

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE ZOOTECNIA**

Lucas de Marques Vilella

Produção de insetos para uso na alimentação animal.

Porto Alegre  
2018

## **Produção de insetos para uso na alimentação animal**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Machado Leal Ribeiro

Porto Alegre

2018

Produção de insetos para uso na alimentação animal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para  
obtenção do Grau de Zootecnista, Faculdade de Agronomia, Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul.

Data de aprovação: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

Andrea Machado Leal Ribeiro, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. – UFRGS

Orientadora

\_\_\_\_\_

Kátia Maria Cardinal – Pós graduanda de Doutorado – PPG Zootecnia  
UFRGS

\_\_\_\_\_

Thaís Stefanello – Pós graduanda de Doutorado – PPG Zootecnia UFRGS

## **DEDICATÓRIA**

Dedico essa conquista aos meus pais que nunca deixaram de incentivar os meus estudos e sonhos aos meus irmãos por me apoiarem de todas maneiras possíveis, aos meus amigos que sempre me incentivaram e me apoiaram.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que de alguma forma me fizeram enxergar meu caminho e deixaram sua contribuição ao meu crescimento.

Se as armas alimentassem a fome no mundo e se a corrupção na política fosse à solução da pobreza, eu teria uma frase a menos.

Elton Baron

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, João Carlos Vilella e Marise de Marques Vilella, por sempre fazerem sacrifícios para que os meus estudos e sonhos fossem possíveis. Obrigado por me amarem e por acreditar em mim.

Aos meus irmãos Juliana e Mateus por me apoiarem, me acompanharem e aturar meus dias ruins e sei que sempre poderei contar com vocês.

Agradeço a minha namorada Pâmela por me apoiar e fazer meus dias melhores.

Agradeço aos amigos e irmãos, Bruno e César, que a vida me deu e sempre estão lá para me lembrar que há pessoas para nos apoiar mesmo quando estamos sem forças.

A minha segunda família que foi o Laboratório de Ensino Zootécnico, que me trouxe grande conhecimento, me ensinou a procurar mais de mim e também ensinou a trabalhar em equipe e acreditar que cada pessoa tem sua capacidade e a importância de saber como explorar essas capacidades e que várias mentes juntas trabalhando para o mesmo resultado sem se preocupar com o benefício próprio é muito melhor que a individualidade. E onde também aprendi que trabalhar cansa, mas comemorar as conquistas é muito bom, agradeço a todos os churrascos e beberagens.

Aos meus colegas que entraram comigo nesta jornada, e que por vários motivos se tornaram pessoas que respeito e admiro.

Aos meus mestres e professores que das mais diversas formas me fizeram ampliar os horizontes do meu conhecimento.

Agradecimento especial a minha orientadora a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrea Machado Leal Ribeiro, que sempre me apoiou e exigiu mais de mim sabendo que poderia alcançar e me ensinou muito.

Agradeço aos órixas e a deus pois a fé é importante nos momentos que nada parece certo e que somente acreditar em algo maior nos sustenta.

## RESUMO

O crescimento constante da população mundial, aumentará a necessidade de produção de alimentos. Diante dessa situação a FAO estima um aumento entre 60–70% no consumo de proteína de origem animal. Este aumento de consumo demanda uma grande quantia de recursos naturais, cada vez mais limitados, seja por fatores ambientais (mudanças climáticas, reservas naturais), ou políticos. O aumento do uso de grãos para produção de biocombustíveis também aumenta a competição produtiva e acaba aumentando os custos das matérias primas. Portanto sabendo-se das necessidades crescentes da produção animal, especialmente de forma sustentável, que atenda os desejos dos consumidores e que não eleve os custos da produção, é necessário procurar alternativas que possam suprir estas demandas. Dentro deste conceito a utilização de insetos na alimentação animal pode ser uma alternativa. Os insetos já fazem parte da dieta de diversas espécies na natureza e animais silvestres em cativeiro, como zoológicos, recebem insetos produzidos em biotérios em suas dietas. Em criações extensivas de aves, é comum que os animais consumam insetos presentes no ambiente. Insetos tem um ciclo de vida rápido, crescem e se reproduzem facilmente pois as fêmeas põem milhares de ovos e podem ser criados em resíduos biológicos. Muitos são agentes decompositores e têm ótima conversão alimentar, pois não produzem calor por terem sangue frio. Um quilo de insetos pode ser produzido com uso de aproximadamente dois quilos de biomassa; como resultado convertem matéria, que seria descartada, em alimento de alto valor nutricional. São ricos em gordura e proteína e seu conteúdo mineral varia conforme a espécie e a fase do ciclo de vida em que são utilizados, porém são associados à sujeira e à falta de sanidade. O trabalho abordará as possibilidades de uso de insetos como alimento e os fatores que afetam sua produção, como a tecnologia para produção de insetos, quais espécies podem ser utilizadas, quais as vantagens e desvantagens da produção de insetos, quais são os valores nutricionais deste tipo de alimento, quais as formas possíveis de uso, e como se encontram as questões de pesquisa sobre o assunto.

Palavras-chave: Insetos comestíveis. Proteína bruta. Valor nutricional.

## **ABSTRACT**

The steady growth of the world's population will increase the need for food production. Faced with this situation the FAO estimates an increase between 60-70% in the consumption of animal protein. This increase in consumption demands a large amount of natural resources, increasingly limited by environmental factors (climate change, natural reserves), or political factors. Increased use of grain for biofuel production also increases productive competition and ends up increasing raw material costs. Therefore, knowing the growing needs of animal production, especially in a sustainable way, that meets the desires of consumers and does not raise the costs of production, it is necessary to look for alternatives that can meet these demands. Within this concept the use of insects in animal feed may be an alternative. Insects are already part of the diet of several species in the wild and wild animals in captivity, such as zoos, receive insects produced in bioterrories in their diets. In extensive breeding of birds, it is common for animals to consume insects present in the environment. Insects have a fast life cycle, grow and reproduce easily because females lay thousands of eggs and can be bred in biological waste. Many are decomposing agents and have excellent feed conversion, as they do not produce heat because they are cold blooded. One kilogram of insects can be produced using approximately two kilograms of biomass; as a result convert matter, which would be discarded, into food of high nutritional value. They are rich in fat and protein and their mineral content varies according to the species and stage of the life cycle in which they are used, but they are associated with dirt and lack of sanity. The work will address the possibilities of using insects as food and the factors that affect their production, such as technology for insect production, which species can be used, what are the advantages and disadvantages of insect production, what are the nutritional values of this type of food, what are the possible ways of using it, and how to find the research questions on the subject

Key words: Edible insects. Crude protein. Nutritional value.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Eficiências de produção de carne convencional e grilos. ....	21
Figura 2. Produção de GEEs por kg de ganho de massa para três espécies de insetos, suínos e bovinos de corte. ....	22
Figura 3. Produção de amônia por kg de ganho de massa para três espécies de insetos e suínos. ....	22
Figura 4. Mosca adulta. ....	27
Figura 5. Larvas de <i>Hermetia Illucens</i> . ....	28
Figura 6. Ciclo de vida da Mosca Soldada negra ( <i>H.Illucens</i> ). ....	28
Figura 7. Besouro adulto ( <i>T.molitor</i> ) e larvas. ....	32
Figura 8. Ciclo de vida da Larva da farinha ( <i>T.molitor</i> ). ....	33
Figura 9. Grilo e gafanhoto. ....	35
Figura 10. Mariposa adulta ( <i>B.mori</i> ) e casulos. ....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. VALOR NUTRICIONAL MOSCA SOLDADO NEGRO ( <i>Hermetia Illucens</i> ).....	52
Tabela 2. VALOR NUTRICIONAL LARVA DA FARINHA ( <i>Tenebrio molitor</i> ). .....	53
Tabela 3. VALOR NUTRICIONAL GRILOS E GAFANHOTOS ( <i>Acridídeas spp.</i> , <i>Pyrgomorphidae spp.</i> , <i>Gryllidae spp.</i> , <i>Tettigonidae spp.</i> ).....	54
Tabela 4. VALOR NUTRICIONAL FARINHA DE BICHO-DA-SEDA INTEGRAL ( <i>Bombyx mori</i> ).....	55
Tabela 5. VALOR NUTRICIONAL DA FARINHA DE BICHO-DA-SEDA DESENGORDURADA ( <i>Bombyx mori</i> ). .....	56

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FDA	Fibra Detergente Ácida
FDN	Fibra Detergente Neutro
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	Potencial de Aquecimento Global
IPIFF	<i>International Platform of Insects for Food and Feed</i>
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MS	Matéria Seca
PAP	Proteína Animal Processada
PB	Proteína Bruta

## SUMÁRIO

SUMÁRIO	12
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	16
2.1 Os insetos na história	16
2.2 Vantagens do uso de insetos	18
2.2.1 Produção de insetos comestíveis	20
2.2.2 Conversão de alimentos	20
2.2.3 Uso de resíduos	21
2.2.4 Emissões de GEE e amônia	22
2.2.5 Análise do ciclo de vida	23
2.3 Bem-estar animal nos insetos	23
2.4 Risco de zoonoses	24
<b>3 Produção de insetos</b>	25
3.1 Definições e conceitos	25
3.2 Escolha das espécies para produção de alimentos	26
3.2.1 Mosca Soldado Negro ( <i>Hermetia illucens</i> )	27
3.2.2 Larva da Farinha ( <i>Tenebrio molitor</i> )	32
3.2.3 Grilos e Gafanhotos (Acridídeas spp., Pyrgomorphidae spp., Gryllidae spp., Tettigonidae spp.)	34
3.2.4 Bicho-da-Seda ( <i>Bombyx mori</i> )	37
<b>4 Resultados encontrados em diferentes espécies</b>	39
4.1 Aves	39
4.2 Suínos	41
4.3 Ruminantes	42
4.4 Peixes	42

4.5 Cães e gatos	43
4.6 Outros	43
<b>5 Custo e confiabilidade da matéria-prima</b>	<b>43</b>
<b>6 Processamento e diferentes tipos de produtos</b>	<b>44</b>
6.1 Insetos inteiros	44
6.2 Farinhas e farelos	44
6.3 Extrato proteico	45
6.4 Gordura extraída	45
6.5. Quitina	45
<b>7 Processamento em escala industrial</b>	<b>46</b>
<b>8 Biossegurança</b>	<b>46</b>
<b>9 Desafios institucionais</b>	<b>47</b>
<b>11 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>52</b>
Tabelas nutricionais	52
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos deve aumentar, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*USDA, 2013*). Este relatório mostra o aumento no consumo de alimentos, em escala mundial, mesmo com um crescimento econômico reduzido em todos os países em desenvolvimento. Isto se deve ao fenômeno de aumento de renda, associado aos crescentes números do consumo nas economias emergentes como China, Índia e Brasil, o que fez com que surgisse nos últimos anos, um grupo de consumidores dispostos a dispendar parte de sua renda na compra de proteínas de origem animal (*GANDHI & ZHOU, 2014*).

A produção global de carnes deverá ser 16% maior em 2025 do que no período analisado, que foi de 2013 a 2015 (*FAO, 2016*). Além disso, atualmente, 36% das calorias produzidas por meio da agricultura no mundo são destinadas à alimentação animal e apenas 12% para a dieta humana, por meio de carnes e outros produtos de origem animal (*CASSIDY et al., 2013*). Soma-se a isso o surgimento dos biocombustíveis que destina de 1 a 4% da produção de grãos, como milho e soja, à energia, o que aumenta a competição por alimentos (*CASSIDY et al., 2013*).

A intensificação dos sistemas de produção dos rebanhos bovino e, principalmente suíno e avícola, tem exigido uma produção crescente de farelo de soja, o que demanda o aumento das áreas para produção deste grão. Buscando suprir esta demanda crescente, aumentam as áreas dedicadas a produções agrícolas e industriais, que utilizam mais recursos naturais e como consequência provocam aumento nos impactos ambientais, como emissões de gases do efeito estufa (GEE), poluição das águas (*HOEKSTRA e WIEDMANN, 2014; MEKONNEN e HOEKSTRA, 2010*) e geração de resíduos, o que vai contra a busca de sistemas sustentáveis. Com isto buscar alternativas que sejam menos demandantes de recursos naturais e menos geradoras de resíduos, torna-se importante à produção mundial de carnes e, em especial, para o Brasil que é um dos principais produtores de proteína do mundo. Neste contexto, um documento gerado pela FAO (2003), sugere a criação e processamento de insetos como alternativa proteica. Também foram realizados

estudos sobre o impacto da criação de insetos no meio ambiente (OONINCX et al., 2010; PREMALATHA et al., 2011) e sobre os aspectos de segurança do consumo de insetos (KLUNDER, WOLKER-ROOIJACKERS et al., 2012). Essas pesquisas demonstraram que os insetos comestíveis são uma boa fonte de aminoácidos, minerais, e ácidos graxos (BUKKENS, 2005; RAMOS-ELORDUY et al., 1997; 2012; RUMPOLD e SCHÜTER, 2013b).

Geralmente, os insetos são considerados um alimento protéico (46-65% de proteína), sendo mais ricos em proteínas que feijões (23,5% de proteína), lentilhas (26,7%) ou soja (41,1%) (RAMOS-ELORDUY et al., 2012). O conteúdo energético dos insetos é, em média, comparável ao da carne, em base de matéria natural (SAKSIRIRAT et al., 2010). A característica mais importante é que os insetos são uma boa fonte de aminoácidos essenciais e ácidos graxos poliinsaturados (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013a).

Um estudo proposto por NGUYEN et al. (2015) demonstrou a capacidade da larva de mosca soldado negro em reciclar resíduos orgânicos das mais distintas origens (ração de frangos de corte, fígado suíno, dejetos suíno, resíduos domésticos, frutas e vegetais e resíduos de pescado) demonstrando a possibilidade de utilizar este “bioconversor” como uma ferramenta de gestão ambiental (DIENER et al., 2011; NGUYEN et al., 2015). Em um estudo de um sistema em escala industrial, o uso de larvas de mosca soldado negro, apresentou reduções de mais de 50% nos volumes de dejetos de aves poedeiras (SHEPPARD et al., 1994).

Todos estes fatores demonstram o potencial de uso de insetos para a produção de alimentos, principalmente como fonte proteica e seu uso na nutrição de animais como substituta de outros grãos e sua capacidade de converter resíduos orgânicos em um material de melhor qualidade. Portanto o intuito deste trabalho é discorrer sobre como os insetos podem ser utilizados na alimentação animal.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Os insetos na história**

Culturalmente sempre houve uma aversão aos insetos, principalmente nos povos ocidentais (KELLERT, 1993). Ao longo da evolução do homem, ele consumiu insetos devido aos hábitos de coletor, porém com o tempo e a passagem de nômades para comunidades sedentárias, ocorreu o desenvolvimento da agricultura e a domesticação de outros animais, isto substituiu as fontes de alimentos primitivos.

