

Maria Cecília Nascimento Arcanjo

**Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição
nutricional da larva de *Tenebrio Molitor***

Montes Claros- MG

2020

Maria Cecília Nascimento Arcanjo

**Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição
nutricional da larva de *Tenebrio Molitor***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Produção Animal Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Diego Vicente da Costa

Co-orientadores:

Raphael Rocha Wenceslau

Sérgio Henrique Sousa Santos

Montes Claros- MG

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Arcanjo, Maria Cecilia Nascimento

A668u
2020

Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição nutricional da larva de *Tenebrio Molitor* [manuscrito] / Maria Cecilia Nascimento Arcanjo . Montes Claros, 2020.
71 f.:il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Diego Vicente da Costa

Banca examinadora: Suerlani A. F. Moreira Ruas, Vinicius de Abreu D'Ávila .

Inclui referências: f. 60 - 63; 65 - 72

I. Besouro -- Teses. 2. Tenebrionidae -- Teses. 3. Insetos -- Alimentos -- Teses. 4. Insetos -- Nutrição -- Teses. I. Costa, Diego Vicente da. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.084.4

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFMG
Nádia Cristina Oliveira Pires /CRB-6 2781

Maria Cecília Nascimento Arcanjo

**Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição
nutricional da larva de *Tenebrio Molitor***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Produção Animal Universidade Federal de Minas
Gerais, como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Diego Vicente da Costa

Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Professora Dr^a.Suerlani A. F. Moreira Ruas
(Faculdade de Saúde Ibituruna –FASI)

Professor Dr.Vinicius de Abreu DÁvila
(Universidade do Estado de Minas Gerais –UEMG)

Professor Dr.Diego Vicente da Costa
Orientador-ICA/UFMG

Montes Claros, 29 de abril de 2020.



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 29 dias do mês de abril de 2020 às 14 horas, sob a Presidência do Professor Diego Vicente da Costa, D. Sc. (ICA/UFMG) e com a participação dos Professores Suerlani Aparecida Ferreira Moreira Ruas, D. Sc. (FASI), Vinícius de Abreu D'Avila, D. Sc. (UEMG) e o Pós-Doutorando Wedson Carlos Lima Nogueira, D. Sc. (Suplente - ICA/UFMG) reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **MARIA CECÍLIA NASCIMENTO ARCANJO**, aluna do Curso de Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada "Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição nutricional de Tenebrio molitor", foi expresso pelo conceito "B" (nota 85), sendo a aluna considerada (aprovada/reprovada) APROVADA. E, para constar, eu, Professor Diego Vicente da Costa, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 64 do regulamento do Curso de Mestrado em Produção Animal, conforme apresentado a seguir:

Art. 64 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 29 de abril de 2020.

Diego Vicente da Costa
Orientador

Suerlani Aparecida Ferreira M. Ruas
Membro

Vinícius de Abreu D'Avila
Membro

Wedson Carlos Lima Nogueira
Suplente

DEDICATÓRIA

A minha mãe Esther, irmã Izabella, afilhadas Alícia e Antônia e meu companheiro Carlos Faim que, sempre me incentivaram, ajudaram e torceram para que concluísse esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Enfim mais um ciclo se encerra e isso não teria sido possível sem a presença de Deus em minha vida. Durante essa caminhada Ele me sustentou, deu coragem e colocou pessoas fundamentais no meu caminho. Hoje o sentimento é de gratidão.

Obrigada Nossa Senhora por não desistir de mim e me manter sob sua proteção.

Ao Professor Diego obrigado pela orientação, paciência e por sempre me atender quando eu precisei.

Ao professor Vinicius minha eterna gratidão pela paciência, orientação na condução do experimento e por estar sempre disponível quando precisei.

À professora Luciana por ter cedido o laboratório de bromatologia para realização das análises e principalmente ao Sérgio por todo ensinamento, disponibilidade e ajuda, o seu acolhimento foi muito importante. Aos outros técnicos e a Ana Claudia também deixo meu obrigado. A Edvaldo, obrigada pela paciência e disponibilidade em ajudar.

Às minhas amigas Jousiane e Letícia que viveram comigo os mais diferentes sentimentos e estiveram sempre ao meu lado deixando a caminhada mais leve. Maria Teresa, Sara e Ingrid obrigada pela ajuda e pelas nossas conversas. A Erick, sua ajuda, paciência e disponibilidade foram essenciais nesse processo. Gabriel e Larissa obrigada pela ajuda durante o experimento.

Aos meus colegas da Nutrinorte, minha eterna gratidão, vocês foram fundamentais para a conclusão dessa etapa.

À minha família amada e Carlos Faim pela torcida, confiança, apoio e por entender e respeitar todo esse momento. Aos meus anjos Alícia e Antônia, vocês deixaram meus dias mais coloridos e felizes. Sem vocês não teria conseguido chegar até aqui. Amo vocês.

RESUMO

Dentre as diversas espécies de insetos que podem ser utilizadas na alimentação animal e humana, destaca-se o *Tenebrio molitor*, que pode ser uma fonte de nutrição alternativa visando redução dos custos de produção, mas ainda mantendo uma nutrição eficiente e economicamente viável. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil sobre o perfil nutricional da larva de *Tenebrio Molitor*. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, onde foram testadas quatro dietas diferentes para o desenvolvimento de larvas do *T. molitor*. O tratamento controle foi composto de uma mistura a base de trigo, soja e milho e os outros três tratamentos consistiram em dietas suplementadas com 50% de subprodutos da extração de macaúba, buriti e cacau. Para garantir a fidedignidade do estudo, foram realizados quatro tratamentos com quatro repetições. As repetições foram realizadas entre os meses maio e junho de 2019, conforme o desenvolvimento das pupas em besouro. Os animais foram depositados em bandejas plásticas contendo ração e poliacrilato de sódio para suprir a necessidade de água e acomodados em ambiente climatizado (23°C). Após o término do período larval (em média, 139 dias), os animais foram submetidos a jejum de 24 horas e em seguida sacrificados. Para a análise dos dados, os testes ANOVA e de Holm-Sidak foram realizados, onde valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. As larvas de *T. molitor* conseguiram completar seu ciclo de vida em todas as dietas testadas, entretanto, na dieta suplementada com cacau, o desenvolvimento em número de larvas foi reduzido em relação aos outros grupos. A farinha dos animais alimentados com a dieta à base de cacau apresentaram quantidade proteica inferior quando comparadas ao grupo controle ($p < 0,001$). Enquanto as dietas à base de Buriti, Cacau e Macaúba apresentaram quantidades maiores extrato etéreo ($p < 0,018$, $< 0,012$ e $< 0,003$, respectivamente). Concluímos que a suplementação de Tenebrios com dietas à base de buriti e macaúba podem ser bons aliados na melhoria do perfil nutricional da farinha de *T. molitor*, podendo fornecer quantidades favoráveis de proteínas e minerais. No tocante ao uso do cacau, sugerimos mais estudos que possam avaliar a presença de componentes alcalóides e seus efeitos diretos na suplementação animal, o que pode representar uma limitação deste estudo.

Termos para indexação: *Coleoptera: Tenebrionidae*, Insetos Alimentícios, Dietas Alternativas.

ABSTRACT

Among the diversity species of insects that can be used in animal and human food, the *Tenebrio molitor* stands out, which can be an alternative source of nutrition aimed at reducing production costs, but still maintaining an efficient and economically viable nutrition. Thus, this study aimed to evaluate the use of fruit residues typical of Brazil on the nutritional profile of the larva of *Tenebrio Molitor*. The experimental design used was in randomized blocks, where four different diets were tested for the development of *T. molitor* larvae. The control treatment consisted of a mixture based on wheat, soy and corn and the other three treatments consisted of diets supplemented with 50% of by-products from the extraction of macauba, buriti and cocoa. To guarantee the reliability of the study, four treatments were performed with four repetitions. The repetitions were carried out between May and June 2019, according to the development of pupae in beetle. The animals were deposited in plastic trays containing feed and sodium polyacrylate to supply the need for water and accommodated in an air-conditioned environment (23°C). After the end of the larval period (on average, 139 days), the animals were fasted for 24 hours and then sacrificed. For data analysis, ANOVA and Holm-Sidak tests were performed, where p values <0.05 were considered statistically significant. The larvae of *T. molitor* were able to complete their life cycle in all diets tested, however, in the diet supplemented with cocoa, the development in number of larvae was reduced in relation to the other groups. The flour of the animals fed with the cocoa-based diet showed a lower protein amount when compared to the control group ($p <0.001$). While the diets based on Buriti, Cacau and Macaúba showed higher amounts of ether extract ($p <0.018$, <0.012 and <0.003 , respectively). We conclude that the supplementation of tenebrians with diets based on buriti and macaúba can be good allies in improving the nutritional profile of *T. molitor* flour, and can provide favorable amounts of proteins and minerals. Regarding the use of cocoa, we suggest more studies that can evaluate the presence of alkaloids and their direct effects on animal supplementation, which may represent a limitation of this study.

