in
420 laying hens. *Research in Veterinary Science* 117 (2018) 209–215.
- 421 20. Bueno FL, Efeito da forma física, granulometria (DGM) e adição de óleo em
422 dietas iniciais de frangos. Dissertação de mestrado em ciências veterinárias.
423 Universidade federal do parana. Curitiba. 56p.2006.
- 424 21. Maiorka A, Boleli IC, Macari M. Desenvolvimento e reparo da mucosa
425 intestinal. In: Gonzales E. Fisiologia aviaria aplicada a frangos de corte.
426 Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.
- 427 22. Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, et al. Use of
428 *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth
429 performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *Journal of*
430 *Animal Science*. 2016.
- 431 23. Bonapaz RS, Hermes-Uliana C, Santos FN, Da silva AV, Araújo EJA, Sant'ana
432 DMG. Effects of infection with *Toxoplasma gondii* oocysts on the intestinal wall
433 and the myenteric plexus of chicken (*Gallus gallus*). *Pesquisa Veterinária*
434 Brasileira, v. 30(9), p. 787-792, 2010.

- 435 24. Brenes A, Marquardt RR, Guenter W. Effect of enzyme addition on the
436 performance and gastrointestinal tract size of chicks fed lupin seed and their
437 fractions. *Poultry Science*, 2002.
- 438 25. Sousa DC, Oliveira NLA, Santos ET, Guzzi A, Dourado LRB, Ferreira GJ.
439 Caracterização morfológica do trato gastrointestinal de frangos de corte da
440 linhagem Cobb 500®. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2015.
- 441 26. Macari, M. A fisiologia do sistema digestivo das aves (I). *Aves e ovos*, São
442 Paulo, v. 15, n. 8/9, p. 12-20, 1999.
- 443 27. Marchini CFP, Silva PL, Nascimento MRBM, Beletti ME, proliferation of
444 broiler chickens submitted to cyclic heat stress. *International Journal of Poultry*
445 *Science*, 2011.
- 446 28. Simon, Theodore C, Gordon, Jeffrey I. Intestinal epithelial cell differentiation:
447 new insights from mice, flies and nematodes. *Current opinion in*
448 *genetics&development*, 1995.
- 449 29. Geyra A, Uni Z, Sklan D. Enterocyte dynamics and mucosal development in the
450 posthatch chick. *Poultry Science*, 2001.
- 451 30. Iji PA, Saki A, Tivey R. Body and intestinal growth of broiler chicks on a
452 comercial starter diet.I.Intestinal weight and mucosal development. *British*
453 *Poultry Science*. 2001.
- 454 31. Qaisrani SN, Moquet PC, Van krimpen MM, et al. Protein source and dietary
455 structure influence growth performance, gut morphology, and hindgut
456 fermentation characteristics in broilers. *Poultry science*. 2014.

4 CONCLUSÕES GERAIS

Nos próximos anos haverá um aumento significativo por parte da produção científica relacionada ao uso de farinhas de insetos na alimentação animal como ingrediente de fonte proteica alternativa para a utilização de insetos como ingrediente alimentar em dietas para animais é importante aumentar a produção dos mesmos. Nota-se também que o uso de insetos como fonte de proteína em rações para fangos de corte na fase estudada é viável, uma vez que os mesmos são fontes de proteína e energia de ótimas qualidades e também abre novas perspectivas na alimentação e produção animal. Para tanto as farinhas de insetos na fase larval quando introduzidas nas dietas de frangos de corte não prejudica a saúde e o desempenho desses animais e pode ser utilizada como fonte de proteína alternativa ao farelo de soja. Sua utilização apresentou-se proporcional as dietas que os animais foram submetidos, mostrando seu potencial para ser usado como fonte de proteína na alimentação de frangos de corte.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANIEBO, A. O. AND OWEN, O. J. Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) meal (HFLM). Pakistan **Journal of Nutrition**. 2010.
- AGUILAR-MIRANDA, E. D.; LÓPEZ, M. G.; Escamilla-Santana, C.; Barba de la Rosa, A. P. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2009.
- BARRY, T. **Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*)**. Thesis (D.Sc.). University of North Texas, Texas, USA. 2004.
- BOVERA, F. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **J. Anim. Sci.** 2015.
- BRADLEY, S.W.; BOOTH, D.C.; SHEPPARD, D.C. Parasitism of the black soldier fly by *Trichopria* sp. (hymenoptera, diapriidae) in **poultry houses**. *Environ. Entomol.* 1984.
- BUKKENS, S.G.F. Insects in the human diet: nutritional aspects. In: **Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for**

sustainable development, M.G. Paoletti (ed.). New Hampshire, Science Publishers, pp. 2005.

BRUMANO, G. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos proteicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira Zootecnia**, 2006.

CERRITOS, R. *Insects As Food: An Ecological, Social And Economical Approach*. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**. 2009.

COSTA NETO, E.M. Insetos como fonte de alimento para o homem: valoração de recursos considerados repugnantes. **Interciência**. 2003.

COLLAVO, A.; GLEW, R.H; HUANG Y-S. House cricket small-scale farming. In: Paoletti MG, ed. *Ecological Implications of Minilivestock*. **Science publishers, Inc.**; 2005.

CULLERE, M. et al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. **Animal** 2016.

DIENER, S. et al. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. In: *WasteSafe, 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the Developing Countries*, February, Khulna, Bangladesh. 2011.

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2015. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. **EFSA Journal** 2015; doi:10.2903/j.efsa.2012.2557.em:<<http://www.ipsnoticias.net/portuguese/2013/07/ultimasnoticias/terramerica-barreiras-ao-mercado-de-insetos/>>. Acessado em: 19 junho. 2018.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations). **Edible insects: Future prospects for food and feed security. Forestry paper**. 2013.