Devido à agricultura os insetos passaram a ser considerados pragas. A domesticação de grandes animais e plantas deu ao homem moderno, principalmente os povos europeus, uma vantagem considerável para o seu desenvolvimento (DIAMOND, 2005). Estas conquistas vieram também com a dominância cultural na produção de alimentos, com hábitos, conhecimentos, técnicas e organismos exportados em todo o mundo.

Com o tempo os insetos passaram a ser considerados sinais de doenças e incômodo, tendo associação com povos primitivos ou situação de subdesenvolvimento ou pobreza. Nas sociedades ocidentais onde a proteína é em grande parte derivada de animais domesticados (leite, queijos, carnes e pescados) e da produção de grãos de leguminosas (feijão, soja, lentilha, ervilha) os insetos são praticamente sinônimo de incômodo: mosquitos e moscas invadem casas, mordendo; cupins consomem móveis e estruturas de madeira; e alguns insetos chegam em refeições, desencadeando repulsa.

Certos insetos também são transmissores de doenças (KELLERT, 1993): um vetor mecânico como uma mosca, por exemplo, pode transportar um agente infeccioso de um local para um alimento; mosquitos, carrapatos, pulgas e outros parasitas são muitas vezes responsáveis por doenças graves no sangue, como a malária, dengue, encefalite viral, doença de Chagas. Borboletas e joaninhas estão entre os poucos insetos que são bem vistos (KELLERT, 1993; LOOY e WOOD, 2006).

Se a produção agrícola permanecer na sua forma atual, os aumentos das emissões de GEE, bem como o desmatamento e a degradação ambiental vão continuar. Estes problemas ambientais, particularmente os associados à criação de gado, necessitam de atenção urgente, pois o gado assim como o

peixe são importantes fontes de proteína na maioria dos países. De acordo com a FAO (2006), a produção pecuária representa 70% dos solos utilizados pela agricultura mundial. Da mesma forma, a produção e consumo de peixe aumentou drasticamente nas últimas cinco décadas. Consequentemente, o setor da aquicultura cresceu e agora representa cerca de 50% da produção mundial de peixes.

O crescimento sustentável do setor da produção de proteína animal dependerá em grande parte da existência de alimentos para rações. A oportunidade para os insetos atenderem esta demanda crescente e substituírem as fontes normais de alimentos nas rações animais é enorme. As instalações de produção de animais são economicamente viáveis devido à sua elevada produtividade, pelo menos em curto prazo. No entanto, estas instalações acarretam enormes custos ambientais (TILMAN *et al.*, 2002; FIALA, 2008). O estrume, por exemplo, contamina a água superficial e as águas subterrâneas com nutrientes, toxinas (metais pesados) e patógenos (TILMAN *et al.*, 2002; THORNE, 2007).

A agricultura tem sido definida como principal causa de antropomorfismo climático. Alimentar as populações futuras exigirá o desenvolvimento de fontes alternativas de proteína, tais como carne cultivada, algas, feijões, fungos e insetos. Há um interesse crescente por insetos como uma fonte alternativa aos alimentos normalmente empregados na alimentação animal, como soja, milho, grãos e farinha de peixe.

No mundo há cerca de 1,5 milhões de espécies animais, das quais os insetos compreendem mais de dois terços (950 mil). Eles fazem parte de um grande grupo de animais pertencentes ao filo Artropoda. As estimativas dizem que a quantidade de espécies variam de 2,6 milhões a 7,8 milhões. Destas, 1.900 espécies são usadas como fonte de alimento para humanos (VAN HUIS *et al.*, 2013). Globalmente, os insetos mais comumente consumidos são os besouros (Coleoptera - 31%), lagartas (Lepidoptera - 18%), abelhas, vespas e formigas (Hymenoptera - 14%). Seguindo estes estão os gafanhotos e grilos (Orthoptera - 13%), cigarras, cigarrinhas, bichos-folha e insetos verdadeiros (Hemiptera - 10%), cupins (Isoptera - 3%), libélulas (Odonata - 3%), moscas (Diptera - 2%) e outras ordens ( 5%).

A importância da criação de insetos para a humanidade reside desde a capacidade de polinização, vital à sobrevivência de algumas espécies de plantas, até a capacidade de reciclagem de resíduos orgânicos de origem vegetal e, principalmente, animal (VAN HUIS et al., 2013). Aproveitar esta vantagem produtiva dos insetos em converter resíduos orgânicos, considerados limitadores da produção de várias atividades como suinocultura ou avicultura, em proteína animal, faz parte de um projeto elaborado pela FAO em cooperação com a Universidade de Wageningen, na Holanda, e que resultou no relatório *Edibleinsects: future prospect for food and feed security*.

Dada a ampla gama de espécies de insetos comestíveis, o valor nutricional é altamente variável. Mesmo dentro do mesmo grupo de espécies, o valor nutricional pode diferir dependendo do estágio metamórfico do inseto, seu habitat de criação e sua dieta (VAN HUIS, 2003). A digestibilidade e o valor nutricional dos insetos dependem das espécies a serem utilizadas podendo variar de 50 a 82% de proteína bruta na matéria seca (SCHABEL, 2010). Espécies como a mosca doméstica (*Musca domestica*) apresentam níveis entre 43 e 68% de proteína bruta e o tenébrio – “bicho da farinha” (*Tenebrio molitor*), valores entre 44 e 69%, muito próximos aos verificados no farelo de soja - 49 a 56% (VELDKAMP et al., 2012).

Diversos países já vêm intensificando as pesquisas sobre o uso de insetos como fontes de alimentos, principalmente a União Europeia, principalmente devido à pressão da destinação de dejetos da produção animal e humana, além da pegada hídrica (gasto de água para produção de um recurso) e emissão de gases de efeito estufa. Estas pesquisas em sua maioria têm o uso de insetos como uma alternativa para alimentação humana, mas a aversão cultural ao consumo de insetos limita essa aplicabilidade. Entretanto quando se pensa em usar para alimentar outros animais, a ideia se tornar viável e de grande aceitação devido à visão sustentável que possui.

## **2.2 Vantagens do uso de insetos**

Produzir insetos tem uma série de vantagens:

- Eficiência elevada da conversão alimentar (a capacidade de um animal de converter a alimentação em massa corporal, representada como quilograma

de ração por quilograma de ganho de peso). O gado de corte, por exemplo, consegue converter aproximadamente 8kg de alimento em 1kg de ganho de peso. Já os insetos são bem mais eficientes, pois conseguem converter entre 1,5 a 2 kg de alimento em 1 kg de ganho de peso, e fazem isso eliminando aproximadamente 100 vezes menos óxido nítrico (um agravante do efeito estufa).

- Podem ser criados em resíduos orgânicos (VELDKAMP et al., 2012), gerando um destino aos alimentos desperdiçados e, desta forma reduzindo a contaminação ambiental.

- Emitem relativamente poucos GEE e pouca amônia.
- Requerem significativamente menos água do que a criação de gado.
- Eles têm poucas questões de bem-estar animal, embora a medida que os insetos sentem dor é, em grande parte, desconhecida.

- Apresentam um baixo risco de transmissão de infecções por zoonoses.

No entanto ainda há muito a ser desenvolvido para evoluírem os sistemas de produção de insetos de modo a serem destinados a escala maiores. De certa forma, eles precisam ser domesticados. Segundo DIAMOND (2005), para uma espécie ser domesticável ela deve apresentar seis características:

- Uma dieta que seja possível de se produzir.
- Alta taxa de crescimento (é mais barato e mais interessante para investir em animais com crescimento rápido).

- Capacidade de acasalamento em cativeiro (alguns animais simplesmente se recusam a fazê-lo).

- Uma disposição domesticável (por exemplo, a domesticação de cavalos foi bem-sucedida, mas a domesticação de zebras falhou por causa de sua agressividade).

- Comportamento relativamente calmo (ou seja, menos reativos).

- Uma estrutura social clara (em qual seja possível definir interações).

Como outros animais nem todas as espécies de insetos comestíveis podem ser domesticadas. As características citadas, foram avaliadas em mamíferos. Isso pode representar que não sejam a melhor maneira de avaliar as espécies de insetos para domesticação.

### 2.2.1 Produção de insetos comestíveis

Para se iniciar um sistema produtivo é necessário conhecimentos da biologia e fisiologia dos animais. Da mesma forma, questões relacionadas à viabilidade de criação, palatabilidade e demais características organolépticas ou nutricionais da ração, conforme a espécie animal a ser arraçoada, devem ser consideradas na escolha.

A seleção das espécies mais adequadas à criação deve ser baseada nas características de produção, teor de proteína e volume de biomassa requerido para a atividade a que se destinam. O custo dos alimentos destinados a estes insetos, sejam de origem vegetal ou mesmo resíduos orgânicos (dejetos), também são decisivos na escolha, principalmente por interferir na qualidade da proteína a ser produzida (riqueza de aminoácidos) (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013).

A tecnologia a ser empregada deve entender as necessidades de cada espécie a fim de controlar o ciclo de vida, necessidades ambientais, ferramentas para coleta, e manejo reprodutivo.

### 2.2.2 Conversão de alimentos

Como a demanda por carne cresce, há o crescimento da necessidade de grãos e proteínas como alimento, porquê é necessário muito mais proteína vegetal para produzir uma quantidade equivalente de proteína animal. PIMENTEL e PIMENTEL (2003) calcularam que, para produzir 1 kg de proteína animal de alta qualidade, os animais são alimentados com cerca de 6 kg de proteína vegetal.

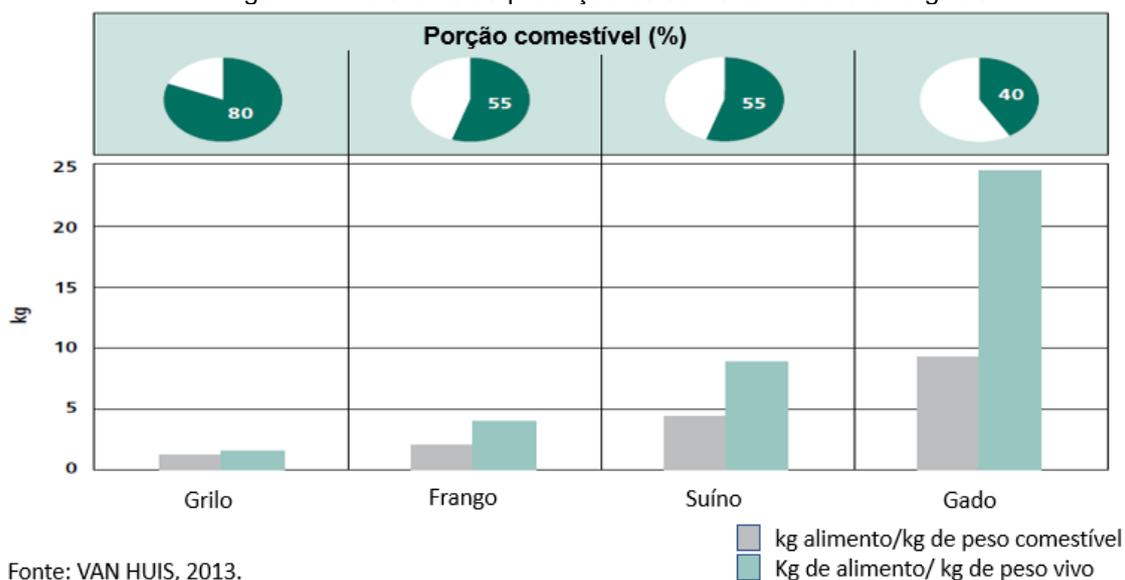
As taxas de conversão de alimentação para carne variam amplamente, dependendo da classe do animal e as práticas de produção utilizadas. Em um sistema de produção típico 1 kg de peso vivo requer a seguinte quantidade de ração: 1,8 kg para frango, 2,8 kg para suíno e 7,4 kg para bovinos. Insetos requerem muito menos alimentação.

Por exemplo, a produção de 1 kg de peso vivo de grilos requer 1,7 kg de ração (COLLAVO *et al.*, 2005). Quando estes números são ajustados para o peso comestível (geralmente o animal inteiro não pode ser comido), a vantagem de comer insetos torna-se maior (VAN HUIS, 2013). NAKAGAKI e

DEFOLIART (1991) estimaram que até 80 % de um grilo é comestível em comparação com 55 % de frangos e suínos e 40 % do gado.

Isto significa que os grilos são duas vezes mais eficientes na conversão de alimentos que os frangos, pelo menos quatro vezes mais eficientes do que os suínos, e 12 vezes mais eficientes do que o gado (Figura 1). Isso se justifica pelo fato dos insetos serem de sangue frio e não necessitarem de alimentos para manter a temperatura corporal.

Figura 1. Eficiências de produção de carne convencional e grilos.



### 2.2.3 Uso de resíduos

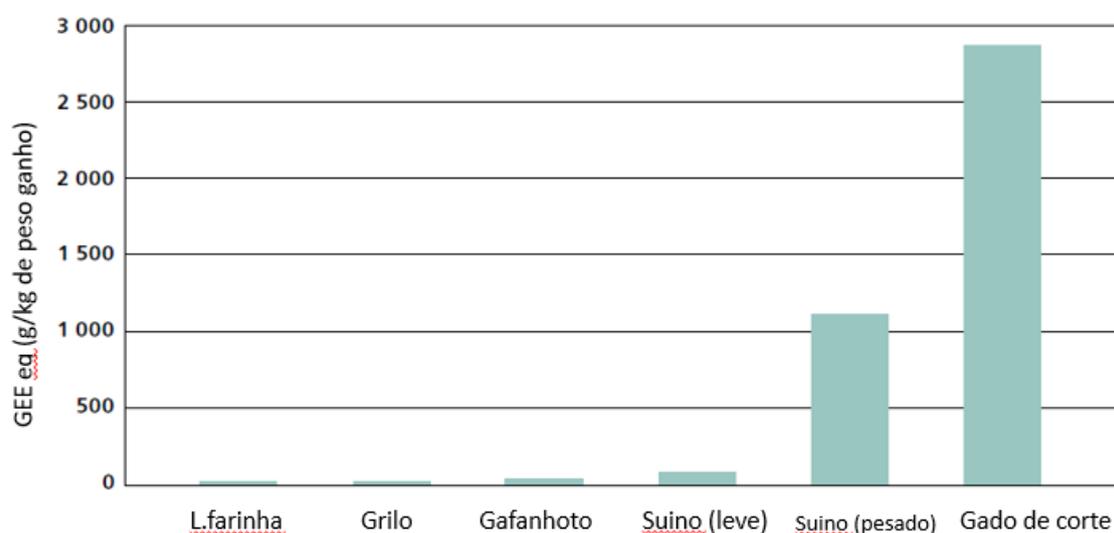
Um benefício dos insetos como uma fonte alternativa de proteína é que podem ser criados sustentavelmente em leitos de resíduos orgânicos (por exemplo, estrume ou chorume de suínos). Desta forma os insetos convertem um material que poderia ser um agente poluente em um recurso alimentar de boa qualidade nutricional (VELDKAMP *et al.*, 2012).