Index terms: Coleoptera: Tenebrionidae, Food insects, Alternative diets

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão de literatura

- Figura 1** - Ilustração do *Tenebrio molitor* na forma de larva, pupa e inseto adulto (besouro) respectivamente. 26
- Figura 2** - Ciclo de vida do *Tenebrio molitor* 27
- Figura 3** - Ilustração da separação dos grupos de *Tenebrio molitor* em laboratório utilizando caixas de plástico. 29
- Figura 4** - Ilustração da árvore Buritizeiro e os frutos buritis. 38
- Figura 5** - Ilustração da árvore Macaúba e o fruto da Macaúba 41
- Figura 6** - Ilustração do cacauzeiro e do seu fruto. 43

Artigo 1 - Perfil nutricional de farinha de *Tenebrio molitor* submetido a dietas derivadas de frutos típicos do Brasil

- Figura 1** - Compilado de gráficos descrevendo a quantidade de Extrato Etéreo (A), Matéria Mineral (B), Matéria Seca (C) e Proteína Bruta (D) presente na farinha dos Tenebrios alimentados com as dietas a base de Macaúba, Buriti e Cacau. 56

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura

Tabela 1 - Principais constituintes químicos nas farinhas de insetos em 22
relação à farinha de peixe e farelo de soja.

Tabela 2 - Composição de aminoácidos (g/16g de nitrogênio) de farinhas 24
de insetos em comparação com os valores requeridos de proteína
dietética da FAO, farelo de soja e farinha de peixe.

Tabela 3 - Regiões da Ásia-Pacífico que utilizam insetos de acordo com o 31
modo de produção

Artigo 1- Perfil nutricional de farinha de *Tenebrio molitor* submetido a
dietas derivadas de frutos típicos do Brasil

Tabela 1- Composição das Dietas Experimentais 49

Tabela 2 - Teores médios de Extrato Etéreo (EE), Matéria Seca (MS), 50
Matéria Mineral (MM) e Proteína Bruta (PB) nas diferentes dietas
utilizadas para avaliar o desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor*

Tabela 3- Efeitos dos resíduos orgânicos sobre o número e peso das de 52
larvas *Tenebrio molitor* alimentadas com diferentes dietas durante as
quatro repetições do experimento.

Tabela 4- Valores de ANOVA entre grupos, para comparação de 52
quantidade de larvas por grupo

Tabela 5- Análise descritiva (em média e desvio padrão) para o peso dos 52
animais alimentados com as diferentes dietas

LISTA DE ABERVIATURAS E SÍMBOLOS

Análise de variância – ANOVA

Association of Official Agricultural Chemists - AOAC

Cálcio - Ca

C - carboidrato

Centímetro – cm

Food and Environmental Research Agency -FERA

Fósforo – P

Gramma - g

Graus centígrados °C

Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais - ICA/UFMG

International Network of Food Data Systems - INFOODS

Matéria Mineral - MM

Matéria Seca - MS

Método de Imputação Múltipla - MCMC

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO

Partes por milhão - PPM

Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB

Porcentagem - %

Proteína Bruta - PB

Quilograma - Kg

Sistema nervoso central (SNC)

Tenebrio molitor - *T. molitor*

Teores médios de Extrato Etéreo - EE

Umidade relativa - UR

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Questões ambientais.....	16
3.1.2 Destino de resíduos orgânicos no Brasil	16
3.2 Insetos Comestíveis	17
3.2.1 Valor nutricional dos insetos para humanos	20
3.2.2 Valor nutricional dos insetos para alimentação animal.....	21
3.3 <i>Tenebrio Molitor</i>	26
3.3.1 Cenário mercadológico para criação do <i>Tenebrio Molitor</i>	30
3.3.1.1 Mercado Mundial.....	30
3.3.1.2 Mercado Brasileiro	33
3.4 Componentes estruturais dos insetos.....	35
3.5 Influencia da Alimentação do inseto em sua composição nutricional	37
3.6 Frutos típicos do território Brasileiro na alimentação do <i>Tenebrio</i>	38
3.6.1 Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>)	38
3.6.1.1 Subprodutos da extração do Buriti	39
3.6.2 Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	40
3.6.2.1 Subprodutos da extração da Macaúba.....	41
3.6.3 Cacau, <i>Theobroma cacao</i>	42
3.6.3.1 Subprodutos da extração do Cacau.....	43
4. ARTIGO CIENTIFICO.....	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população global e a diminuição da disponibilidade de terras aráveis, a seleção e o desenvolvimento de recursos adicionais de alimentos e rações são essenciais, e os insetos são uma importante fonte potencial de alimentos e rações (VAN HUIS, 2013). A Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas considera os insetos como uma fonte sustentável de alimentos em potencial, com a qual pode responder às preocupações globais de segurança alimentar e encoraja um maior uso de insetos em nossas dietas (VANTOMME, 2015).

A utilização de insetos na nutrição animal tornou-se recentemente alvo de estudo de muitos pesquisadores (MAKKAR et al., 2014; SÁNCHEZ et al., 2014). No Brasil, o mercado de insetos para alimentação animal encontra-se em franca expansão, carecendo, entretanto, de desenvolvimento tecnológico e adaptação regional (LORINI et al., 2015).

A agroindústria brasileira gera muitos resíduos em suas atividades com grande potencial de aproveitamento e muitas vezes, esses se perdem em função do pouco conhecimento sobre seu valor nutritivo e a forma correta de aproveitá-los. A utilização desses resíduos contribui para que eles deixem de ser fonte de lixo orgânico e conseqüentemente causarem menos danos ao meio ambiente. Também pode atuar como fonte enriquecedora de nutriente de diversos produtos como ração para insetos e ingredientes de produtos alimentícios.

A facilidade no cultivo do *Tenebrio molitor*, combinada com um relativo baixo custo de produção, a torna uma alternativa viável para produção sustentável de proteína de origem animal, especialmente a nacional. Possui ainda, atividade

antifúngica e peptídeos antibacterianos que podem aumentar a vida de prateleira de rações (FENG et al., 2018).

Sendo assim, desenvolver uma farinha de insetos, a qual se caracteriza como um ingrediente de alto valor protéico e energético, com possibilidade de inclusão em rações fareladas, peletizadas e extrusadas de animais, pode contribuir para uma maior viabilidade técnica e o desenvolvimento sustentável do setor de proteína animal brasileiro.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Avaliar a utilização de resíduos dos frutos típicos do Brasil sobre o perfil nutricional do *Tenebrio molitor*.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a composição das farinhas de larva de Tenebrios por análise bromatológica e comparar as dietas utilizando subprodutos da extração de macaúba, buriti e cacau, aos quais foram submetidos os *T. molitor*.
- Verificar a aceitabilidade dos resíduos pelos insetos e adequabilidade dos resíduos como dietas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Questões ambientais

A ampliação dos sistemas de produção dos rebanhos bovino e, principalmente suíno, avícola e ainda na produção de peixes, tem exigido um cultivo crescente de farelo de soja, o que demanda o aumento das áreas para produção deste grão. Buscando suprir esta demanda crescente, é observado o aumento das áreas dedicadas a produções agrícolas e industriais, que utilizam mais recursos naturais e como consequência geram aumento nos impactos ambientais, como emissões de gases do efeito estufa, poluição das águas (HOEKSTRA; WIEDMANN, 2014; MEKONNEN; 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.

3.1.2 Destino de resíduos orgânicos no Brasil

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, são chamados de resíduos orgânicos tudo o que é constituído por restos de animais ou vegetais que são descartados devido às ações humanas e que, quando estão em ambientes naturais, conseguem se degradar espontaneamente. Eles podem se originar de diversas maneiras, por exemplo, da rede doméstica (restos de alimentos), urbana (poda de árvores), agrícola (resíduos da agroindústria) entre várias outras. No Brasil, dentre os resíduos sólidos urbanos gerados, mais de 50% são caracterizados como resíduos orgânicos.

Quando descartados erroneamente, estes resíduos podem causar graves problemas ao meio ambiente e aos organismos que nele vivem, podendo favorecer o desenvolvimento e proliferação de vários vetores de doenças, gerar chorume, que pode causar poluição de lençóis freáticos, além de contribuir para a emissão de gás metano na atmosfera, que favorece a permanência e manutenção do aquecimento global (Ministério do Meio Ambiente, 2020).