FAO. *World Livestock—Livestock in food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, Rome, 2011. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e.pdf>> Acesso em 19 de abril de 2018.

FERRARI, S.R. et al. The Mei-Sae protein complex mediates Dmc1 activity in *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Biological Chemistry**. 2009.

FINKE, M. D. Estimate Of Chitin In Raw Whole Insects. **Zoo Biology**, Volume 26, p. 105–115. 2007.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **State of the world fisheries and aquaculture**. 2012. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>> Acesso em 02 de novembro de 2018.

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

GHALY, A.E. AND ALKOAİK, F.N. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**. 2009.

HALLORAN, A. & VANTOME, P. **The Contribution Of Insects To Food Security, Livelihoods And The Environment**, Roma: FAO. 2013.

HARDOUIN, J. AND MAHOUX, G. **Zootecnie d'insectes—Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage**. 2003.

HELM, R.M. et al. Shared allergenic activity in Asian (*Blattella asahinai*), German (*Blattella germanica*), American (*Periplaneta americana*), and Oriental (*Blatta orientalis*) cockroach species. **Int. Arch. Allergy Imm.** 1990.

<https://viaorganica.org/composta-con-moscas-soldado-negras-hermetia-illucens-para-alimento-de-gallina/> Acesso em novembro 2018.

HUIS, A. V. et al. **Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2013**. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>> Acesso em 19 de abril de 2018.

HUIS, A. V.; GURP, H. V.; DICKE, M. **The Insect Cookbook. Food for a Sustainable Planet**. Columbia University Press. 2015.

HWANGBO, J. et al. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. **Journal of Environmental Biology**. 2009.

JÓZEFIÁK, D. et al. Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. **Annals of animal science**. 2016.

LEE, K.P.; SIMPSON, S. J & WILSON, K. **Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. Functional Ecology**. 2008.

LOCK, E.J; Arsiwalla, T; Waagbo, R. Insect meal: a promising source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*). In: **Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands**. 2016.

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

NASCIMENTO, G. A. J. et al. Efeitos da substituição do milho pela raspa de mandioca na alimentação de frangos de corte, durante as fases de engorda e final. **Ciência e agrotecnologia**. 2005.

NAKAGAKI, B.J.; DEFOLIART GR. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (orthoptera, gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. **Journal of Economic Entomology**. 1991.

NEWTON, G. L. C. V. et al. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. **Journal of Animal Science**.1977.

NEWTON, G. L. et al. The black soldier fly *Hermetia illucens* as a manure management resource recovery tool. In: **Proceeding of Symposium on the State of the Science of Animal Manure and Waste Management**, San Antonio, TX, USA. 2005.

OLIVEIRA-COSTA, J. **Entomologia forense: quando os insetos são vestígios**. 3ª Edição. Campinas: Millennium. 2011.

PATRICIO, I. S. et al. Overview on the performance of Brazilian broilers (1990 to 2009). **Brazilian Journal of Poultry Science**. 2012.

PAOLETTI, M. G. et al. Human Gastric Juice Contains Chitinase That Can Degrade Chitin. **Annals of Nutrition and Metabolism**. 2007.

PASSOS DE CARVALHO, J. **Introdução a entomologia Agrícola**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1986.

PAYNE, C.L.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. A. systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. Trends in **Food Science & Technology**. 2016.

PIMENTEL, D. et al. Water resources: Agricultural and environmental issues. **Bioscience**. 2004.

PRETORIUS Q. **The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production**, Doctoral dissertation, Stellenbosch University. 2011.

RAMOS-ELORDUY, J. et al. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**. 2002.

RIBEIRO, A. M. L.; HENN, J. D.; SILVA, G. L. Alimentos alternativos para suínos em crescimento e terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**. 2010.

RUMPOLD, B. A. & SCHLUTER, O. K. Potential And Challenges Of Insects As An Innovative Source For Food And Feed Production. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 2013.

SÁNCHEZ-MUROS, M.J. et al. Long-term nutritional effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout. Adaptive response to starvation and high-protein, carbohydrate-free diet on glutamate dehydrogenase and alanine aminotransferase kinetics. **Biochemistry and Cell Biology**. 2015.

SPANG, B. Insects as food: assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*). Environmental study master thesis: The Evergreen State College. . 2013.

SCHIAVONE, A. et al. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 2017.

SHEPPARD D.C.; TOMBERLIN J.K.; JOYCE JÁ. et al. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). **Journal of Medical Entomology**.2002.

SHEPPARD, D.C.; NEWTON, G.L.; THOMPSON, S.A. et al. A value-added manure management-system using the black soldier fly. **Bioresource Technology** 1994.

SIMUNEK, J.; HODROVA, B.; BARTONOVA, H; KOPECNY, J. **Chitinolytic bacteria of the mammal digestive tract. Folia Microbiologica**. 2001.

ST-HILAIRE S. et al. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the World Aquaculture Society, strains of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera, Tenebrionidae). **Journal of Stored Products Research**.1973.

TEGUIA, A.; MPOAME, M.; OKOUROU, M. J. A. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. **Tropicultura**. 2002.

TSCHIRNER. M.; SIMON, A.; Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly destined for animal feed. **Journal on Insects as Food and Feed**. 2015.

VAN HUIS A. **Potential of insects as food and feed in assuring food security**. Annual Review of Entomology 2013; 58: 563–583. doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153704 PMID: 23020616

VELDKAMP, T. G.; VAN DUINKERKEN, A.; VAN HUIS, C. M. M. et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets- a feasibility study. In: Report **Wageningen Livestock Research, Lelystad, The Netherlands**. 2012.