Espécies de insetos como a mosca soldado negro (*Illucens hermetica*), a mosca comum (*Musca domestica*) e a larva da farinha (*Tenebrio Molitor*) são muito eficientes em bioconverter resíduos orgânicos. Por esta razão, estas espécies vêm recebendo a atenção, uma vez que poderiam converter coletivamente 1.300.000.000 toneladas de bioresíduos por ano (VELDKAMP *et al.*, 2012). Outras espécies de insetos, como grilos, são criadas em fazendas de aves. A substituição de tais alimentos por resíduos orgânicos pode ajudar a tornar a agricultura de insetos mais rentável.

## 2.2.4 Emissões de GEE e amônia

A criação de gado é responsável por 18% das emissões de GEE (equivalente CO<sub>2</sub>), quota mais elevada do que o setor dos transportes (STEINFELD *et al.*, 2006). Metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) têm maior potencial de aquecimento global (GWP) do que CO<sub>2</sub>: se o CO<sub>2</sub> tem um valor de 1 GWP, CH<sub>4</sub> tem um GWP de 23 e N<sub>2</sub>O tem um GWP de 289 (IPCC, 2007) (Figura 2).

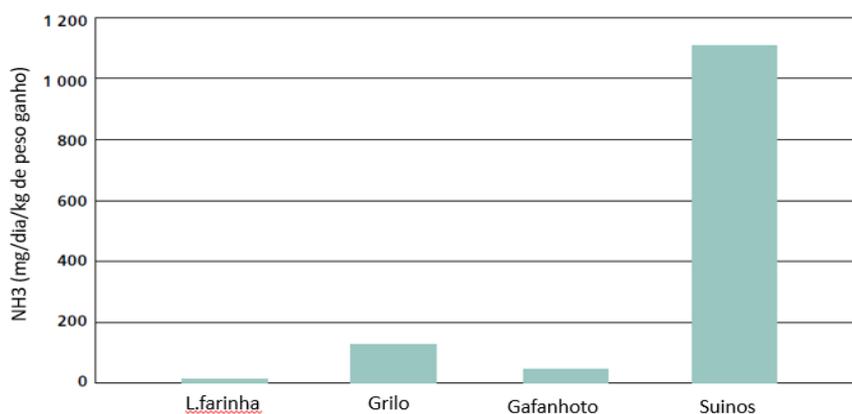
Figura 2. Produção de GEEs por kg de ganho de massa para três espécies de insetos, suínos e bovinos de corte.



Fonte: OONINCX et al.,2010

Os resíduos de gado (urina e estrume) também contribuem para a poluição ambiental (por exemplo, amoníaco) e podem levar à nitrificação e à acidificação do solo (Figura 3).

Figura 3. Produção de amônia por kg de ganho de massa para três espécies de insetos e suínos.



Fonte: OONINCX et al.,2010

### 2.2.5 Análise do ciclo de vida

Avaliação do ciclo de vida é uma técnica para avaliar os impactos ambientais associados a todas as fases da vida de um produto; nos insetos esta análise foi feita nas larvas. OONINCX (2012), quantificaram a produção de GEE, uso de energia e área utilizada de terra em toda a cadeia de produção de larvas, demonstrando que a produção de 1 kg de proteína de larva teve menor impacto ambiental em comparação com a produção de 1 kg de carne de bovina, comparável com carne de porco, e ligeiramente mais alta do que frango e leite.

As emissões de GEE liberados pela produção de insetos foi inferior aos outros sistemas de produção. Para cada 1 ha de terra necessário para produzir proteína de insetos, 2,5 ha seriam necessários para produzir uma quantidade semelhante de proteína do leite, 2 a 3,5 ha seriam necessários para produzir quantidade semelhante de carne suína ou proteína de frango, e 10 ha seriam necessários para produzir proteína de carne bovina. Com base neste estudo, portanto, larvas são uma fonte mais ecológica de proteína animal.

### 2.3 Bem-estar animal nos insetos

No que respeita aos animais de criação intensiva, BRAMBELL (1965) descreveu as normas que a indústria de produção animal deve aspirar: os animais devem ter liberdade de fome, sede, desconforto, dor, lesão, doença, medo e angústia, e a expressão do comportamento normal.

No que diz respeito à fome e à sede, isto significa fornecer alimento suficiente com nutrição adequada para prevenir, entre outros, o canibalismo.

Os critérios de liberdade, desconforto e expressão do comportamento natural dizem respeito à aglomeração e à tolerância de certos níveis de densidades de criação. Como muitos mamíferos em cultivo intensivo, os insetos são tipicamente criados em espaços pequenos e confinados. Para garantir o bem-estar dos animais, deve ser fornecido aos insetos o espaço adequado, que depende do nível de interação que uma espécie tem com outros indivíduos da sua espécie e outras necessidades naturais.

Por exemplo, gafanhotos criados em cativeiro são sempre sociáveis e ocorrem naturalmente em altas densidades. Larvas também têm uma tendência a se aglomerar. Em instalações de criação, as condições ideais são perseguidas para minimizar a mortalidade e aumentar a produtividade. Pouco se sabe sobre a extensão a que os insetos experimentam a dor e o desconforto (ERENS *et al.*, 2012), embora algumas pesquisas tenham sido realizadas usando a mosca da fruta, *Melanogaster drosófila*, como um organismo modelo. NEELY *et al.* (2011) olharam para nocicepção, definida como o "percepção sensorial de estímulos potencialmente prejudiciais" e descobriram a presença de genes de nocicepção semelhantes aos mamíferos, sugerindo que dor pode ocorrer nos insetos.

No entanto, é incerto se estes estímulos são simples reflexos ou se são respostas de sistemas neurais. Embora haja uma falta de evidência de que os insetos possuem capacidade cognitiva para experimentar o sofrimento, até que haja prova conclusiva, EISEMANN *et al.* (1984) sugeriram que os insetos, como precaução, devem ser considerados capazes de sentir dor. Portanto foram adotadas técnicas para reduzir o sofrimento no abate, entre eles podemos citar congelamento instantâneo e trituração.

## **2.4 Risco de zoonoses**

Todo o sistema de produção intensivo acaba acarretando o risco de disseminação facilitada de doenças. Estas são, ainda, a maior causa de perdas em larga escala em sistemas de produção, por elevação da mortalidade ou por questões sanitárias. Algumas dessas doenças são zoonoses, como H5N1, gripe aviária, febre aftosa e encefalopatia espongiforme bovina).

Uma zoonose é uma infecção ou infestação compartilhada na natureza por seres humanos e animais. Recentemente, parece ter havido um sério aumento nas zoonoses devido à intensificação da produção animal e das alterações climáticas. No setor pecuário, os agentes patogênicos que transportam doenças infecciosas são sujeitos a pressões resultantes do ambiente de produção, processamento e varejo.

Os insetos para alimentos e rações não foram testados o suficiente para determinar o risco de transmissão de doenças para os seres humanos. As instalações intensivas de criação de insetos serão igualmente sujeitas às mesmas pressões expostas na produção animal atualmente. No entanto, a diferença fisiológica dos humanos para os insetos diminui os riscos de infecção. Mas o risco de infecções causadas por zoonoses poderia aumentar com o uso inadequado de dejetos das produções animais e humanas na produção de insetos, devido a descuidos na manipulação dos resíduos, cuidados anti-higiênico dos insetos, e contato direto entre os insetos cultivados e insetos fora do sistema, visto que não é totalmente compreendido se eles poderiam ser uma fonte de patógenos emergentes nocivos.

Levando em consideração a ideia culturalmente enraizada de que os insetos são transmissores de doenças é importante trabalhar a ideia de biossegurança neste sistema. Desta forma, é necessária mais investigação nesta área.

### **3 Produção de insetos**

#### **3.1 Definições e conceitos**

O conceito de criação de insetos é muito novo no meio da pesquisa, e desenvolvimento. A definição do termo criação caracteriza que os insetos devem ser criados em um ambiente que possa manter suas condições de vida e alimentação, e a segurança biológica deve garantir que eles não se misturem à população local ou causem impactos ecológicos.

As palavras *Criação* e *Reprodução* muitas vezes são confundidas. A palavra criação é mais frequentemente usada na produção pecuária. Estritamente falando, *Criação* refere-se a cuidar dos animais, enquanto a reprodução se refere ao manejo reprodutivo. *Reprodução* muitas vezes se

refere a produzir melhores descendentes: isto é, melhorar geneticamente o estoque selecionando espécimes em uma população com determinadas características desejadas. No entanto nos insetos as condições de confinamento podem ter um efeito genético negativo sobre as populações através da consanguinidade, depressão, deriva genética.

Na produção de insetos devido à grande quantidade de animais em pequenas áreas o melhor termo seria criação, pois se trata de cuidar dos insetos durante seu ciclo de vida natural, garantindo as condições ideais e alimentação e sabendo o momento adequado de se efetuar a “colheita”. Insetos podem ser considerados uma pecuária de pequeno porte, de peso normalmente inferior a 20 kg, com potencial benefício, nutricional ou econômico (HARDOIUN,1995).

### **3.2 Escolha das espécies para produção de alimentos**

No documento, *Insects for the food and feed*, gerado pela FAO, foram definidas certas recomendações sobre a criação de insetos como os critérios de seleção dos insetos a serem produzidos, facilidade de criação, sabor, cor dos subprodutos e se podem ser usados como alimento (biossegurança).

A produção em escala industrial foi definida como no mínimo 1 tonelada por dia de insetos de peso fresco. Espécies destinadas à produção em massa, deve possuir certas características, incluindo uma elevada taxa intrínseca de aumento; um curto ciclo de desenvolvimento; alta sobrevivência de imaturos e alta taxa de oviposição; um elevado potencial de aumento de massa (ganho de peso por dia); uma alta taxa de conversão (kg de biomassa ganho por kg de matéria-prima); a capacidade de viver em altas densidades (kg de biomassa por m<sup>2</sup>) e baixa vulnerabilidade a doenças (alta resistência).

Os bons candidatos foram considerados a mosca soldado negro (*Hermetia illuscens*) e a larva da farinha (*Tenebrio Molitor*), no entanto dois insetos são mais utilizados, pois têm escalas maiores de produção que são os grilos e gafanhotos (insetos do gênero Ortóptera) e o bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

### 3.2.1 Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*)

É uma mosca (Díptera) da família *Stratiomyidae*, nativa de zonas tropicais, subtropicais e temperadas quentes da América. O desenvolvimento do transporte internacional resultou em sua naturalização em muitas regiões do mundo. Está presente numa ampla faixa geográfica que vai de 45°N a 40°S (DIENER et al., 2011).

A mosca adulta é preta, semelhante a uma vespa medindo entre 15-20 mm de comprimento, na sua fase larval pode atingir até 27 mm de comprimento e 6 mm de largura e pesa até 220 mg (Figura 4). As larvas têm uma cor cinza esbranquiçada e opaca (Figura 5) (DICLARO E KAUFMAN, 2009). As larvas podem se alimentar rapidamente, recebendo de 25 a 500 mg de matéria seca/larva/dia, e consomem uma ampla gama de materiais orgânicos em decomposição, como frutas e legumes, polpa de café, resíduos de grãos, miudezas de peixe e particularmente estrume animal e excreção humana (HARDOUIN e MAHOUX, 2003; DIENER et al., 2011; VAN HUIS et al., 2013).

Figura 4. Mosca adulta.



Fonte: Wikipédia.

Figura 5. Larvas de *Hermetia Illucens*.

Fonte: Wikipédia

As larvas atingem a maturidade em 2 meses, mas a fase larval pode ser retardada devido à escassez de alimento, podendo durar até 4 meses (HARDOIUN e MAHOUX, 2003). No estágio final de larva, ela esvazia seu trato digestivo e para de se alimentar. Em seguida a pré-pupa migra procurando um local seco e protegido para completar o ciclo (DIENER et al., 2011). A duração do estágio pupal é de cerca de 14 dias, mas pode ser extremamente variável e durar até 5 meses (HARDOUIN e MAHOUX, 2003) (Figura 6). As fêmeas acasalam dois dias após a eclosão do casulo em fissuras secas e fendas adjacentes a uma fonte de alimentação (DIENER et al., 2011).

Figura 6. Ciclo de vida da Mosca Soldada negra (*H. Illucens*).

Fonte: viaorgânica.org

Os adultos não se alimentam e dependem das gorduras armazenadas no estágio larval (DICLARO e KAUFMAN, 2009). A criação de *H. illucens* tem sido proposta desde a década de 1990 como uma forma eficiente de utilizar resíduos orgânicos, convertendo material potencialmente poluente em uma biomassa rica em proteínas e gordura, adequada para diversos fins, incluindo a alimentação animal, produção de biodiesel e produção de quitina (DIENER et al., 2011; VAN HUIS et al., 2013).

A mosca soldado negro é extremamente resistente capaz de lidar com condições ambientais adversas, como seca, escassez de alimentos ou deficiência de oxigênio (DIENER et al., 2011). Uma grande vantagem de *H. illucens* sobre outras espécies de insetos utilizadas para a produção é que o adulto não se alimenta e, portanto, não requer cuidados particulares e não é um potencial portador de doenças.

As larvas podem ser facilmente secas para o armazenamento mais longo (VELDKAMP et al., 2012). A desvantagem do soldado negro, é que no período larval exige um ambiente morno, e isto pode significar gasto de energia em climas temperados. Além disso, a duração do ciclo de vida varia entre várias semanas a vários meses, dependendo das temperaturas e da qualidade e quantidade da dieta (VELDKAMP et al., 2012).