A lei que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) cita algumas alternativas corretas sobre o que fazer para fornecer uma disposição final adequada a esses resíduos: “A reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final” (Brasil, 2010). Segundo a Environmental Services Association (2014), a compostagem e a biodigestão são mundialmente recomendadas como formas apropriadas e eficazes de tratar tais resíduos.

Segundo Zago e Barros (2019), ainda é prática comum no Brasil o enterro, queima ou disposição a céu aberto de resíduos orgânicos em virtude da falta de conhecimento sobre os problemas que o descarte incorreto desses resíduos podem acarretar ao meio ambiente, além da falta de informações sobre como reaproveitamento destes. Dados obtidos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012), indicavam para o ano de 2008 que menos de 1% dos resíduos sólidos eram destinados a compostagem, sendo 58% destes destinados a aterros sanitários.

3.2 Insetos Comestíveis

Os insetos são frequentemente utilizados como fonte de alimento por várias pessoas em muitas partes do mundo. Desde 2012, mais de 1900 espécies foram registradas como alimento na Ásia, África, Oceania e América do Norte e do Sul (VAN HUIS, 2013). Em muitas regiões, uma grande diversidade e quantidade de insetos pode ser obtida como alimento; em parte, isso se deve à alta diversidade de insetos associados a diferentes ambientes, mas também à capacidade de muitas espécies de se reproduzir devido à alta fecundidade e rápidas gerações. rapidamente.

A China possui mais de dois mil anos de história de uso de insetos comestíveis. Na história os chineses antigos criaram bichos-da-seda e consumiram pupas de bichos-da-seda (ZOU, 1981). Apesar das mudanças globais nas dietas das pessoas, cultura do consumo de insetos permanece viável na China. Os insetos comestíveis foram e continuam sendo ingeridos em muitas áreas da China por diferentes grupos étnicos (LUO, 2005). Exemplos da literatura chinesa antiga descrevem em detalhes os tipos comuns de insetos comestíveis e as técnicas para coletar e cozinhar insetos (LIU, 1991). Desde a década de 1980, a pesquisa científica sobre insetos alimentares se expandiu para incluir a identificação de espécies, avaliação da nutrição, novas abordagens à agricultura e explorações da cultura associada à entomofagia.

De acordo com a literatura publicada em diferentes regiões do mundo, mais de 1900 espécies são consideradas comestíveis. Em geral são espécies das ordens Coleoptera (31%), Lepidoptera (18%) e Hymenoptera (14%), com outras em Orthoptera (13%), Hemípteros (10%), Isoptera (3%), Odonata (3%) Diptera (2%) e outras encomendas (5%) (VAN HUIS, 2013).

No entanto, menos de 100 espécies são comumente consumidas e apenas 10 a 20 tipos são frequentemente consumidos, que incluem várias espécies de abelhas e

vespas, bichos-da-seda, grilos, lagartas de bambu, libélulas e besouros. O número de insetos comestíveis continua a aumentar à medida que mais estudos são publicados. Até 2014, 324 espécies foram documentadas e relacionadas à alimentos e rações na China, esses incluem espécies comuns de insetos comestíveis, algumas espécies menos consumidas e alguns insetos utilizados na medicina (FENG et al., 2018).

Nos últimos anos, a pesquisa sobre o uso de insetos como fonte de alimento para humanos e animais cresceu com o reconhecimento dos benefícios nutricionais dos insetos, bem como, sua segurança alimentar. A existência de recursos limitados, principalmente a terra, faz com que os agricultores comecem a pensar em novas estratégias que possam atender às demandas futuras da ração animal. Neste contexto, as rações bovinas e dos peixes vêm principalmente da soja e farinha de peixe, respectivamente (MAKKAR et al., 2014).

A soja vem sendo cada vez mais utilizada na alimentação animal devido à alta digestibilidade e alto teor de proteína (com um bom perfil de aminoácidos) (MAKKAR et al., 2014). No entanto, alimentos convencionais como a soja, milho, algodão entre outros estão associados ao desmatamento, impactos quanto ao uso de pesticidas e transporte o que degrada muito o meio ambiente (KHUSRO, 2012).

A farinha de peixe e os óleos são as principais fontes alimentares dos peixes carnívoros cultivados. Este cultivo de peixes para a produção de rações reduzem os peixes de estoques, contribuindo para os preços mais altos no mercado (TACON; METIAN, 2009; TACON et al., 2009). Nesta perspectiva, os insetos estão sendo considerados como uma nova fonte de proteína para a ração animal.

Várias espécies de insetos são utilizadas como alimento para algumas espécies de animais, ou seja, já são considerados hábitos comuns de alimentação das aves, suínos e todas as espécies cultivadas de peixes, incluindo invertebrados, como o ligochaeta, crustáceos e insetos (KHAN; PANIKKAR, 2009; MATSUNO et al., 1999). Uma das formas mais utilizadas é a farinha, esta apresenta-se como uma potencial forma de alimento para animais, contendo, proteína e aminoácidos adequados (SÁNCHEZ et al., 2014).

3.2.1 Valor nutricional dos insetos para humanos

A Organização das Nações Unidas prevê que a população mundial irá atingir mais de 9,7 bilhões em 2050 exigindo maior produção de alimentos para humanos e animais. O consumo de insetos, conhecido como entomofagia, se mostra como uma alternativa e já é praticado por mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo, principalmente na Ásia, África e América do Sul (DESA, 2019).

Diversos aspectos dão suporte para promover o uso de insetos como uma fonte sustentável de proteína animal. Comparados aos animais de corte tradicionais, os insetos necessitam de menos espaço e água, apresentam maior fecundidade, melhor taxa de conversão alimentar e podem ser criados em resíduos orgânicos, contribuindo para a valorização da biomassa (OONINCX et al., 2015).

Muitas espécies de insetos têm sido utilizadas por serem altamente nutritivas e uma fonte de alimento saudável para as pessoas (CHEN, 2008; RAMOS-ELORDUY, 2005; VAN HUIS, 2013). Os insetos são eficientes na conversão de alimentos em proteínas, e algumas espécies podem ser criadas com resíduos orgânicos. Comparados com os animais produtores de carne convencionais, como gado, porcos e aves, os insetos

podem fornecer a quantidade equivalente de proteína animal usando menos terra e água, além de produzir níveis muito mais baixos de gases de efeito estufa (OONINCX et al., 2010).

O crescente interesse pelos insetos deve-se principalmente as altas propriedades nutricionais, pois de fato os insetos têm sido considerados uma boa fonte de proteínas. O conteúdo calórico foi estimado em cerca de 293 a 762 quilocalorias por 100 g de matéria seca. Além disso, o teor de proteína é muito alto com valores que variam de 7 a 48 g / 100 g de peso fresco dos insetos. Além disso, os mesmos são muito ricos em gordura (especialmente ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e 6).

Os insetos também são ricos em sais minerais, como ferro, zinco, potássio, magnésio, cobre, selênio e as vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B12 (cobalamina) e E, sendo assim, uma alternativa para alimentação humana e animal (VANHUIS et al., 2013).

3.2.2 Valor nutricional dos insetos para alimentação animal

Neste contexto, um documento gerado por BALINGA et al. (2004), sugere a criação e processamento de insetos como alternativa proteica. A inclusão de insetos na produção animal pode representar uma fonte proteica alternativa de grande potencial para a produção de carne. Desta forma, muitos trabalhos têm sido realizados no sentido de avaliar essa alternativa (BUKKENS; PAOLETTI, 2005; RAMOS-ELORDUY et al., 2012; RAMOS-ELORDUY, 1997; RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

Os insetos são considerados um alimento proteico (46-65% de proteína), sendo mais ricos em proteínas que feijões (23,5% de proteína), lentilhas (26,7%) ou soja (41,1%) (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013). 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 poli-insaturados (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

A tabela 1 compara os teores de proteína bruta (PB) e os lipídeos nas farinhas de insetos com o farelo de soja e farinha de peixe. O conteúdo da PB é alto nas diferentes farinhas de insetos apresentadas, variando de 42,1 a 63,3%. Algumas farinhas de insetos, por exemplo, (larvas de mosca, farinha de larva, farinha do bicho-da-seda (*Bombyx mori*)) contém até 36 % de óleo, que pode ser isolado e usado para a preparação de biodiesel; e o resto da farinha desengordurada, sendo rica em PB, poderia ser utilizado como alternativa nas indústrias de rações.

Os valores de cálcio (Ca) e fósforo (P) são importantes para a produção de aves e suínos, bem como para a criação de grandes e pequenos ruminantes. As larvas da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) são ricas em Ca (7,56%), enquanto que para os outros tipos de farinha de insetos os níveis de Ca foram muito baixos e a suplementação seria necessária, caso estas fossem usadas na alimentação animal.

Tabela1. Principais constituintes químicos nas farinhas de insetos em relação à farinha de peixe e farelo de soja.

	Proteína Bruta*	Lipídeo*	Cálcio*	Fósforo*
Larvas de mosca soldado Negro	42,1	26,0	7,56	0,90
Farinha de mosca Doméstica	50,4	18,9	0,47	1,60
Larvas da farinha	52,8	36,1	0,27	0,78
Farinha de gafanhoto	57,3	8,5	0,13	0,11
Farinha de grilo	63,3	17,3	1,01	0,79

Farinha de pupas do bicho-da-seda	75,6	4,7	0,40	0,87
Farinha de peixe	70,6	9,9	4,34	2,79
Farelo de soja	51,8	2,0	0,39	0,69

Constituintes (% em VD): Valores calculados das refeições desengorduradas.

Fonte: Adaptado de MAKKAR et al. (2014).

Para os suínos e aves em crescimento os principais aminoácidos limitantes são a lisina e a metionina, assim como a deficiência de triptofano e a treonina também pode diminuir o desempenho desses animais. Composições de aminoácidos de várias farinhas de insetos e outros recursos alimentares convencionais são apresentadas na tabela 2.

Os níveis de metionina em todas as farinhas de insetos são mais altos do que os do farelo de soja, enquanto os níveis de aminoácidos contendo enxofre (metionina + cistina) são mais baixos em alguns tipos de farinha de inseto do que no farelo de soja.

Os níveis gerais de aminoácidos essenciais nas farinhas de insetos são bons, a combinação da farinha de insetos forneceria uma composição equilibrada de aminoácidos para uso na ração animal, assim como o farelo de soja. Verifica-se que quando faltam aminoácidos nas rações dos animais são adicionados os sintéticos, pois são considerados aditivos de baixo custo, que hoje em dia são comumente utilizados na preparação de alimentos pela indústria de rações para animais.

Tabela 2. Composição de aminoácidos (g/16g de nitrogênio) de farinhas de insetos em comparação com os valores requeridos de proteína dietética da FAO, farelo de soja e farinha de peixe.

Aminoácidos	Larvas de mosca soldado Negro	Farinha de mosca doméstica	Farinha da larvas (T. molitor)	Farinha de gafanhoto	Farinha de grilo	Farinha de pupas do bicho-da-Seda	Farinha de peixe	Farelo de soja
Essencial								
Metionina	2,1	2,2	1,5	2,3	1,4	3,0	2,7	1,32
Cisteína	0,1	0,7	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	1,38
Valina	8,2	4,0	6,0	4,0	5,1	4,9	4,9	4,50
Isoleucina	5,1	3,2	4,6	4,0	4,4	3,9	4,2	4,16
Leucina	7,9	5,4	8,6	5,8	9,8	5,8	7,2	7,58
Fenilalanina	5,2	4,6	4,0	3,4	3,0	4,4	3,9	5,16
Tirosina	6,9	4,7	7,4	3,3	5,2	5,5	3,1	3,35
Histidina	3,0	2,4	3,4	3,0	2,3	2,6	2,4	3,06
Lisina	6,6	6,1	5,4	4,7	5,4	6,1	7,5	6,18
Treonina	3,7	3,5	4,0	3,5	3,6	4,8	4,1	3,78
Triptofano	0,5	1,5	0,6	0,8	0,6	1,4	1,0	1,36

Continua...

Não essenciais								
Serina	3,1	3,6	7,0	5,0	4,6	4,5	3,9	5,18
Arginina	5,6	4,6	4,8	5,6	6,1	5,1	6,2	7,64
Ácido glutâmico	10,9	11,7	11,3	15,4	10,4	8,3	12,6	19,92
Ácido aspártico	11,0	7,5	7,5	9,4	7,7	7,8	9,1	14,14
Prolina	6,6	3,3	6,8	2,9	5,6	-	4,2	5,99
Glicina	5,7	4,2	4,9	4,8	5,2	3,7	6,4	4,52
Alanina	7,7	5,8	7,3	4,8	8,8	4,4	6,3	4,54

Fonte: Adaptado de MAKKAR et al. (2014).

3.3 *Tenebrio Molitor*

O *Tenebrio molitor* (Figura 1), inseto pertencente à família Tenebrionidae, da ordem Coleoptera, se desenvolve preferencialmente nas regiões temperadas do hemisfério norte e é uma praga de farinha, grãos e alimentos armazenados (RAMOS-ELORDUY et al., 2002), com os estádios de larva e de pupa sendo de fácil criação (GHALY; ALKOAİK, 2009).

Figura 1. Ilustração do *Tenebrio molitor* na forma de larva, pupa e inseto adulto (besouro), respectivamente.

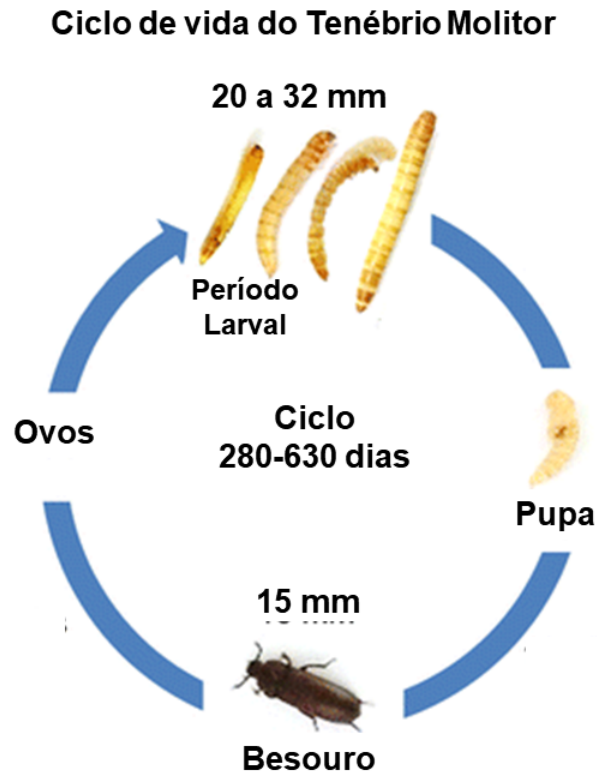


Fonte: Arquivo pessoal

Este inseto apresenta um holometabolismo (metamorfose completa) dividido em quatro fases: fase embrionária, a fase larval, a fase pupal e a fase imago (adulta) (SPANG, 2013). O ciclo de vida do *T. molitor* varia de 280 a 630 dias (ONG et al., 2018). A larva madura possui a cor amarelo castanho claro, tem de 20 a 32 mm de comprimento e pesa cerca de 130-160 mg. Os produtores comerciais de larva, por vezes, incluem o 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 (Figura 2) (FINKE, 2002).

Figura 2. Ciclo de vida do Tenebrio Molitor



Fonte: Adaptado de ONG et al,2018.

Os Tenebrios são consumidos por um grande número de espécies de animais, como aves, tartarugas, lagartos, rãs, pequenos mamíferos e peixes. Devido os hábitos alimentares de algumas espécies são utilizadas como isca para pescaria, além da alimentação de animais em criações particulares e zoológicos (TUBIN et al., 2020).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do Tenebrio molitor está compreendida entre 25–27 °C, e a umidade relativa podem variar entre 30 a 70% (SPANG, 2013). O seu substrato de desenvolvimento é constituído por farelo ou

alimento para aves, composto de cenouras, batatas e água. Se for fornecido uma quantidade abaixo da indicada pode ocorrer canibalismo: besouros comem crisálidas e larvas comem ovos.

Diferentes fatores ambientais tais como temperatura, umidade, stress, alimentação e a presença de organismos entomopatogênicos, podem influenciar o crescimento do *T. molitor*. Os estudos indicam que a temperatura e a umidade relativa são os fatores de maior influência na produção (SPANG, 2013).

Um exemplo disto é a fecundidade da Barata Cinérea (*Nauphoeta cinerea*), que é afetada pela umidade relativa, quando as fêmeas são expostas a uma UR de 20% colocam uma média de 4 ovos, mas quando essas fêmeas são expostas a uma UR 65%, elas colocam uma média de 102 ovos (AZEVEDO; RAMALHO, 1999).