Na aquicultura, o uso de alimentos com base em larvas de mosca soldado negra pode abrir oportunidades de marketing adicionais para os agricultores, como alguns clientes que são opostos ao uso de farinha de peixe em alimentos aquícolas (TIU, 2012). O aumento substancial do preço de mercado das farinhas de peixe, farelo de soja na última década pode ajudar a tornar esta fonte de proteína economicamente viável para a alimentação animal.

Vários métodos para a criação de soldado negro em substratos como estrume de porco (NEWTON et al., 2005), estrume de aves (SHEPPARD et al., 1994) e resíduos de alimentos (BARRY, 2004) foram projetados. As instalações de criação utilizam o comportamento de migração da pré-pupa para a auto coleta: as larvas sobem uma rampa de um recipiente de aros para eventualmente terminarem em um recipiente de coleta anexado ao fim da rampa (DIENER et al., 2011).

As condições ideais para a produção incluem uma faixa estreita de umidade e de temperatura, níveis adequados de textura, viscosidade e teor de umidade da dieta. A temperatura deve ser mantida entre 29 e 31°C embora as escalas maiores possam ser viáveis e a umidade relativa deve estar entre 50 e 70%. A umidade relativa mais elevada faz com que a dieta fique mais líquida, e para o consumo ela deve ter uma estrutura mais sólida, além de dificultar a locomoção e diminuir a oxigenação do composto (BARRY, 2004). Também é necessário manter uma colônia adulta de reprodução durante todo o ano em uma estufa com acesso à luz natural.

A estufa deve ter um mínimo de 66 m<sup>3</sup> para permitir o processo de acasalamento aéreo (BARRY, 2004). Foram relatados intervalos de temperaturas ideais para acasalamento e oviposição de 24 – 40°C (SHEPPARD et al., 2002). São toleradas amplas gamas de umidade relativa: 30 – 90% (SHEPPARD et al., 2002). A estufa precisará um recipiente com um meio que possa ser usado como alimento e que esteja úmido para atrair as fêmeas adultas para postura de ovos (BARRY, 2004).

Alta densidade da população de larvas pode ajudar a converter grandes volumes de resíduos orgânicos em biomassa valiosa (VAN HUIS et al., 2013). Estes podem ser usados comercialmente para resolver problemas ambientais utilizando estrume e outros resíduos orgânicos. Por exemplo, as larvas podem reduzir o volume de dejetos de aves e suínos em 50% ou mais sem usar energia extra (SHEPPARD et al., 1994; BARRY, 2004; NEWTON et al., 2005).

Redução valores de 65 – 75% em resíduos orgânicos domésticos foram observados em ensaios de campo na Costa Rica (DIENER et al., 2011). Em instalações bovinas confinadas, as larvas foram utilizadas para reduzir o fósforo disponível em 61 – 70% e nitrogênio em 30 – 50% (NEWTON et al., 2008). Na fase adulta as moscas de soldado negro não são atraídas para habitações humanas ou alimentos que não estejam em decomposição, e não são consideradas um incômodo (VAN HUIS et al., 2013).

Outro fator importante é a redução de odores, uma vez que a velocidade de processamento das larvas, restringe o crescimento bacteriano (VAN HUIS et al., 2013). Na natureza a larva da mosca do soldado negro, concorrem com as larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*), sua presença também inibe a

oviposição pela mosca adulta, podendo reduzir a população da mosca doméstica em estrume de suínos e aves, em 94 – 100%. Portanto pode ajudar a controlar a população de moscas domésticas em fazendas pecuárias e em áreas residenciais com saneamento deficiente, melhorando assim a saúde das pessoas e animais, uma vez que a mosca doméstica é um grande vetor de doenças (SHEPPARD et al., 1994; NEWTON et al., 2005).

Ao contrário de outras espécies de mosca, *H. illucens* não é um vetor de doenças: não somente porque os ovos nunca são postos em material em elevado estado de decomposição, mas também devido à falta de uma boca funcional na mosca adulta, assim não consumindo material contaminado (VAN HUIS et al., 2013). Além disso, as larvas modificam a microflora de estrume, potencialmente reduzindo bactérias nocivas como *Escherichia coli* 0157: H7 e *Salmonella* entérica (ERICKSON et al., 2004). Foi sugerido que as larvas possuem antibiótico natural (NEWTON et al., 2008) podendo ser um controlador de contaminações.

A farinha de mosca soldado negro, pode ser feita a partir das larvas, pré-pupas e moscas adultas, mas o mais comum e que possui aplicação técnica é da fase pré-pupa. As larvas são uma fonte de alimentação rica em proteína e gordura (ver Anexos). Contêm cerca de 40 – 44% de proteína bruta (PB). A quantidade de gordura é extremamente variável e depende do tipo de dieta: os valores relatados são de 15 a 25% para larvas alimentadas com estrume de aves (ARANGO GUTIERREZ et al., 2004), 28% sobre estrume suíno (NEWTON et al., 2005), 35% sobre estrume de bovino (NEWTON et al., 1977). O teor de cinzas é relativamente elevado, mas variável, de 11 a 28% de matéria seca (MS). As larvas são ricas em cálcio (5 – 8% MS) e fósforo (0.6 – 1,5% MS) (NEWTON et al., 1977; ARANGO GUTIERREZ et al., 2004; ST-HILAIRE et al., 2007).

A lisina é particularmente alta (6 – 8% da PB). O teor de MS das larvas frescas é bastante elevado, na faixa de 35-45%, o que torna as larvas mais fáceis e menos dispendiosas de desidratarem do que outros derivados frescos (NEWTON et al., 2008). A composição de ácidos graxos das larvas depende da composição do ácido graxo da dieta. Os lipídeos de larvas alimentadas com estrume de vacas eram 21% ácido láurico, 16% ácido palmítico, 32% ácido

oleico e 0,2% ácidos graxos Omega-3, enquanto que as proporções desses ácidos graxos foram, respectivamente, 43%, 11%, 12% e 3% em larvas alimentadas com 50% de outros materiais e 50% de estrume de vaca. Alimentar as larvas com uma dieta contendo ácidos graxos Omega3 é uma maneira de aumentar os níveis da biomassa final (ST-HILLAIRE et al., 2007).

### 3.2.2 Larva da Farinha (*Tenebrio molitor*)

São as larvas de uma espécie de besouro (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758), da família Tenebrionidae (Figura 7), são nativos da Europa e agora distribuídos em todo o mundo. *T. molitor* é uma praga de grãos, farinha e farelos, mas de menor importância, uma vez que suas populações são muito pequenas (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). Larvas da farinha são fáceis de reproduzir e alimentar e tem um perfil de proteína valioso.

Figura 7. Besouro adulto (*T. molitor*) e larvas.

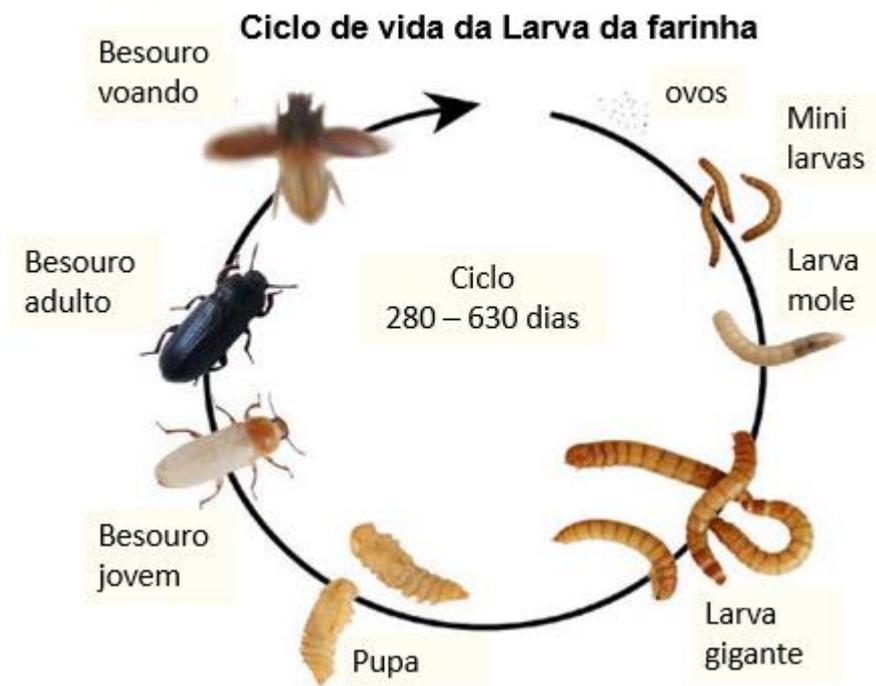


Fonte: Wikipédia

Por estas razões, são produzidos industrialmente como alimentos para pets e animais de zoológicos, incluindo aves, répteis, pequenos mamíferos, anfíbios e peixes. Eles são geralmente utilizados vivos, mas podem ser vendidos enlatados, secos, ou em forma de pó (AGUILAR-MIRANDA et al., 2002; HARDOUIN e MAHOUX, 2003; VELDKAMP et al., 2012). O ciclo de vida de *T. Molitor* é variável (Figura 8), 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 8. Ciclo de vida da Larva da farinha (T.molitor).



Fonte: Pinterest

O estágio pupal dura 7 a 9 dias em 25°C e até 20 dias em temperaturas mais baixas. O adulto *T. Molitor* vive por dois a três meses. As larvas são onívoras, podendo se alimentar de materiais menos digeríveis como penas (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). Elas são tipicamente alimentadas com farelo de cereais ou farinha (trigo, aveia, milho) suplementados com fontes proteicas como farinha de soja, leite em pó desnatado ou fermento. Frutas frescas e legumes (cenouras, batatas, alface). A dieta deve conter aproximadamente 20% proteínas na base da matéria seca (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). Larvas são capazes de utilizar pequenas quantidades de água contidas em alimentos secos, mas a produtividade nestas condições é baixa (uma geração por ano).

É preferível fornecer-lhes uma fonte de água para uma melhor produtividade (até 6 gerações por ano), a fim de evitar o canibalismo. A

umidade relativa está ligada positivamente com a atividade na fase adulta e da fertilidade.

As larvas têm a habilidade de reciclar resíduos de baixa qualidade em alimento de alta qualidade rico em energia, proteína e gordura, em um tempo relativamente curto. Também demonstram a capacidade de metabolizar zearalenona, em alfa-zearalenol, sem acumular em seu organismo de modo que não afetam animais que venham comer produtos a partir das larvas (HORNUNG, 1991). Esta micotoxina tem efeitos estrogênicos e é produzida por *Fusarium graminearum* ou outras espécies de *Fusarium* spp. que contaminam frequentemente cereais (principalmente o milho), mas também outros produtos como bananas e tomates, e frequentemente surge associada a outras micotoxinas produzidas por fungos do mesmo gênero.

A composição das larvas (ANEXOS TABELA 2) é 47–60% de PB, 31-43% de gordura. Larvas frescas possuem cerca de 60% de água. Elas são relativamente baixas em cinza (< 5% MS) e como outros insetos, têm um baixo teor de Ca, e uma relação muito baixa de cálcio e fósforo.

Uma dieta baseada somente no uso de *T. molitor*, pode acarretar a deficiência de cálcio, no entanto a manipulação da dieta das larvas com a inclusão de fontes de cálcio altera a relação de cálcio nas farinhas, podendo ser uma alternativa para melhorar este ingrediente. A composição de aminoácidos essenciais na farinha ou farelo é boa. A composição de ácidos graxos é semelhante à da mosca soldado negro, porém o ácido láurico está em nível mais baixos e o ácido linoleico em nível mais alto.

### 3.2.3 Grilos e Gafanhotos (*Acridídeas* spp., *Pyrgomorphidae* spp., *Gryllidae* spp., *Tettigonidae* spp.)

Gafanhotos (principalmente *Acridídea* e *Pyrgomorphidae* spp.), grilos (*Gryllidae* spp.) e tetigonióidea (*Tettigoniidae* spp.) são insetos da ordem Ortóptera (Figura 9). Eles são geralmente comestíveis: mais de 80 espécies de gafanhotos e grilos são consumidos em países como África, América do Sul e Ásia. Eles são comidos em casa ou em restaurantes, tanto em áreas rurais e Urbanas (DEFOLIART, 1989; RAMOS-ELORDUY, 1997; VAN HUIS et. al.,2013).

Figura 9. Grilo e gafanhoto.



Fonte: Pinterest

Os gafanhotos são um grupo de insetos que devido a seu comportamento migratório vivem em alta densidade populacional. Durante a fase do enxame, os gafanhotos destroem ou danificam severamente plantações. Eles são uma grande praga de importância histórica, principalmente na África, Austrália e Oriente Médio.

Um enxame de gafanhotos pode representar uma considerável quantidade de biomassa. Um único enxame pode conter até 10.000.000.000 de insetos e pesa aproximadamente 30.000 toneladas (DEFOLIART, 1989; RAMOS-ELORDUY, 1997; VAN HUIS et al., 2013).

O comportamento de enxame torna os gafanhotos relativamente fáceis de colher para alimento. Na África, o gafanhoto do deserto (*Schistocerca gregaria*), o gafanhoto migratório (*Locusta migratoria*), o gafanhoto vermelho (*Nomadacris septemfasciata*) e o gafanhoto marrom (*Locusta pardalina*) são comumente comidos (VAN HUIS et al., 2013).

No Japão, China e Coreia, os gafanhotos do campo de arroz (incluindo *Oxya yezoensis*, *O. Velox*, *O. sinuosa*) são colhidos para alimento (VAN HUIS et al., 2013). No México, chapolins, que são gafanhotos do gênero *Sphenarium* spp., e notavelmente o *Sphenarium purpurascens*, uma praga da alfafa, são insetos comestíveis populares. Grilos são um alimento comum no sudeste asiático, particularmente na Tailândia. O grilo doméstico *Acheta domestica*, *Gryllus bimaculata*, *Teleogryllus occipitalis*, *Teleogryllus mitratus*, o grilo de cauda curta *Brachytrupes portentosus* e *Tarbinskiellus portentosus* são exemplos de grilos comestíveis (VAN HUIS et al., 2013). Gafanhotos e grilos são geralmente recolhidos na natureza, de preferência à noite (usando luz artificial) ou na manhã em que a temperatura é mais fria e os insetos são

menos ativos e mais fáceis de pegar. A agricultura comercial de gafanhotos e grilos para o mercado alimentar está se desenvolvendo no sudeste asiático.

Em 2012, havia cerca de 20 mil criadores de grilos na Tailândia e estes insetos são comumente usados para alimentar animais de estimação e zoológicos (VAN HUIS et al., 2013). Na Índia, a criação em massa de espécies de gafanhotos *Oxya fuscovittata*, *O. Hyla* e *Spathosternum prasiniferum* tem sido estudada experimentalmente.

Os insetos do gênero Ortóptera são onívoros e se alimentam de uma grande variedade de materiais orgânicos. A produção é viável em temperaturas superiores a 20°C e a temperatura ideal é 28 – 30°C. Aproximadamente 2000 insetos podem ser produzidos em 1m<sup>3</sup>. A população é autorregulada pelo canibalismo (HARDOUIN e MAHOUX, 2003).

A composição química dos gafanhotos e outros insetos do gênero Ortóptera (ver TABELA 3 em anexos), demonstra que são geralmente ricos em PB (50 – 65%). A MS é de 23 – 35%. o teor de gordura é bastante variável (5 a 20%). O teor de "fibras" pode ser significativo e aumenta com a idade: os grilos adultos contêm até 22% de fibras em detergente neutro (FDN), 12% nas ninfas (FINKE, 2002). Os índices de Ca e de P (1,3 e 1,1 mg/kg MS respectivamente) são muito inferiores em comparação a outros insetos, enquanto a relação Ca: P é maior, principalmente devido ao menor nível de fósforo em comparação a outros insetos. A composição de aminoácidos essenciais é razoavelmente boa.

O nível de lisina é menor do que em outros insetos, enquanto a cistina e metionina são maiores. O conteúdo PB da casca do grilo (*A. domesticus*) também é muito alto (55 – 67%). Os índices de Ca e P em grilos são maiores do que nos gafanhotos. Tanto a lisina como o conteúdo de metionina mais cistina são inferiores aos de gafanhotos. O nível de ácido palmitoléico na casca de grilo é aproximadamente 15 vezes menor do que na larva mosca e 4 vezes menor do que na larva de farinha. Por outro lado, o nível de ácido linoleico é maior no grilo doméstico. Quanto a outros insetos, o conteúdo PB do grilo de campo (*Gryllus testaceus*) e do grilo Mórmon (*Anabrus simplex*) são altos (60%) e contêm 10 – 13% de lipídios. Conteúdo de cálcio no grilo Mórmon é baixo (2 mg/kg MS). O teor de lisina é mais baixo no grilo de campo do que no

grilo Mórmon, enquanto que o nível dos aminoácidos contendo enxofre (metionina mais cistina) é mais elevado no grilo de campo.

#### 3.2.4 Bicho-da-Seda (*Bombyx mori*)

Bicho-da-seda são as lagartas de espécies de mariposas (Figura 11) criadas para a produção de seda; 90% da produção de seda do mundo é obtida dos casulos (Figura 10) da mariposa da seda (*Bombyx mori*), que se alimenta de folhas de amoreiras. A seda também pode ser obtida de outras espécies domesticadas de mariposas, mas esta é a mais comumente difundida. Quando o bicho-da-seda entra na fase pupal, constrói um casulo protetor feito de seda pura (figura 10).

Figura 10. Mariposa adulta (*B.mori*) e casulos.



Fonte: Wikipédia

No final do ciclo de transformação, a pupa libera uma enzima que cria um buraco no casulo e a mariposa emerge. A fim de extrair a seda sem danos, as pupas são colocadas em água fervente, secando ou embebendo NaOH antes que produzam a enzima.

As larvas extraídas dos casulos são um subproduto da extração da seda para cada 1 kg de seda produzida, são produzidos 2 kg de pupas secas (PATIL et al., 2013). As pupas são um resíduo, frequentemente descartado na natureza, ou usado como fertilizante. Também pode ser extraído um óleo utilizado em produtos industriais tais como pinturas, vernizes, produtos farmacêuticos, sabões, velas, plástico e biocombustíveis (TRIVEDI et al., 2008).

A farinha produzida é usada, às vezes, para a produção de quitina, um polímero de cadeia longa de N-acetilglicosamina que é o componente principal do exoesqueleto de diversos insetos. Devido ao seu alto teor de proteínas, a farinha de larvas de bicho-da-seda foi indicada como alimento para animais, principalmente em espécies monogástricas (aves, suínos e peixes), mas também em ruminantes (TRIVEDY et al., 2008). Não se recomenda o uso de larvas frescas devido ao seu alto teor de água. Geralmente as pupas são secas ao sol. A larva de bicho da seda libera um odor típico, que foi atribuído à presença de óleos essenciais, flavonoides e terpenóides nas folhas de amoreira, este odor afeta a palatabilidade da farinha (FINKE, 2002).

A ninhada do bicho-da-seda (ou resíduos de bicho-da-seda), é outro subproduto, mas de menor qualidade: é uma mistura de excreção, larvas falhadas (casulo incompleto) e folhas de amoreira (CHEN, 1989). A digestibilidade da ninhada é de cerca de 55% (PATIL et al., 2013).

A produção mundial de casulos de bicho-da-seda foi de cerca de 485.000 toneladas em 2011. Ao subtrair o montante de seda crua (161.000 toneladas), supõe-se que o restante, 324.000 toneladas, seja de pupas frescas ou 65.000 toneladas de pupas secas (FAO, 2012). Esta estimativa é muito mais baixa do que as estatísticas oficiais de China, onde 440.000 toneladas de pupa seca teriam sido produzidas em 2009.

Os principais produtores de seda são a China, Índia, Uzbequistão, Brasil, Tailândia e Vietnã (FAO, 2012). Casulos de bicho-da-seda são produtos altamente degradáveis. Nas áreas de produção de seda, a eliminação de grandes quantidades de resíduos de pupas causa sérios problemas ambientais. A utilização deste recurso para alimentação animal ou para a produção de substâncias biológicas valiosas como a quitina, e ácidos graxos (ácido-linolênico) é uma forma de reduzir o impacto ambiental das produções de seda.

A farinha do bicho-da-seda é um ingrediente rico em proteína e valor nutritivo elevado (TABELAS 4 e 5). Seu conteúdo PB varia de 52 a 72%, enquanto para a refeição desengordurada pode ser superior a 80% (Tabela 29). Como outros insetos, a farinha do bicho-da-seda tem baixo nível de Ca e baixa relação Ca: P.

A lisina (6 – 7% em 100 g PB) e os níveis de metionina + cistina de aproximadamente 4% são particularmente elevados. No entanto, a proteína verdadeira (soma de aminoácidos) em bichos-da-seda corresponde a 73% do conteúdo de PB (FINKE, 2002), explicado pela presença de quitina, pois este componente possui nitrogênio, mas não é um aminoácido.

Por outro lado, o índice de quitina na farinha das pupas é relativamente baixo, aproximadamente 3-4% na MS (FINKE, 2002). A presença de quitina que é insolúvel pode também explicar os valores do FDA de 6 – 12% em MS (FINKE, 2002). As pupas não desengorduradas são ricas em gordura, até 37%. O óleo de bicho-da-seda contém uma alta porcentagem de ácidos graxos poli-insaturados, notavelmente ácido linolênico (18:3), com valores variando de 11 a 45% do total de ácidos graxos (IOSELEVICH et al., 2004). A ninhada do bicho-da-seda parece ter uma composição extremamente variável, com valores PB entre 15 e 58% em matéria seca (PATIL et al., 2013).

## **4 Resultados encontrados em diferentes espécies**

### **4.1 Aves**

Larvas de *Tenebrio molitor* são uma fonte alternativa potencial em dietas das aves domésticas para substituir o farelo de soja ou a farinha de peixe. A qualidade da proteína é semelhante à do farelo de soja, mas o teor de metionina está limitando para aves criadas livre (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). O baixo índice de cálcio (Ca) é igualmente um problema nas dietas das aves domésticas. O conteúdo de Ca e a proporção Ca:P das larvas podem ser aumentados alimentando-as com uma dieta fortificada em Ca em 72 h antes da colheita resultando em índices aceitáveis (ANDERSON, 2000). A farinha de *H. Illucens* quando utilizada como substituta ao farelo de soja em uma dieta para frangos em crescimento não apresentou diferença no ganho de peso em relação à dieta controle. No entanto o consumo foi menor sugerindo maior eficiência de conversão na dieta contendo a farinha de larvas ( NEWTON et al., 2005).

Em frangos de corte uma inclusão de até 10% da farinha de *T. molitor* (na base do MS) em uma dieta baseada em sorgo e farelo de soja mostrou que poderia ser usada sem efeitos negativos no consumo, no ganho de peso e na

eficiência alimentar. Não houve rejeição devido à textura, palatabilidade ou nível de inclusão (RAMOS-EILORDUY et al., 2002). Em outro estudo (SCHIAVONE et al., 2014), 25% da dieta foi substituída e ainda se mostrou adequada.

Em galinhas poedeiras há poucas informações, mas a substituição de 5% de farinha de peixe por farinha de larvas (*T.molitor*) resultou em 2,4% de aumento na postura de ovos (WANG et al., 1996).

A criação de galinhas foi proposta como meio de controle das populações de gafanhotos. Além disso, o comportamento de captura permite um grau de bem estar ao permitir que as aves expressem um comportamento natural (KHUSRO et al., 2012). Nas Filipinas, há relatos que animais alimentados com gafanhotos teriam um sabor melhor que os alimentados com ração comercial (KHUSRO et al., 2012). A carne de animais alimentados com gafanhotos tem colesterol livre mais baixo, maior concentração de lipídeos e fosfolipídeos (SUN et al., 2012). Foi observado um aumento de potencial antioxidante e a vida de armazenamento mais longa foram igualmente observados (SUN et al., 2012).

Na Nigéria, frangos (1 – 28 dias) alimentados com gafanhoto (*S. gregaria*) em substituição à farinha de peixe (substituição de 50% de farinha de peixe por farelo de gafanhoto-1,7% na dieta), resultou em maior ganho de peso e conversão alimentar (ANDRADE et al., 2008). Na China foi substituída 20 e 40% da farinha de peixe por farelo de grilos com resultados semelhantes à dieta basal (LIU e LIAN, 2003). Metionina e arginina foram fatores limitantes em dietas baseadas em em grilos (FINKE et al., 1985; NAKAGAKI et al., 1987). Na China, o grilo de campo (*T. mitratus*) foi incluído em até 15% na dieta (em substituição ao farelo de soja) de frangos de 8 – 20 dias de idade, sem quaisquer efeitos adversos sobre o ganho de peso, consumo e eficiência alimentar (WANG et al., 2005).

A farinha do bicho-da-seda parece ser bem aceita por galinhas poedeiras ( JOSHI et al., 1980). Um estudo constatou que a farinha de pupa do bicho-da-seda foi prejudicial ao desempenho de machos reprodutores. Os experimentos demonstraram que a substituição de 50% (em peso) da fonte principal de proteína (farinha de peixe na maioria dos experimentos) pela

farinha de bicho-da-seda é geralmente segura, embora a suplementação mineral possa ser necessária. A substituição total as vezes é possível, mas tende a diminuir o desempenho. As taxas de inclusão nas dietas estão tipicamente na faixa de 5 – 6%. Um relatório indicou um efeito de estímulo de crescimento em pintinhos, que os autores atribuíram à presença do ecdysteroide (um hormônio envolvido na metamorfose das pupas) (FAGOONEE, 1983), embora não tenha sido confirmado.

## 4.2 Suínos

O farelo de mosca soldado negro, mostrou ser um alimento para dietas de suínos em crescimento, devido ao seu perfil de aminoácidos, lípidos e cálcio. No entanto, sua deficiência relativa em metionina+cistina e treonina requer a inclusão desses aminoácidos para a preparação de dietas balanceadas. O teor de cinzas da também é alto e requer atenção.

NEWTON et al., (1977) mostraram que as dietas que contêm a farinha de larvas foram tão palatáveis quanto uma dieta baseada farelo de soja. A dieta contendo farinha de soldado negro foi utilizada para alimentar leitões em desmame precoce como um substituto (50 e 100%) para o plasma (inclusão de: 0% durante a fase 1, 2,5% durante a fase 2 e 5% durante a fase 3), com ou sem suplementação de aminoácidos. Sem suplementação de aminoácidos, a dieta de substituição de 50% teve um melhor desempenho (+ 4% ganho de peso, + 9% de eficiência alimentar). No entanto, a substituição de 100% na dieta não foi funcional, causando a perda de desempenho (3 a 13%). Refinamento adicional (remoção de cutículas e processamento) pode ser necessário para tornar a larva prepupa do soldado negro uma fonte mais adequada para leitões desmamados (NEWTON et al., 2005).

As informações sobre o uso de grilos na alimentação de suínos é limitada e antiga. Na África Oriental, os gafanhotos secos utilizados para alimentar suínos em uma dieta mista resultou em uma taxa de crescimento satisfatória, mas a carne e bacon tiveram presença de manchas escuras. A remoção da dieta com grilos, três semanas antes do abate, reduziu a mácula, mas não eliminou totalmente (HEMSTED, 1947).

Informações limitadas estão disponíveis na utilização de pupas de bicho-da-seda em suínos. Duas experiências mostraram que a farinha da pupa seria um bom substituto das fontes tradicionais da proteína. No Brasil, foi possível substituir 100% do farelo de soja por farinha de bicho-da-seda desengordurada em dietas de crescimento e terminação de suínos, sem afetar o desempenho e características de carcaça. Houve um efeito negativo no consumo quando a taxa de substituição foi maior que 50%, que foi atribuída à maior densidade de energia da dieta ou a uma menor palatabilidade. No entanto, a menor ingestão foi compensada por uma melhor taxa de conversão alimentar, que pode ter sido devido ao teor de lisina maior na dieta baseada em bicho-da-seda (COLL et al., 1992). Na Índia, a farinha de bicho-da-seda substituiu a farinha de peixe na dieta dos suínos em crescimento e terminação sem alterar carcaça, qualidade da carne e parâmetros sanguíneos (MEDHI et al., 2009, 2011). A taxa de inclusão recomendada é de cerca de 7% e não deve exceder 10% (CHEN, 1989).

### **4.3 Ruminantes**

A farinha de bicho-da-seda mostrou ser um suplemento proteico muito valioso para os animais ruminantes, devido ao alto teor de proteína não degradável no rúmen e padrão de aminoácidos favoráveis. Há limitações no seu uso como ração de ruminantes devido ao alto teor de gordura. Portanto, a extração de gordura da farinha de bicho-da-seda seria interessante (IOSELEVICH et al., 2004). Este efeito permite que a farinha de bicho-da-seda seja uma fonte de proteína bypass, com alto teor de lisina e a metionina, consideradas como os dois principais aminoácidos limitantes para produção de leite. A digestibilidade da PB da farinha desengordurada de bicho-da-seda para ovelhas foi de cerca de 70% (KHAN e ZUBAIRY, 1971).