Na criação em laboratório são utilizadas caixas de plástico (Figura 3), medindo cerca de 55 cm de comprimento por 25 cm de altura e 35 cm de largura nas quais se dispõem folhas de jornal para servirem de abrigo para os insetos. Deve-se utilizar também lamparinas e esponjas mantendo adequadas a umidade e temperatura. Na caixa devem conter besouros que são depositados na caixa com cerca de 5 cm de ração como substrato. Para iniciar a criação é ideal que o plantel seja grande e variado evitando a necessidade de introdução de novos animais. Após introdução dos *Tenebrios* nas caixas deve se peneirar a ração a cada 30 dias separando os ovos e larvas pequenas das larvas adultas, uma vez que pode ocorrer canibalismo (FÁVERO, 2009).

Figura 3. Ilustração da separação dos grupos de *Tenebrio molitor* em laboratório utilizando caixas de plástico.



Fonte: Arquivo pessoal, 2020

O *T. molitor* é normalmente utilizado como alimento na fase larval. Após cerca de 8 a 10 semanas de cultivo, as larvas são peneiradas e separadas do substrato, colocadas sem alimento a uma temperatura entre 6°C a 15 °C para a retirada do conteúdo existente no intestino (COUNCIL, 2014).

As larvas poderão ser utilizadas vivas, resfriadas, congeladas, desidratadas e na forma de farinha. O *Tenebrio* comum é composto de proteína bruta (50,1%), extrativo não nitrogenado ($8 \pm 0,2\%$), fibra bruta (1,73%), Ca (133ppm), P (3345 ppm), Gordura

(12,72%), umidade (62,44%), os seus aminoácidos principais são a histidina, treonina e a lisina (DE MARCO et al., 2015).

3.3.1 Cenário mercadológico para criação do *Tenebrio Molitor*

3.3.1.1 Mercado Mundial

Vários são os fatores que justificam a utilização do uso de farinha de inseto como alimento e/ou ração, estes incluem: qualidade nutricional; menor concorrência por uso de terra e recursos em comparação com outras fontes de alimentos para animais; reciclagem de resíduos de diversas indústrias agro-alimentares como fonte nutricional para o crescimento de insetos; e baixo custo e fácil criação (KHAN et al., 2016; VAN HUIS et al., 2015; WANG et al., 2012). Mas o emprego destes só pode ser considerável se forem produzidos em massa.

Nesse sentido, temos como exemplo a Tailândia, onde 20.000 fazendas domésticas produzem uma média de 7.500 toneladas de insetos por ano para uso doméstico, consumo e para o mercado (HANBOONSONG et al., 2013). No entanto, quando os insetos são considerados alimentos para a produção de suínos, frango e peixe são necessários um suprimento confiável, estável e de grandes volumes. Isso só pode ser alcançado em grandes instalações de criação automatizada, com processos de produção sincronizados.

As previsões de que a disponibilidade de farelo de soja ficará limitada, aumentarão os custos e as refeições com insetos poderão se tornar uma alternativa atraente. Em geral, as refeições com adição de insetos podem substituir de 25-100% da farinha de soja dependendo da espécie animal. Algumas espécies de insetos podem ser criadas em subprodutos orgânicos de baixo custo. Isto é interessante considerando que 1,3

bilhão de toneladas de subprodutos orgânicos são produzidos globalmente anualmente (GUSTAVSSON, 2011) e está avaliado em US \$ 750 bilhões (UNIT, 2014) e esta prática tem sido considerada comum na região Ásia-Pacífico.

A região Ásia-Pacífico é definida como norte da Ásia, Sudeste Asiático, Sul da Ásia e Oceania e não inclui as ilhas e continentes no lado oriental do Oceano Pacífico, estas possuem uma grande diversidade geográfica e cultural tendo como consequência a utilização de insetos como alimento ou ração de maneira bastante diversificada, inclusive nas espécies empregadas (YEN, 2015).

A extensão dessa utilização nas nações da Ásia-Pacífico está resumida na Tabela 3. Cada país é avaliado em termos de insetos se são colhidos silvestres, semi-domesticados (habitat manipulação para aumentar a produção) ou cultivada, e se eles são usados para subsistência ou comercial.

Tabela 3. Regiões da Ásia-Pacífico que utilizam insetos de acordo com o modo de produção

Países	Coleta selvagem		Semi domesticada		Agricultura	
	Subsistência	Comercial	Subsistência	Comercial	Subsistência	Comercial
Austrália	X	X	X			X
Camboja	X	X			X	
China	X	X	X		X	X
Fiji	X					
Índia	X	X	X		X	X
Indonésia	X	X	X			
Japão	X	X	X	X		

Laos	X	X	X		X	
Malásia	X		X			
Mianmar	X	X				
Nova Caledônia	X	X				
Nova Zelândia	X					
Coréia do Norte	X					
Paquistão	X					
Papua-Nova Guiné	X		X			
Filipinas	X					
Samoas	X					
Ilhas Salomão	X					
Coréia do Sul	X	X			X	X
Sri Lanka	X					
Taiwan	X					
Tailândia	X	X	X	X	X	X
Timor Leste	X					
Tonga	X					
Vietnã	X					

Fonte: YEN, 2015 com adaptações

Como consequência da expansão mercadológica do uso de farinha de larva como alternativa às rações tradicionais em todo o mundo, o número de empresas produtoras de insetos para alimentação cresceu exponencialmente e o setor produtivo começou a organizar-se. Dentre as iniciativas empresariais ao redor do mundo podemos citar a empresa francesa Ynsect, especializada na produção de Tenebrio, que levantou nos últimos anos mais de 125 milhões de dólares para construção de uma das maiores fazendas de insetos do mundo, no norte da França, com capacidade para produção de 20.000 toneladas de farinha de inseto por ano (COSTA,2019).

No Vietnam, a empresa Entobel especializada na produção de farinha de larva de mosca-soldado negra para aquicultura, com capacidade de mil toneladas por ano, levantou mais 1 milhão de euros em investimentos e já planeja uma nova fábrica para expandir suas operações. Em outubro de 2018, a Skretting, uma gigante do mercado de rações para peixes, em sua fábrica na Noruega, produziu pela primeira vez uma ração comercial para salmão à base de farinha de insetos, e o inseto utilizado foi também a larva de mosca-soldado negra (COSTA,2019).

3.3.1.2 Mercado Brasileiro

No Brasil, a instituição que representa os criadores de Tenebrios é a ASBRACI (Associação Brasileira de Criadores de Insetos), estabelecida em novembro de 2019 durante o primeiro Congresso Brasileiro de Insetos Alimentícios e Tecnologias Associadas (INSETEC) ocorrido na cidade de Montes Claros, Minas Gerais.

Costa (2019) afirma que a produção e comercialização de insetos para alimentação animal no país ainda é tímida, sendo a comercialização essencialmente varejista para aquaristas, além de outras criações, como pássaros e répteis. As

iniciativas de produção mais imponentes estão centralizadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Amazonas.

Atualmente são comercializados Tenebrio comum, Tenebrio Gigante, Barata de Madagascar, grilo e Mosca Soldado Negra na forma de insetos vivos, desidratados ou em forma de farinha. As formas mais comuns de comercialização são inseto vivo, inseto inteiro desidratado e farinha de inseto, entretanto, infelizmente o custo destes alimentos no mercado varejista brasileiro ainda é elevado, podendo chegar a R\$ 300,00 o quilo.

No Brasil os produtores enxergam, nos insetos, um mercado atraente. Embora os utilizem, em sua maioria, para controle biológico, desenvolvimento da seda e no setor apícola, muitos já apostam com relativo sucesso no seu fornecimento como alimentação animal. Como exemplo disto, no País, a Nutrinsecta possui registro de Fabricante de Ingredientes para Alimentação Animal no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Dessa forma, com o Selo de Inspeção Federal (SIF), a empresa poderá comercializar o produto em todo o território nacional. Os formatos variam desde insetos comestíveis comercializados vivos ou desidratados, segundo Gilberto Schickler, zootecnista e consultor da companhia (ALLEGRETTI, 2017; KIM, 2017).

Os insetos integram os hábitos alimentares de espécies onívoras, insetívoras, frugívoras, granívoras e herbívoras. Atualmente, existem esforços concentrados em atender o mercado pet, por ser aquele que permite a inclusão de um ingrediente ainda com alto valor. Além disso, existem estudos demonstrando que trata-se de um excelente alimento para animais de produção, como peixes, aves e suínos, mas ainda

é necessário reduzir os custos de produção para a viabilizar esse mercado (ALLEGRETTI, 2017).

Em particular, emprego de fontes orgânicas para alimentação deve ser certificado quanto à segurança no que diz respeito a contaminantes químicos e microbiológicos. Desta maneira, o uso de insetos como matéria-prima ainda é avaliado e assim, mais estudos são necessário no uso de larvas de insetos como ingrediente nas dietas de animais e espécies de peixes.

3.4 Componentes estruturais dos insetos

Os componentes básicos estruturais dos insetos são água, proteína e lipídios, seguidos, em menor quantidade, por quitina, um polissacarídeo formador do exoesqueleto destes insetos. A quitina e seus meios de extração e processamento são muito estudados, já que este componente interfere na ingesta tanto de rações que a contenham como no consumo do inseto inteiro (VELDKAMP et al., 2012). Insetos podem fazer parte da ração por meio do processamento do animal inteiro, porém, atualmente, buscam-se técnicas que permitam o fracionamento destes para uma análise mais precisa do conteúdo nutricional (tipos de aminoácidos, minerais e vitaminas) e sua destinação mais específica nas dietas (ALLEGRETTI, 2017).

A composição química e o valor nutritivo das espécies de insetos vêm sendo investigada em diversas partes do mundo e os resultados demonstram concordância referente aos elevados valores proteicos (DEFOLIART, 1997; RAMOS-ELORDUY, 2005; VAN HUIS, 2013; VAN HUIS et al., 2015; WANG et al., 2012). Porém, este valor nutricional é altamente variável, não somente pela diversidade de espécies de insetos, mas, também, em função do seu estágio de

metamorfose, da alimentação fornecida ou disponível na natureza (RAMOS-ELORDUY et al., 2002), do modo de processamento dos insetos (desidratado, fervido ou frito), ou mesmo o método de análise empregado (RUMPOLD; SCHLÜTER, 2013).

Além dos altos valores proteicos (SCHABEL, 2010; VELDKAMP et al., 2012) insetos apresentam teor de gordura também variável, sendo os índices mais altos encontrados em cupins e larvas de caruncho de palmeira ((BUKKENS; PAOLETTI, 2005), constituindo-se, em geral, como boa fonte de ácidos graxos essenciais poli-insaturados e fontes significativas de ferro, zinco e vitamina A. O conteúdo lipídico do corpo dos insetos, quando previamente extraído no processamento, permite um uso alternativo ou complementar à ração, conforme demonstrado em pesquisas de viabilidade na produção de biocombustíveis (LI et al., 2011). No entanto, a biodisponibilidade de minerais, em especial de ferro, ainda precisa ser demonstrada. Mais pesquisas são necessárias também em alimentos, normas de higiene e alergias causadas por insetos.

Esforços por parte da FAO e da International Network of Food Data Systems (INFOODS), rede que visa reunir dados de pesquisas sobre valores nutricionais de alimentos de todo planeta, dentre eles insetos, resultaram, recentemente, em um relatório voltado à biodiversidade como forma de alimento (VAN HUIS, 2013). A inserção de insetos na ração animal é um tema recente de pesquisa e faz parte da agenda da International Feed Industry Federation (IFIF) e da FAO, a fim de promover ações e pesquisas na busca de fontes protéicas alternativas, sustentáveis e seguras para alimentação animal. Outros projetos como o PROteINSECT, coordenado pelo Food and Environmental Research Agency (FERA), do Reino Unido, vem sendo

desenvolvidos na União Européia confluindo conhecimentos na área, por meio de parcerias com entidades da China, África e Europa (FITCHES; SMITH, 2018).

Na prática, o *Tenebrio* é uma das espécies mais criadas em escala industrial (PAYNE et al., 2016). Assim, a qualidade da dieta oferecida às formas imaturas tem grande influência no desempenho reprodutivo de adultos de diversos insetos (FINKE, 2002).

3.5 Influencia da Alimentação do inseto em sua composição nutricional

A taxa de crescimento do tenebrio é dependente do conteúdo de água dos alimentos, sendo o crescimento mais rápido quando oferecida uma alimentação contendo 70% de umidade relativa (UR), crescimento muito lento a 30% de (UR) e crescimento difícil a 13% de (UR). Este também exige alta porcentagem de carboidrato 80-85%, proteínas, colesterol e vitaminas do complexo B (FRAENKEL, 1950). O teor de nutrientes na dieta de *T. molitor* como, caseína, glicose, colesterol, levedura, hidratos de carbono e proteínas são importantes para seu desenvolvimento (FRAENKEL, 1950; URREJOLA et al., 2011). A alimentação das larvas pode influenciar a ocorrência de determinadas enzimas, como a trealase, que promove a quebra do dissacarídeo trealose liberando glicose, importante nos gastos energéticos dessa presa (LOPES; VILLELA, 1972).

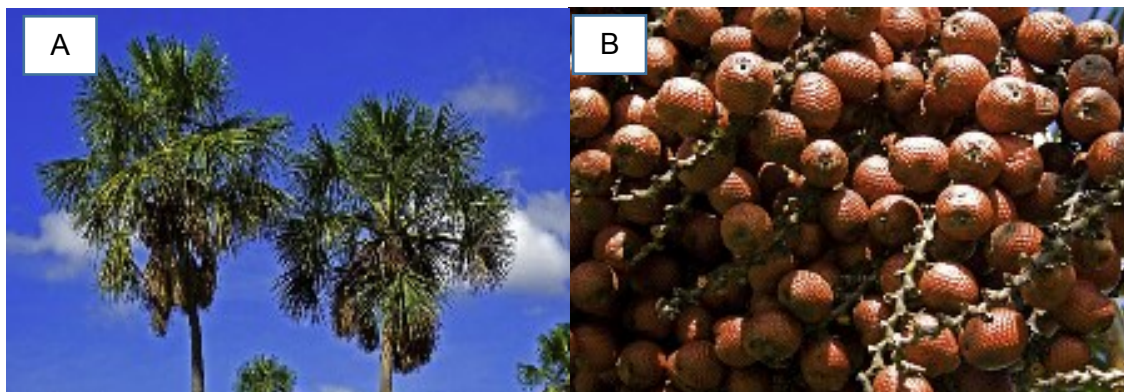
O tipo de dieta, seja ela artificial ou natural, pode influenciar no desenvolvimento do predador e afetar seu desempenho reprodutivo (SERRÃO et al., 2006). Nesse sentido, avaliamos o perfil nutricional da farinha de *Tenebrio* comum alimentado com co-produtos orgânicos oriundos do resíduo de extração do óleo do buriti (torta) e do resíduo da polpa de macaúba e da trituração do cacau.

3.6 Frutos típicos do território Brasileiro na alimentação do Tenebrio

3.6.1 Buriti (*Mauritia flexuosa*)

Buriti (*Mauritia flexuosa*), pertencente à família *Arecaceae*, é uma palmeira amplamente distribuída na Floresta Amazônica do Brasil. A árvore tem sido usada há séculos pela população nativa e tem um alto valor ecológico, cultural e econômico (OLIVEIRA; AMARAL, 2004). É uma espécie de palmeira dioica de haste reta, alta (até 30 e 40 m de altura) com 8 e 25 folhas grandes (até 6 m de comprimento) e 8 em florescimento, em média (figura 4). Os frutos são ovais, pequenos (5 a 7 cm de comprimento e cerca de 7 g em peso) drupas cobertas por escamas vermelhas. A polinização das espécies ainda está em discussão, de fato, apesar das propostas anteriores de vários insetos - notavelmente besouros - como polinizadores, foi sugerido recentemente que *M. flexuosa* é uma espécie polinizada pelo vento (DELGADO et al., 2007).

Figura 4. Ilustração da árvore Buritizeiro e os frutos do Buriti



Fonte: RULL; MONTOYA, 2014.

Os frutos são amplamente consumidos pela população local e é considerada uma das melhores fontes de pró-vitamina A encontrada na biodiversidade brasileira (BRASIL, 2002). Em relação aos seus macronutrientes, a polpa in natura dos frutos de buriti é composta principalmente por carboidratos e lipídios (25,53% e 18,16%, respectivamente) (CARNEIRO; DE MELLO, 2011).

3.6.1.1 Subprodutos da extração do Buriti

Existe uma preocupação mundial em relação a geração de resíduos agroindustriais que na maioria das vezes são descartados gerando um grande desperdício. Parte da matéria prima rejeitada durante o processamento na indústria de alimentos, como as indústrias de suco de frutas e polpa são ricos em nutrientes. Os resíduos como o bagaço, as cascas e as sementes que são descartados podem ser melhorados e incorporados na elaboração de novos produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos (DA SILVA; JORGE, 2014).