### **4.4 Peixes**

Vários experimentos mostraram que as larvas de mosca soldado negro poderia substituir parcialmente ou totalmente a farinha de peixe em dietas. No entanto, foi observado um desempenho reduzido em alguns casos, isto se deve a forma na qual o alimento foi fornecido (farelo, inteiro, moído, seco ou úmido). No geral o farelo de mosca soldado negro seco teve melhor desempenho, no

entanto não pode ser a única fonte de alimento pois não fornece MS , e PB suficientes.

Larvas de tenebrio frescas e secas foram utilizadas em substituição à farinha de peixes em até 40%, em dietas de crescimento para bagres resultando em crescimento, eficiência alimentar semelhante à dieta basal. Também teve um aumento na gordura da carcaça dos peixes. Os mesmos resultados foram encontrados em outras espécies (trutas e robalos) de peixes (GASCO et al., 2014).

Em diversas espécies foi observado que a farinha de grilos e gafanhotos pode ser um substituto para farinha de peixe em até 25%.No entanto a presença elevada de quitina teria efeito negativo na eficiência alimentar em níveis maiores (ALEGBELEYE et al., 2012).

Em diversas espécies de peixes: carpas, bagres e tilápias, a farinha de pupas de bicho-da-seda pode ser utilizada em substituição à farinha de peixes em até 75% sem afetar o desempenho, conversão alimentar ou consumo, sem alteração nas características de carcaça e com melhoras na taxa de sobrevivência (RANGACHARYULU et al., 2003; RAHMAN et al., 1996).

#### **4.5 Cães e gatos**

Em recente trabalho, BOSCH et al., ( 2014) mostraram que uma inclusão de até 15% de farinha de insetos (no caso barata de Madagascar, barata cinéria e tenébrio gigante), não causou mudanças na microbiota intestinal de cães e gatos nem nos parâmetros sanguíneos (índice de saúde sistêmica), palatabilidade e aceitação do alimento fornecendo evidências que pode ser uma fonte alternativa para dietas de cães e gatos.

#### **4.6 Outros**

A farinha de bicho-da-seda pode substituir totalmente farelo de soja em dietas balanceadas para coelhos em crescimento sem efeitos adversos (CARREGAL e TAKAHASHI, 1987).

### **5 Custo e confiabilidade da matéria-prima**

Na escolha de uma matéria-prima é importante saber se ela atende a todas as necessidades para as quais é empregada. As farinhas de insetos de

modo geral estão definidas como alimentos proteicos; no entanto ainda estão em desenvolvimento diversas pesquisas sobre valores nutricionais, palatabilidade, digestibilidade e efeitos sobre os produtos.

Finalmente, as matérias-primas devem ser baratas, disponíveis localmente, de qualidade e acima de tudo livres de pesticidas e antibióticos.

## **6 Processamento e diferentes tipos de produtos**

Depois de serem colhidos, os insetos são mortos por liofilização, secagem, fervura, ou uso de congelamento.

Eles podem ser processados e consumidos em três maneiras:

1. Como insetos inteiros.
2. Em forma de farinhas ou farelos.
3. Extrato de proteína, gordura ou quitina para fortalecer alimentos e produtos alimentares.

### **6.1 Insetos inteiros**

Em sistemas de produção orgânicos ou que buscam alimentações de maneiras mais naturais as larvas podem ser fornecidas vivas, em alimentação de animais silvestres, principalmente de cativeiro. Neste caso se fornece larvas vivas, pois estas além de fazerem parte da dieta natural deles- insetos são consumidos por diversas espécies em vários níveis- também auxiliam no enriquecimento ambiental.

As larvas inteiras mortas são fornecidas como alimentos para animais domésticos, e na criação de alevinos de algumas espécies de peixes.

### **6.2 Farinhas e farelos**

A moagem ou trituração é um método comum para o processamento de uma grande variedade de alimentos. Quase todos os grãos alimentícios são processados desta maneira. Na forma de farinha ou farelos, os insetos podem ser misturados de melhor maneira na fabricação de alimentos. Esta farinha geralmente é feita a partir da moagem dos animais mortos e secos, mantendo baixos níveis de umidade, desta forma garantindo uma maior vida útil dos materiais. Também torna mais palatável O ingrediente, pois elimina características menos desejáveis de algumas espécies, casca, queliceras e

outras partes rígidas ou que podem se aderir ao trato digestivo devido ao formato. Como exemplo as patas de grilos que possuem esporões que podem aderir na garganta, causando engasgos.

### **6.3 Extrato proteico**

A extração de proteínas é um processo já realizado para alguns alimentos e serve para concentrar os aminoácidos desta forma aumentando o teor proteico. Esta pode ser uma forma de aumentar a aceitabilidade do uso de insetos na alimentação. No entanto, o uso do extrato requer conhecimento das propriedades das proteínas extraídas. Essas propriedades incluem, entre outros, o perfil dos aminoácidos, a estabilidade térmica, a solubilidade, coagulação, e capacidade de emulsão.

Separação de grupos de proteínas extraídas com base em sua solubilidade em solventes produz frações solúveis em água e insolúveis em água, que podem ser usados para aplicações específicas nas indústrias alimentar. Alguns métodos de separação seriam por cromatografia de cama fluida ou por ultrafiltração.

Atualmente, o custo da extração de proteínas é proibitivo. É necessária mais investigação para desenvolver o processo e torná-lo rentável e aplicável ao uso da indústria.

### **6.4 Gordura extraída**

A remoção da gordura (e da cinza) da farinha de insetos, reduz o odor do concentrado da proteína e impede a oxidação de ácidos graxos. A gordura extraída pode em seguida, ser usada para outros fins. Tradicionalmente, a gordura (por exemplo, óleo) de algumas espécies de insetos é usada para aumentar a energia, ou adicionar ácidos graxos interessantes. A gordura de insetos poderia ser utilizada na alimentação de ruminantes (PROTEINSECT,2014).

### **6.5. Quitina**

A quitina, o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza, contém nitrogênio e é comumente encontrada em organismos inferiores, como fungos, crustáceos (por exemplo, caranguejos, lagostas e Camarões) e insetos,

mas não mamíferos. Embora a atividade antiviral e o antitumoral da quitina e derivados sejam conhecidos há algum tempo, os efeitos imunológicos só recentemente foram reconhecidos (LEE, 2008).

Estudos recentes demonstraram que a quitina tem efeitos complexos e dependentes do tamanho das respostas imunes inatas (LEE, 2008). Em vários estudos, sugeriu-se que a quitina é um alérgeno (MUZZARELLI, 2010). No entanto, quitina e seu derivado, quitosana (produzido através da desacetilização da quitina), ao invés de agir como alérgenos teriam propriedades de melhorar respostas imune específicas de alguns grupos de pessoas (GOODMAN, 1989; MUZZARELLI, 2010), induzindo respostas não-específicas e aumentaria a resistência contra infecções por bactérias e vírus patogênicos. Estudos tem sido feito para demonstrar que a inserção de insetos inteiros na dieta de aves teria efeitos imunológicos devido à quitina (VELDKAMP et al, 2012).

## **7 Processamento em escala industrial**

Há uma riqueza de conhecimento tradicional e cultural sobre os usos de insetos comestíveis como o alimento em países tropicais, contudo esta produção é extrativista e mais relacionada a condições culturais, portanto de pequena escala. Em países temperados, a tecnologia de processamento é praticamente inexistente porque os insetos comestíveis não são reconhecidos como alimentos e fontes de alimentação. Para tornar os insetos uma matéria-prima útil e rentável nas indústrias de alimentos e rações, precisarão ser produzidas grandes quantidades de insetos e de qualidade em uma base contínua. Isso requer a automação dos métodos de cultivo e de transformação, que continua a ser um desafio para o desenvolvimento do setor.

## **8 Biossegurança**

Os insetos podem ter microrganismos associados que podem influenciar a sua segurança como alimento. Tanto os insetos coletados na natureza quanto os insetos levantados em explorações agrícolas podem ser infectados por microrganismos patogênicos, incluindo bactérias, vírus, fungos, protozoários e outros. Essas infecções podem ser comuns.

Em geral, os patógenos de insetos são específicos de invertebrados e podem ser considerados inofensivos para humanos. Mesmo dentro do gênero *Bacillus spp.* as espécies patogênicas encontradas nos insetos *B. thuringiensis* e o patógeno vertebrado *B. anthracis* parecem ter ciclos de vida diferentes, não sobrepostos (JENSEN et al., 1977). No entanto a diversidade de microorganismos que pode estar presente na microbiota dos insetos, devem ser vistos como potenciais patógenos, principalmente se as fontes de alimentação forem estrume ou dejetos humanos. Por fim alguns esporos podem estar presentes nas cutículas, partes externas, dos insetos podendo contaminar o produto final e contribuir com a degradação ou contaminação.

Na maioria dos países tropicais, os insetos são utilizados inteiros, incluindo sua microflora intestinal. Este processo pode afetar a composição microbiológica de um inseto como produto alimentar, a poucos estudos sobre este assunto, a criação de insetos de forma mais tecnológicas pode permitir maior controle sobre as práticas de higiene e fontes de alimentação, mitigando os potenciais perigos microbiológicos. Portanto é recomendável que os insetos sofram algum processo que neutralize ou reduza seu conteúdo microbiano. Isto pode envolver cozinhar (por exemplo, ferver ou secar) ou pasteurizar.

Em contraste a ser um potencial risco microbiano, alguns insetos comestíveis são conhecidos por conter peptídeos antibacterianos. Um novo peptídeo (HF-1) das larvas da mosca comum (*Musca domestica*), por exemplo, demonstrou ser capaz de inibir cepas de patógenos como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*, sugerindo que ela possa ser usada para controlar estes patógenos em resíduos que vão ser utilizados como alimentos para as larvas.

## **9 Desafios institucionais**

Por não serem vertebrados, como a maioria das espécies animal domesticadas e criadas comercialmente, os insetos despertam certa dúvida quanto sua classificação junto às normas e padrões alimentares. No caso da produção de alimentos destinados à nutrição animal, os insetos são inseridos

na classificação como proteína animal processada - PAP (farinhas de origem animal).

Como o *Códex Alimentarius* (referência internacional organizado pela FAO e OMS) não estabelece padrões para a categoria insetos como forma de alimento, muito ainda vem sendo discutido e proposto por meio de legislações específicas por países, como é o caso da União Europeia.

Países europeus, vêm buscando dirimir tais limitações através de legislações e pesquisas específicas sobre o tema. Atualmente, na União Europeia o uso de insetos como fonte proteica para ração animal e posterior consumo humano, não é permitido em função da regulamentação EC 999/2001, que rege sobre materiais que possam ser possíveis transmissores de encefalopatias. Porém, proteína de insetos criados em substratos vegetais e destinado à indústria *pet* não está coberta por este regulamento, tendo o seu uso autorizado. Apesar de já existirem pesquisas mostrando a possibilidade de criação de larvas de moscas em substratos orgânicos, atualmente os resíduos da agricultura e indústria de alimentos são impedidos por essa regulamentação e, portanto, não podem se alimentar de esterco ou dejetos.

Em 2013 foi fundada a *International Platform of Insects for Food and Feed* (IPIFF), uma organização que representa as instituições privadas que tem interesse na produção de insetos. A IPIFF é composta por 27 companhias que atuam por meio de uma rede de colaboração formada por 15 diferentes países, sendo sua maioria da Europa, promovendo uma eco-indústria sustentável (PROTEINSECT, 2016). No ano de 2016 a IPIFF sugeriu a liberação de proteína de insetos criados, exclusivamente, em substrato vegetal para uso na aquicultura e para não ruminantes. Esta manifestação deu-se em função de projetos exitosos da PROTEINSECT e da avaliação positiva de riscos da *European Food Safety Authority* (EFSA) referente à segurança de proteínas processadas de insetos.

Tal instituição afirmou que, quando alimentados com substratos permitidos, a possibilidade de ocorrência de danos microbiológicos de proteína de insetos é comparável a qualquer outra fonte proteica de origem animal.

Boa parte da preocupação advém da forma como estes insetos são criados e o tipo de substrato utilizado para alimentá-los (vegetais, resíduos

domésticos ou dejetos animais). A classificação da categoria de substrato determina se os insetos podem ou não serem destinados à ração animal. Apesar das larvas de moscas domésticas, que se alimentam de dejetos, conseguem reduzir em até 60% o substrato trazendo benefícios ambientais. Este substrato seria um contaminante de alto risco biológico pelas diretrizes atuais e, portanto, não destinado à ração animal.

No Brasil, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) não dispõe de regulamentação específica sobre o tema. Porém, projetos pontuais como o de um produtor no estado de Minas Gerais (empresa Nutrinsecta) que já é registrada junto ao MAPA como produtora de insetos desidratados para alimentação de aves, a empresa BUG do Brasil utiliza insetos como agentes biológicos de pragas, atuando principalmente na produção de cana, graças a estes projetos surge a oportunidade da produção e processamento de insetos para alimentação animal.

O Brasil teria uma ampla área para exploração da produção de farinha de insetos devido ao clima e a variedades de insetos que a fauna local possui. Dentro disso também temos de produções de insetos, pois o Brasil é o 5º maior produtor mundial de seda e teria já resíduos de larva para produção de material, e a condição de importante *player* no mercado de proteína animal, torna a pesquisa de fontes alternativas uma necessidade ao mercado de produção animal brasileiro.

## **11 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os insetos demonstram ser uma alternativa valiosa para alimentação animal como uma fonte proteica em alternativa as fontes atuais. E a capacidade de transformar resíduos de baixa qualidade em material de alto valor nutricional é a qualidade mais importante e promissora. Portanto, insetos podem ser uma alternativa promissora para atender o aumento da demanda por alimentos sem competir com alimentos já existentes.

No entanto a utilização efetiva dos insetos na alimentação ainda vai demorar, pois é necessário o aumento das pesquisas para resolver questões relativas à biossegurança e desenvolvimento técnico.