A extração do óleo de buriti gera a produção de resíduos agroindustriais, tais como as partes não aproveitadas dos frutos (casca, endocarpo e semente) e as tortas prensadas (no caso da extração por prensagem a frio) e artesanais (na extração por fervura), utilizadas para ração animal, mas com potencial para uso culinário. Analisando a torta prensada do buriti, Rodrigues (2010) encontrou: 3,48% de cinzas; 7,81% de extrato etéreo; 4,42% de proteína; 66,63% de fibras insolúveis; 6,37% de fibras solúveis e 11,29% de carboidrato, em base seca.

O autor também avaliou outros resíduos do buriti em base seca, sendo: A. casca: 4,03 de cinzas; 8,31% de extrato etéreo; 3,20% de proteína; 74,28% de fibras insolúveis; 0,68% de fibras solúveis e 9,52% de carboidrato; B. semente: 2,80 de

cinzas; 0,16% de extrato etéreo; 5,50% de proteína; 82,358% de fibras insolúveis; 0,87% de fibras solúveis e 8,22% de carboidrato; C. endocarpo: 4,58% de cinzas; 8,14% de extrato etéreo; 3,52% de proteína; 67,02% de fibras insolúveis; 7,44% de fibras solúveis e 9,48% de carboidrato. Destaca-se o elevado teor de fibra alimentar de todos os resíduos (RODRIGUES,2010).

3.6.2 Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Figura 5) é uma palmeira do gênero *Acrocomia*, pertencente à família *Arecaceae*, de vasta distribuição geográfica e com grandes adensamentos localizados no norte de Minas Gerais (SILVA; DE ANDRADE, 2014).

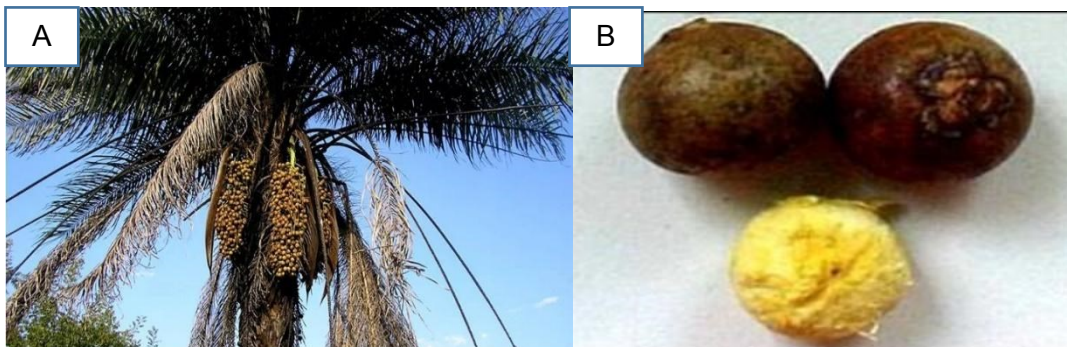
Seus frutos possuem a forma esférica ou ligeiramente achatada, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. Quando maduro, o pericarpo (casca) rompe com facilidade. O mesocarpo (polpa) é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de coloração amarela ou esbranquiçada e comestível. O endocarpo (castanha) é fortemente aderido à polpa e a amêndoa oleaginosa comestível é revestida de uma fina camada de tegumento (FARIAS, 2010; NOBRE et al., 2014).

Os frutos da palmeira além de apresentarem grande potencial para a produção de óleo oriundo da polpa e da amêndoa também geram coprodutos que podem ser aproveitados para diversos fins.

Para o setor de beneficiamento ou industrial, os frutos da macaúba apresentam vantagens quando comparados às outras oleaginosas, que são: dois óleos (polpa e amêndoa) com perfis diferentes de ácidos graxos, fontes potenciais para a geração de energia ou para usos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos; dois tipos de torta,

resultantes da prensagem da polpa e da amêndoa, que, ricas em fibras e proteínas, podem ser usadas para formulação de rações para animais e um endocarpo, cujo alto poder calorífico, comparável com a madeira de eucalipto, pode ser usado na produção de carvão ou outros produtos (SILVA; DE ANDRADE, 2014).

Figura 5. Ilustração da árvore Macaúba e o fruto da Macaúba.



Fonte: COLOMBO, 2016.

As unidades de processamento do fruto da macaúba existentes são de médio a pequeno porte. No norte de Minas Gerais, a macaúba contribui para a melhoria do nível de renda das associações de agricultores familiares, favorece a diversificação de óleos para a produção de biocombustíveis e a destinação dos resíduos da agroindústria para a cadeia produtiva para a produção de ração animal contribui para redução do impacto ambiental.

3.6.2.1 Subprodutos da extração da Macaúba

A utilização de alimentos alternativos é de grande importância, mas conhecer sua composição é fundamental, uma vez que o sucesso da criação de diferentes animais está diretamente ligado aos ingredientes da ração. A macaúba pode ser encontrada em quase todo território nacional e sua utilização para produção de

biodiesel gera coprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal. Pelo fato de apresentarem bons valores nutritivos, esses coprodutos podem ser incorporados de maneira adequada na alimentação animal (COSTA JÚNIOR et al., 2015).

3.6.3 Cacau, *Theobroma cacao*

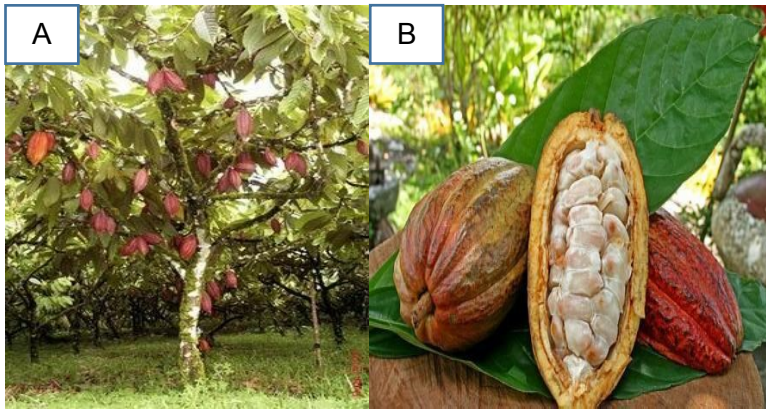
O cacaueteiro (*Theobroma cacao*) (Figura 6) é a árvore perene-fólia que dá origem ao fruto chamado cacau. Pertencente à família Malvaceae, o cacaueteiro é originário da chuvosa Bacia do rio Amazonas, na América do Sul (MEDEIROS; LANNES, 2010).

Em ambientes sombreados de floresta e sem poda humana, sua altura pode chegar a 20 metros, contudo, em condições de cultivo usualmente sua altura varia de 3 a 5 metros (MÜLLER; GAMA-RODRIGUES, 2007). Embora sejam conhecidas 22 espécies pertencentes ao gênero *Theobroma*, algumas com potencial para fruta de mesa, como a *Theobroma cacao*, é quase a única economicamente explorada para produzir sementes que, após secas e beneficiadas, irão compor a base de chocolates e derivados.

O fruto divide-se em casca, polpa e sementes. As sementes são compostas por um gérmen e dois cotilédones, que apesar de serem envolvidas por uma camada de mucilagem doce, ainda assim tem sabor amargo (NOGUEIRA, 2015).

Há relatos de que o cacau tem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Atuando também na diminuição do LDL-colesterol e na queda da prevalência e incidência de doenças cardiovasculares. Isso porque contém altos níveis de compostos fenólicos (EFRAIM et al., 2011).

Figura 6. Ilustração do cacaueteiro e do seu fruto



Fonte: MEDEIROS; LANNES, 2010.

3.6.3.1 Subprodutos da extração do Cacau

O Brasil é o 5º maior produtor de cacau do mundo e exporta quase 90% de toda sua produção. Até maio de 2018 a produção de amêndoa de cacau foi de 170 mil toneladas. Essa produção gera grandes quantidades de resíduos de cacau que acabam causando impactos negativos ao meio ambiente (LEITE, 2018).

Grande parte dos resíduos de cacau são abandonados nas plantações e utilizados apenas como fertilizantes para o cultivo. As consequências são a degradação da estrutura do solo e a propagação de pragas que acabam requerendo a necessidade de uso de produtos químicos para combatê-los (SCHNEIDER et al., 2012).

Para evitar esses danos nocivos ao meio ambiente e para atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que obriga o gerador a dar um destino ambientalmente correto aos seus resíduos, os produtores buscam alternativas viáveis para destiná-los. O mercado de resíduos tem muito potencial para gerar renda com o resíduo de cacau e destinar de forma que atenda a legislação ambiental e ainda podendo ser utilizado na conversão alimentar no cultivo de insetos.