Portanto podemos dizer que:

1. O uso de insetos como matéria-prima na alimentação de animais é possível.
2. As espécies mais promissoras para produção em larga escala seriam a mosca soldado negro (*Hermetia Illucens*), e a larva da farinha (*Tenebrio Molitor*).
3. A investigação sobre o bem-estar animal em insetos é recomendável, para podemos desenvolver técnicas adequadas de abate e criação destes animais.
4. Determinar o valor da alimentação com insetos para ruminantes, suínos aves, cães, gatos e outras espécies.
5. Em comparação com o farelo de soja, teor de proteína bruta e o teor de gordura é elevado mostrando a qualidade deste ingrediente, no entanto são necessários mais ensaios para avaliar a digestibilidade dos nutrientes na alimentação de animais. O perfil de aminoácidos das farinhas de insetos também se mostrou de grande valor, no entanto a suplementação de aminoácidos sulfurados em algumas espécies é necessária.
6. É recomendável realizar uma análise de ciclo de vida para a cadeia de substratos de insetos usados e seu impacto nas cadeias de produção animal.
7. As potenciais propriedades funcionais benéficas da quitina dos insetos necessitam ser investigadas para criar um valor agregado à produção.
8. Aumentar a escala da produção de insetos com uma quantidade e qualidade contínuas é necessário, bem como diminuir o preço de custo da criação de insetos, a fim de ser competitivo com a utilização fontes da proteína.
9. Desenvolver a cadeia da produção de insetos com as partes interessadas que possam contribuir para os diferentes elos como: fornecedores de resíduos orgânicos, empresas de criação de insetos, indústria de processamento de insetos, indústria de ração animal, produtores de suínos e aves e outras espécies.
10. Estudar as possibilidades de inclusão de insetos como ingrediente de alimentação animal na legislação e regulamentação.

11. Iniciar a investigação sobre a transmissão de contaminantes de produtos biológicos (substrato para criação insetos) aos insetos e dos insetos aos animais domésticas.

Diversas outras dúvidas podem surgir, pois o campo exploratório é vasto e recente, necessitando assim o auxílio da pesquisa para seu desenvolvimento.

## ANEXOS

## Tabelas nutricionais

Tabela 1. VALOR NUTRICIONAL MOSCA SOLDADO NEGRO (Hermetia Illucens).

<b>LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRO DESIDRATADAS</b>		
<b>ANÁLISE PRINCIPAL</b>		
	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR MÉDIO</b>
Matéria seca	%	91,3
Proteína bruta	% MS	42,1
Fibra bruta	% MS	7,0
Extrato etéreo	% MS	25,0
Cinza	% MS	20,6
Energia bruta	Mcal/kg MS	5258
<b>MINERAL</b>		
Cálcio	g/kg MS	75,6
Fósforo	g/kg MS	9,00
Potássio	g/kg MS	6,9
Sódio	g/kg MS	1,3
Magnésio	g/kg MS	3,9
Manganês	mg/kg MS	246
Zinco	mg/kg MS	108
Cobre	mg/kg MS	6
Ferro	mg/kg MS	1370
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Alanina	% PB	7,7
Arginina	% PB	5,6
Ácido aspártico	% PB	11,0
Cistina	% PB	0,1
Ácido glutâmico	% PB	10,9
Glicina	% PB	5,7
Histidina	% PB	3,0
Isoleucina	% PB	5,1
Leucina	% PB	7,9
Lisina	% PB	6,6
Metionina	% PB	2,1
Fenilalanina	% PB	5,2
Prolina	% PB	6,6
Serina	% PB	3,1
Treonina	% PB	3,7
Triptofano	% PB	0,5
Tirosina	% PB	6,9
Valina	% PB	8,2

FONTE: Adaptado de Feedpedia.

Tabela 2. VALOR NUTRICIONAL LARVA DA FARINHA (Tenebrio molitor).

<b>LARVA DA FARINHA FRESCA</b>		
<b>ANÁLISE PRINCIPAL</b>		
	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR MÉDIO</b>
Matéria seca	%	42,2
Proteína bruta	% MS	52,8
Fibra detergente neutro	% MS	12,0
Fibra detergente ácido	% MS	6,5
Extrato etéreo	% MS	36,1
Cinza	% MS	3,1
Energia bruta	Mcal/kg MS	6214
<b>MINERAL</b>		
Cálcio	g/kg MS	2,7
Fósforo	g/kg MS	7,80
Potássio	g/kg MS	8,9
Sódio	g/kg MS	0,9
Magnésio	g/kg MS	2,3
Manganês	mg/kg MS	9
Zinco	mg/kg MS	116
Cobre	mg/kg MS	16
Ferro	mg/kg MS	57
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Alanina	% PB	7,3
Arginina	% PB	4,8
Ácido aspártico	% PB	7,5
Cistina	% PB	0,8
Ácido glutâmico	% PB	11,3
Glicina	% PB	4,9
Histidina	% PB	3,4
Isoleucina	% PB	4,6
Leucina	% PB	8,6
Lisina	% PB	5,4
Metionina	% PB	1,5
Fenilalanina	% PB	4
Prolina	% PB	6,8
Serina	% PB	7,0
Treonina	% PB	4,0
Triptofano	% PB	0,6
Tirosina	% PB	7,4
Valina	% PB	6,0
<b>ÁCIDOS GRAXOS</b>		
Ácido Laurico C 12:0	% do EE	0,5
Ácido Mirítico C 14:0	% do EE	4,0
Ácido Palmítico C 16:0	% do EE	21,1
Ácido Palmítoleico C 16:1	% do EE	4
Ácido Estearico C 18:0	% do EE	2,7
Ácido Oleico C 18:1	% do EE	37,7
Ácido Linoleico C 18:2	% do EE	27,4
Ácido Linolenico C 18:3	% do EE	1,3

FONTE: Adaptado de Feedpedia.

Tabela 3. VALOR NUTRICIONAL GRILOS E GAFANHOTOS (Acridídeas spp., Pyrgomorphidae spp., Gryllidae spp., Tettigonidae spp.).

<b>FARINHA DE GAFANHOTOS E GRILOS</b>		
<b>ANÁLISE PRINCIPAL</b>		
	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR MÉDIO</b>
Matéria seca	%	91,7
Proteína bruta	% MS	57,3
Fibra bruta	% MS	8,5
Extrato etéreo	% MS	8,5
Cinza	% MS	6,6
Energia bruta	Mcal/kg MS	5019
<b>MINERAL</b>		
Cálcio	g/kg MS	1,3
Fósforo	g/kg MS	1,10
Potássio	g/kg MS	1,1
Sódio	g/kg MS	3,2
Magnésio	g/kg MS	1,5
Manganês	mg/kg MS	-
Zinco	mg/kg MS	10
Cobre	mg/kg MS	-
Ferro	mg/kg MS	13
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Alanina	% PB	4,6
Arginina	% PB	5,6
Ácido aspártico	% PB	9,4
Cistina	% PB	1,1
Ácido glutâmico	% PB	15,4
Glicina	% PB	4,8
Histidina	% PB	3,0
Isoleucina	% PB	4,0
Leucina	% PB	5,8
Lisina	% PB	4,7
Metionina	% PB	2,3
Fenilalanina	% PB	3,4
Prolina	% PB	2,9
Serina	% PB	5,0
Treonina	% PB	3,5
Triptofano	% PB	0,8
Tirosina	% PB	3,3
Valina	% PB	4,0

FONTE: Adaptado de Feedpedia.

Tabela 4. VALOR NUTRICIONAL FARINHA DE BICHO-DA-SEDA INTEGRAL (Bombyx mori).

<b>FARINHA DE BICHO-DA-SEDA NÃO DESENGORDURADA</b>		
<b>ANÁLISE PRINCIPAL</b>		
	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR MÉDIO</b>
Matéria seca	%	91,4
Proteína bruta	% MS	60,7
Fibra bruta	% MS	3,9
Extrato etéreo	% MS	25,7
Cinza	% MS	5,8
Energia bruta	Mcal/kg MS	5975
<b>MINERAL</b>		
Cálcio	g/kg MS	3,8
Fósforo	g/kg MS	6,0
Potássio	g/kg MS	-
Sódio	g/kg MS	-
Magnésio	g/kg MS	3,7
Manganês	mg/kg MS	18
Zinco	mg/kg MS	224
Cobre	mg/kg MS	15
Ferro	mg/kg MS	326
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Alanina	% PB	5,8
Arginina	% PB	5,6
Ácido aspártico	% PB	10,4
Cistina	% PB	1,0
Ácido glutâmico	% PB	13,9
Glicina	% PB	4,8
Histidina	% PB	2,6
Isoleucina	% PB	5,1
Leucina	% PB	7,5
Lisina	% PB	7,0
Metionina	% PB	3,5
Fenilalanina	% PB	5,2
Prolina	% PB	5,2
Serina	% PB	5,0
Treonina	% PB	5,1
Triptofano	% PB	0,9
Tirosina	% PB	5,9
Valina	% PB	5,5

FONTE: Adaptado de Feedpedia.

Tabela 5. VALOR NUTRICIONAL DA FARINHA DE BICHO-DA-SEDA DESENGORDURADA (*Bombyx mori*).

<b>FARINHA DE BICHO-DA-SEDA DESENGORDURADA</b>		
<b>ANÁLISE PRINCIPAL</b>		
	<b>UNIDADE</b>	<b>VALOR MÉDIO</b>
Matéria seca	%	93,8
Proteína bruta	% MS	75,6
Fibra bruta	% MS	6,6
Extrato etéreo	% MS	4,7
Cinza	% MS	6,8
Energia bruta	Mcal/kg MS	5258
<b>MINERAL</b>		
Cálcio	g/kg MS	4,0
Fósforo	g/kg MS	8,7
Potássio	g/kg MS	-
Sódio	g/kg MS	-
Magnésio	g/kg MS	-
Manganês	mg/kg MS	-
Zinco	mg/kg MS	-
Cobre	mg/kg MS	-
Ferro	mg/kg MS	-
<b>AMINOÁCIDOS</b>		
Alanina	% PB	4,4
Arginina	% PB	5,1
Ácido aspártico	% PB	7,8
Cistina	% PB	0,8
Ácido glutâmico	% PB	8,3
Glicina	% PB	3,7
Histidina	% PB	2,6
Isoleucina	% PB	3,9
Leucina	% PB	5,8
Lisina	% PB	6,1
Metionina	% PB	3,0
Fenilalanina	% PB	4,4
Prolina	% PB	-
Serina	% PB	4,5
Treonina	% PB	4,8
Triptofano	% PB	1,4
Tirosina	% PB	5,5
Valina	% PB	4,9
FONTE: Adaptado de Feedpedia.		

## REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; ABBASI, S. Reducing the global environmental impact of livestock production: the minilivestock option. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 1754-1766, 2016. ISSN 0959-6526.

AGUILAR-MIRANDA, E. D. et al. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 50, n. 1, p. 192-195, 2002. ISSN 0021-8561.

ALEGBELEYE, W. O. et al. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, v. 43, n. 3, p. 412-420, 2012. ISSN 1365-2109.

ANDERSON, S. J. Increasing calcium levels in cultured insects. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2000. ISSN 0733-3188.

ANIEBO, A. O.; ERONDU, E. S.; OWEN, O. J. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. *Revista Científica UDO Agrícola*, v. 9, n. 3, p. 666-671, 2009. ISSN 1317-9152.

ARANGO GUTIÉRREZ, G. P.; VERGARA RUIZ, R. A.; MEJÍA VÉLEZ, H. Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, v. 57, n. 2, p. 2491-2500, 2004. ISSN 0304-2847.

BARRY, T. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). 2004.

BERNARD, J. B.; ALLEN, M. E.; ULLREY, D. E. Feeding captive insectivorous animals: Nutritional aspects of insects as food. *Nutrition Advisory Group Handbook, Fact Sheet*, v. 3, p. 1-7, 1997.

BOSCH, G. et al. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of nutritional science*, v. 3, 2014. ISSN 2048-6790.

BRITAIN, G.; BRAMBELL, F. W. R. Report of the Technical Committee to Enquire Into the Welfare of Animals Kept Under Intensive Livestock Husbandry Systems, Etc.[Chairman, Professor FW Rogers Brambell.]. 1965.

BUKKENS, S. G. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, v. 36, n. 2-4, p. 287-319, 1997. ISSN 0367-0244.

BUKKENS, S. G.; PAOLETTI, M. Insects in the human diet: nutritional aspects. *Ecological implications of minilivestock*, p. 545-577, 2005.

CARREGAL, R.; TAKAHASHI, R. Use of silkworm (*Bombyx mori* L.) chrysalis meal as a replacement for soyabean meal in the feeding of growing rabbits. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 16, p. 158-162, 1987.

CASSIDY, E. S. et al. Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, v. 8, n. 3, p. 034015, 2013. ISSN 1748-9326.

COLL, J. et al. Utilization of silkworm pupae meal (*Bombyx mori* L.) as a source of protein in the diet of growing-finishing pigs. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 21, p. 378-383, 1992.

COLLAVO, A. et al. (Ecological Implications of Minilivestock: Role of Insects, Rodents, Frogs and Snails for Sustainable development, p519-p544) HoUSAe cricket small-scale farming. 2005.

CRAIG SHEPPARD, D. et al. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, v. 39, n. 4, p. 695-698, 2002. ISSN 0022-2585.

DEFOLIART, G. R. The human use of insects as a food resource: a bibliographic account in progress. University of Wisconsin, 2002.

DEFOLIART, G.; STARR, C. The Food Insects Newsletter. Salt Lake City, Utah, USA. Aardvark Global Publishing, 2009.

DEFOLIART, G. R. The human use of insects as food and as animal feed. *American Entomologist*, v. 35, n. 1, p. 22-36, 1989. ISSN 1046-2821.

DEFOLIART, G. R. Edible insects as minilivestock. *Biodiversity & Conservation*, v. 4, n. 3, p. 306-321, 1995. ISSN 0960-3115.

DEFOLIART, G. R. An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology of Food and Nutrition*, v. 36, n. 2-4, p. 109-132, 1997. ISSN 0367-0244.

DEFOLIART, G. R. Insects as food: why the western attitude is important. *Annual review of entomology*, v. 44, n. 1, p. 21-50, 1999. ISSN 0066-4170.

DIAMOND, J. M. *Guns, germs and steel: a short history of everybody for the last 13,000 years*. Random House, 1998. ISBN 0099302780.

DICLARO, J.; KAUFMAN, P. E. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *Uf University of Florida IFAS Extension*, p. 1-4, 2009.

DIENER, S. et al. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. *Proceedings of the WasteSafe*, v. 2, p. 13-15, 2011.

DIENER, S.; ZURBRÜGG, C.; TOCKNER, K. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research*, v. 27, n. 6, p. 603-610, 2009. ISSN 0734-242X.

EISEMANN, C. et al. Do insects feel pain?—A biological view. *Experientia*, v. 40, n. 2, p. 164-167, 1984. ISSN 0014-4754.

ERENS, J. et al. *A bug's life: large-scale insect rearing in relation to animal welfare: project 1052*. Wageningen: Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 2012.

ERICKSON, M. C. et al. Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, v. 67, n. 4, p. 685-690, 2004. ISSN 0362-028X.

FAGOONEE, I. Possible growth factors for chickens in silkworm pupae meal. *British poultry science*, v. 24, n. 3, p. 295-300, 1983. ISSN 0007-1668.

FAO. 2004. Contribution des insectes de la foret a la securite alimentaire. L'exemple des chenilles d'afrique centrale (available at: [www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/j3463f/j3463f00.htm)).

FAO. 2013. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture – Micro-organisms and Invertebrates (available at: [www.fao.org/nr/cgrfa/cthemec/cgrfa-micro-organisms/en/](http://www.fao.org/nr/cgrfa/cthemec/cgrfa-micro-organisms/en/)).

FAO. 2013. Overview on aquaculture and fish farm feeds (including some insect species) of World Fisheries and Aquaculture (available at: [www.fao.org/fishery/topic/13538/en](http://www.fao.org/fishery/topic/13538/en)).

FENG, Y.; CHEN, X. Utilization and perspective of edible insects in China. *Forest Science and Technology*, v. 44, n. 4, p. 19-20, 2003.

FIALA, N. Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, v. 67, n. 3, p. 412-419, 2008. ISSN 0921-8009.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, v. 21, n. 3, p. 269-285, 2002. ISSN 1098-2361.

FINKE, M.D. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, v. 26, n. 2, p. 105-115, 2007. ISSN 1098-2361.

GAHUKAR, R. Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops. In: (Ed.). *Insects as Sustainable Food Ingredients*: Elsevier, 2016. p.85-111.

GANDHI, V. P.; ZHOU, Z. Food demand and the food security challenge with rapid economic growth in the emerging economies of India and China. *Food Research International*, v. 63, p. 108-124, 2014. ISSN 0963-9969.

GASCO, L. et al. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 1st International conference "Insects to Feed the World". 2014. p.69-69.

GOODMAN, W. G. Chitin: a magic bullet. Food Insect Newsletter, v. 2, p. 6-7, 1989.

Girl Meets Bug. 2013. Edible Insects: The Eco-logical alternative (available at: [www.girlmeetsbug.com/](http://www.girlmeetsbug.com/)).

HALDAR, P. Evaluation of nutritional value of shorthorn grasshoppers (acridids) and their farm-based mass production as a possible alternative protein source for human and livestock. Expert Consultation Meeting on Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security, 2012. p.23-26.

HALE, O. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. Ga Entomol Soc J, 1973.

HARDOUIN, J. Minilivestock: from gathering to controlled production. Biodiversity & Conservation, v. 4, n. 3, p. 220-232, 1995. ISSN 0960-3115.

HARDOUIN, J.; MAHOUX, G. Zootechnie d'insectes-Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. 2003.

HARRIS, W. Some notes on insects as food. Tanganyika Notes and Records, v. 9, p. 45-48, 1940.

HEMSTED, W. Locusts as a protein supplement for pigs. East African Agricultural Journal, v. 12, p. 225-226, 1947.

HIRANO, S. et al. Chitosan as an ingredient for domestic animal feeds. Journal of agricultural and food chemistry, v. 38, n. 5, p. 1214-1217, 1990. ISSN 0021-8561.

HOEKSTRA, A. Y.; WIEDMANN, T. O. Humanity's unsustainable environmental footprint. Science, v. 344, n. 6188, p. 1114-1117, 2014. ISSN 0036-8075.

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

IFIF. 2012. International Feed Industry Federation. (available at [www.ifif.org](http://www.ifif.org)). Accessed September 2017.

INRA, CIRAD, AFZ & FAO. 2013. Animal Feed Resources Information System of FAO (available at: [www.feedipedia.com](http://www.feedipedia.com)).

IOSELEVICH, M. et al. Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. VDLUFA Kongress, Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen, Rostock. 2004/09/13. 2004

JENSEN, R. et al. A method of estimating insect defoliation of soybean. *Journal of Economic Entomology*, v. 70, n. 2, p. 240-242, 1977. ISSN 1938-291X.

JONES, L.; COOPER, R.; HARDING, R. Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *The Journal of Zoo Animal Medicine*, v. 3, n. 4, p. 34-41, 1972. ISSN 0093-4526.

JOSHI, P. et al. Evaluation of deoiled silkworm pupae-meal on layer performance. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 50, n. 11, p. 979-982, 1980. ISSN 0367-8318.

KATAYAMA, N. et al. Entomophagy: A key to space agriculture. *Advances in Space Research*, v. 41, n. 5, p. 701-705, 2008. ISSN 0273-1177.

KELLERT, S. R. Values and perceptions of invertebrates. *Conservation biology*, v. 7, n. 4, p. 845-855, 1993. ISSN 1523-1739.

KENJI, G. et al. NUTRITIONAL POTENTIAL OF LONGHORN GRASSHOPPER (*RUSPOLIA DIFFERENS*) CONSUMED IN SIAYA DISTRICT, KENYA. 2017. ISSN 1561-7645.

KHAN, S.; ZUBAIRY, A. Chemical composition and nutritive value of Tusser silkworm pupae. *Indian journal of animal sciences*, 1971. ISSN 0367-8318.

KHUSRO, M.; ANDREW, N.; NICHOLAS, A. Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal*, v. 68, n. 3, p. 435-446, 2012. ISSN 1743-4777.

KLASING, K. C. et al. Increasing the calcium content of mealworms (*Tenebrio molitor*) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 31, n. 4, p. 512-517, 2000. ISSN 1042-7260.

KLUNDER, H. et al. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, v. 26, n. 2, p. 628-631, 2012. ISSN 0956-7135.

KRISHNAN, R. et al. Seri waste as feed substitute for broiler production. *Sericologia*, v. 51, n. 3, p. 369-383, 2011. ISSN 0250-3980.

LEE, C. G. et al. Chitin regulation of immune responses: an old molecule with new roles. *Current opinion in immunology*, v. 20, n. 6, p. 684-689, 2008. ISSN 0952-7915.

LIU, C.-M.; LIAN, Z.-M. Influence of *Acrida cinerea* replacing Peru fish meal on growth performance of broiler chickens. *Journal of Economic Animal*, v. 7, n. 1, p. 48-51, 2003. ISSN 1007-7448.

LIU, Q. et al. Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental entomology*, v. 37, n. 6, p. 1525-1530, 2008. ISSN 0046-225X.

LOOY, H.; WOOD, J. R. Attitudes Toward Invertebrates: Are Educational "Bug Banquets" Effective? *The journal of environmental education*, v. 37, n. 2, p. 37-48, 2006. ISSN 0095-8964.

MAKKAR, H. P. et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 1-33, 2014. ISSN 0377-8401.

MARTIN, R.; RIVERS, J.; COWGILL, U. Culturing mealworms as food for animals in captivity. *International Zoo Yearbook*, v. 16, n. 1, p. 63-70, 1976. ISSN 1748-1090.

MEDHI, D. Effects of enzyme supplemented diet on finishing crossbred pigs at different levels of silk worm pupae meal in diet. *Indian Journal of Field Veterinarians*, v. 7, n. 1, 2011. ISSN 0973-3175.

MEDHI, D. et al. Effect of silk worm pupae meal on carcass characteristics and composition of meat in pigs. *Indian Veterinary Journal*, v. 86, n. 8, p. 816-818, 2009. ISSN 0019-6479.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. UNESCO-IHE Institute for water Education Delft, 2010.

MUZZARELLI, R. A. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine drugs*, v. 8, n. 2, p. 292-312, 2010.

MYERS, H. M. et al. Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environmental Entomology*, v. 37, n. 1, p. 11-15, 2008. ISSN 0046-225X.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000. ISSN 1476-4687.

NAKAGAKI, B. J.; DEFOLIART, G. R. 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*, v. 84, n. 3, p. 891-896, 1991. ISSN 1938-291X.

NEELY, G. G. et al. TrpA1 regulates thermal nociception in *Drosophila*. *PLoS one*, v. 6, n. 8, p. e24343, 2011. ISSN 1932-6203.

NEW, T. R. MG Paoletti (ed), Ecological Implications of Minilivestock. Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails. *Journal of Insect Conservation*, v. 11, n. 2, p. 213-213, 2007. ISSN 1366-638X.

NEWTON, G. et al. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science*, v. 44, n. 3, p. 395-400, 1977. ISSN 0021-8812.

NEWTON, G.; SHEPPARD, D.; BURTLE, G. Black Soldier Fly Prepupae: A Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil. Public Comment on Alternative Feeds for Aquaculture. NOAA 15/11//2007–29/2. 2008

NEWTON, G. et al. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. Symposium on the state of the science of Animal Manure and Waste Management, 2005. p.5-7.

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

NGUYEN, T. T.; TOMBERLIN, J. K.; VANLAERHOVEN, S. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. Environmental entomology, v. 44, n. 2, p. 406-410, 2015. ISSN 1938-2936.

NISHIMURA, K. et al. Immunological activity of chitin and its derivatives. Vaccine, v. 2, n. 1, p. 93-99, 1984. ISSN 0264-410X.

OONINCX, D.; DIERENFELD, E. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. Zoo Biology, v. 31, n. 1, p. 40-54, 2012. ISSN 1098-2361.

OONINCX, D. G.; DE BOER, I. J. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. PloS one, v. 7, n. 12, p. e51145, 2012. ISSN 1932-6203.

OONINCX, D. G. et al. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PloS one, v. 5, n. 12, p. e14445, 2010. ISSN 1932-6203.

OONINCX, D. G. A. B. V. D. P., A.F.B. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). Zoo Biology, p. 9-16, 2011.

PARRY, M. et al. Climate change and hunger: responding to the challenge. Intl Food Policy Res Inst, 2009.

PATIL, S. R. et al. Utilization of silkworm litter and pupal waste-an eco-friendly approach for mass production of *Bacillus thuringiensis*. Bioresource technology, v. 131, p. 545-547, 2013. ISSN 0960-8524.

PENNINO, M.; DIERENFELD, E. S.; BEHLER, J. L. Retinol,  $\alpha$ -tocopherol and proximate nutrient composition of invertebrates used as feed. *International Zoo Yearbook*, v. 30, n. 1, p. 143-149, 1991. ISSN 1748-1090.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American journal of clinical nutrition*, v. 78, n. 3, p. 660S-663S, 2003. ISSN 0002-9165.

PREMALATHA, M. et al. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 9, p. 4357-4360, 2011. ISSN 1364-0321.

QIN, D. et al. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. 2007.

RAHMAN, M. et al. Replacement of costly fish meal by silkworm pupae in diet of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.). *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, v. 39, n. 1-4, p. 64-67, 1996. ISSN 0030-9885.

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*, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002. ISSN 0022-0493.

RAMOS-ELORDUY, J.; VALDÉS, L. A. C.; MORENO, J. M. P. Socioeconomic and cultural aspects associated with handling grasshopper germplasm in traditional markets of Cuautla, Morelos, Mexico. *Journal of Human Ecology*, v. 40, n. 1, p. 85-94, 2012. ISSN 0970-9274.

RAMOS-ELORDUY, B. J. The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, v. 36, n. 5, p. 347-366, 1997. ISSN 0367-0244.

RANGACHARYULU, P. et al. Utilization of fermented silkworm pupae silage in feed for carps. *Bioresource technology*, v. 86, n. 1, p. 29-32, 2003. ISSN 0960-8524.

REGULATION, H. A. T. Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council of 27 January 1997 concerning novel foods and novel food ingredients. *Off. J. Eur. Communities*, v. 40, p. 1-7, 1997.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, v. 57, n. 5, p. 802-823, 2013. ISSN 1613-4133.

SÁNCHEZ-MUROS, M.-J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 16-27, 2014. ISSN 0959-6526.

SCHABEL, H. G. Forest insects as food: A global review. *Forest insects as food: Humans bite back*, p. 37-64, 2010.

SCHIAVONE, A. et al. Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. 1st International conference "Insects to Feed the World", 2014. p.73-73.

SHEPPARD, C. House fly and lesser fly control utilizing the black soldier fly in manure management systems for caged laying hens. *Environmental entomology*, v. 12, n. 5, p. 1439-1442, 1983. ISSN 1938-2936.

SHEPPARD, D. C. et al. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource technology*, v. 50, n. 3, p. 275-279, 1994. ISSN 0960-8524.

SIRIMUNGKARARAT, S. et al. Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. *Forest insects as food: humans bite back*, p. 189, 2010.

SMIL, V. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 30, n. 3, p. 305-311, 2002. ISSN 0141-0229.

ST-HILAIRE, S. et al. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 38, n. 2, p. 309-313, 2007. ISSN 1749-7345.

STEINFELD, H. et al. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Org., 2006. ISBN 9251055718.

SUN, T.; LONG, R.; LIU, Z. The effect of a diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *British poultry science*, v. 54, n. 1, p. 130-137, 2013. ISSN 0007-1668.

THORNE, P. S. Environmental health impacts of concentrated animal feeding operations: anticipating hazards—searching for solutions. *Environmental Health Perspectives*, v. 115, n. 2, p. 296, 2007.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, n. 6898, p. 671, 2002. ISSN 1476-4687.

TRIVEDY, K. et al. Protein banding pattern and major amino acid component in de-oiled pupal powder of silkworm, *Bombyx mori* Linn. *J. Entomol*, v. 5, n. 1, p. 10-16, 2008.

VAN BROEKHOVEN, S. et al. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of insect physiology*, v. 73, p. 1-10, 2015. ISSN 0022-1910.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, v. 58, p. 563-583, 2013. ISSN 0066-4170.

VAN HUIS, A. et al. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. ISBN 9251075964.

VELDKAMP, T. et al. *Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study*= *Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie*. Wageningen UR Livestock Research. 2012. (1570-8616)

WANG, D. et al. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-australasian journal of animal sciences*, v. 18, n. 5, p. 667-670, 2005. ISSN 1011-2367.

WANG, J. et al. Process optimization for the enrichment of  $\alpha$ -linolenic acid from silkworm pupal oil using response surface methodology. *African Journal of Biotechnology*, v. 9, n. 20, 2010. ISSN 1684-5315.

WANG, Y. et al. Study on the rearing larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilizing. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, v. 30, n. 3, p. 288-292, 1996. ISSN 1000-2340.

YAOWANG, C. Animal raising and plant cultivation on an integrated fish farm. 1989.

ZHANG, J. et al. An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, v. 10, n. 1, p. 202, 2010. ISSN 1536-2442.

ZHENG, L. et al. Double the biodiesel yield: rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. *Renewable energy*, v. 41, p. 75-79, 2012. ISSN 0960-1481.