4. ARTIGO CIENTIFICO

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

Use of fruit residues typical of Brazil in the production and nutritional composition of the larva of *Tenebrio Molitor*

Utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil na produção e composição nutricional da larva de *Tenebrio Molitor*

Maria Cecília Nascimento Arcanjo and Diego Vicente da Costa

Endereço dos autores***

RESUMO:

Este estudo teve como objetivo avaliar a utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil sobre o perfil nutricional da larva de *Tenebrio Molitor*. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, onde foram testadas quatro dietas diferentes para o desenvolvimento de larvas do *T. molitor*. O tratamento controle foi composto de uma mistura a base de trigo, soja e milho e os outros três tratamentos consistiram em dietas suplementadas com 50% de subprodutos da extração de macaúba, buriti e cacau. Para garantir a fidedignidade do estudo, foram realizados quatro tratamentos com quatro repetições. As repetições foram realizadas entre os meses maio e junho de 2019, conforme o desenvolvimento das pupas em besouro. Os animais foram depositados em bandejas plásticas contendo ração e poliacrilato de sódio para suprir a necessidade de água e acomodados em ambiente climatizado (23°C). Após o término do período larval (em média, 139 dias), os animais foram submetidos a jejum de 24 horas e em seguida sacrificados. Para a análise dos dados, os testes ANOVA e de Holm-Sidak foram realizados, onde valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos. As larvas de *T. molitor* conseguiram completar seu ciclo de vida em todas as dietas testadas, entretanto, na dieta suplementada com cacau, o desenvolvimento em número de larvas foi reduzido em relação aos outros grupos. A farinha dos animais alimentados com a dieta à base de cacau apresentaram quantidade proteica inferior quando comparadas ao grupo controle ($p < 0,001$). Enquanto as dietas à base de Buriti, Cacau e Macaúba apresentaram quantidades maiores extrato etéreo ($p < 0,018$, $< 0,012$ e $< 0,003$, respectivamente). Concluímos que a suplementação de *Tenebrios* com dietas à base de buriti e macaúba podem ser bons aliados na melhoria do perfil nutricional da farinha de *T. molitor*, podendo fornecer quantidades favoráveis de proteínas e minerais. No tocante ao uso do cacau, sugerimos mais estudos que possam avaliar a presença de componentes alcalóides e seus efeitos diretos na suplementação animal, o que pode representar uma limitação deste estudo.

Termos para indexação: *Coleoptera: Tenebrionidae*, Insetos Alimentícios, Dietas Alternativas,

ABSTRACT:

Tenebrio molitor stands out among many promising insect species able to be utilized in human and animal nutrition, due to better feed and economic efficiency. We aimed to evaluate the nutritional profile of the larvae reared in three local sources of organic waste. In a Casualised Blocks Design, a control basal diet with soy, corn and yeast were compared with 50% substitution of macauba, buriti or cocoa byproducts. Larvae were cultivated in plastic trays with experimental diets and sodium polyacrylate, during 139 days in average, in a controlled room at 23 °C. A 24 hours starvation was applied before sacrifice. Data was analyzed with ANOVA and Holm-Sidak test at 5% significance. Larvae were able to complete their life cycle in all experimental diets, however, cocoa diet led to significant lower development and protein profile of larvae ($p < 0,001$). Buriti and Macauba presented higher ethereal extract profile compared to control diet ($p = <0,018, <0,003$, respectively). Further research with cocoa supplemented with alkali components is suggested. Buriti and Macauba can be utilized in *Tenebrio molitor* diet formulation.

Index terms: Coleoptera: Tenebrionidae, Food insects, Alternative diets

Introdução

Dentre as diversas espécies de insetos que podem ser utilizadas na alimentação animal e humana, destaca-se o *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Popularmente conhecido como larva-da-farinha, o *T. molitor* é um besouro pertencente ao filo Arthropoda e que possui distribuição mundial de seus indivíduos (GRAU et al., 2017; DE SOUZA et al., 2018).

Por possuir consideráveis concentrações de aminoácidos essenciais, a utilização destes insetos na nutrição animal e humana tornou-se recentemente alvo de estudo de muitos pesquisadores (MAKKAR et al., 2014; SÁNCHEZ et al., 2014). A facilidade no cultivo do *T. molitor*, combinada com um relativo baixo custo de produção, o torna uma alternativa democrática para produção sustentável de proteína de origem animal, especialmente em países sub desenvolvidos (LÄHTEENMÄKI-UUTELA et al., 2017).

Na produção animal, a manutenção da atividade depende de um sistema eficiente, que ofereça maior produtividade e menor custo. Atualmente, o milho e o farelo de soja estão entre os principais componentes de rações animais, entretanto, em decorrência das constantes altas, associadas à escassez dos estoques nas regiões que mais consomem, a busca por rações alternativas visando redução dos custos de produção, mas ainda mantendo uma nutrição eficiente e economicamente viável é de suma importância (GRAU et al., 2017).

Segundo Makkar et al., (2014) a farinha de *T. molitor* pode fornecer qualidade nutricional proteica semelhante aos componentes das rações tradicionais, se tornando um possível substituto ao uso das mesmas. A literatura salienta que estes insetos

possuem a capacidade de modificar resíduos com baixa taxa nutritiva e transformá-los em resíduos de alto teor proteico (LORINI et al., 2015).

Segundo Veldkamp et al. (2012), as larvas de *T. molitor* possuem eficiência na bioconversão de resíduos orgânicos. Por ano, os *Tenebrios* conseguem converter, coletivamente, cerca de 1.300.000.000 toneladas de bioresíduos. Além disso, durante este processo, há uma menor produção de CO₂ e um menor consumo de água para produção de proteínas por insetos, em comparação a outros modelos (VAN HUIS et al., 2013).

Nesse sentido, alguns pesquisadores têm destacado a necessidade de desenvolvimento tecnológico e novas alternativas de complementação nutricional no manejo de *T. molitor*, visando a melhora do perfil nutricional de dietas derivadas deste inseto (BANERJEE et al., 2011; MAKKAR et al., 2014; SÁNCHEZ et al., 2014).

Uma alternativa sustentável para essa complementação nutricional seria através da adição de subprodutos oriundos da indústria frutífera que melhoraria os teores de proteína bruta, energia, consumo de matéria seca e a digestibilidade desses animais (ARAGÃO, 2014). Especialmente no Brasil, a incorporação de alguns frutos amplamente consumidos pela população como Buriti, Macaúba e Cacau garante fontes alternativas de proteína, vitaminas e minerais. Além de possuir baixo custo e alta disponibilidade (ARAGÃO, 2014; CARNEIRO; DE MELLO, 2011).

As dietas padrão para o *T. Molitor* são a base de soja e farelo de trigo, os quais mesmo sendo excelentes fontes de nutrientes e proteínas para o inseto, possuem custo elevado, tornando o cultivo desses animais dificultoso (MENEZES et al., 2014).

Assim, surge a necessidade de alimentos alternativos que possam prover para os insetos nutrientes de alta qualidade e custo benefício adequado para a produção em larga escala. Diante do exposto, nosso estudo buscou avaliar a utilização de resíduos de frutos típicos do Brasil sobre o perfil nutricional de *Tenebrio Molitor*

Material e Métodos

Produção e Manejo das larvas de *T. molitor*

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Entomocultura do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA-UFMG), localizado no município de Montes Claros-MG. Adotou-se um delineamento experimental por blocos casualizados (DBC) onde foram testadas quatro dietas sobre o desenvolvimento de larvas de *T. molitor*. Para garantir a fidedignidade dos resultados, os quatro tratamentos passaram por quatro repetições, observando as mesmas condições ambientais e de manejo em todas as repetições.

Para avaliar o desenvolvimento das larvas submetidas às diversas dietas, houve a distribuição de 15 gramas de *T. molitor* em fase adulta (em média 163 insetos), oriundos do mesmo lote, mesma população e mesma idade, para procriação. Os insetos foram acondicionados em recipiente de poliestireno (45,5 x 28,0 x 7,7 cm) juntamente com cada dieta experimental na proporção de 2:1 e 3 gramas de Hidrogel (*Poliacrilato de sódio*) para suprir as necessidades hídricas, que era trocado a cada dois dias.

As larvas adultas demoraram aproximadamente 10 dias para produzirem ovos. No décimo dia foram retirados do recipiente as larvas adultas e ou mortas, ficando apenas os ovos para prosseguimento do estudo, sendo umidificados a cada dois dias.

Tratamento Experimental

Durante 139 dias, tempo suficiente para o aparecimento da primeira pupa, os insetos foram submetidos a 4 dietas experimentais suplementadas com resíduos de Macaúba, Cacau e Buriti. Os resíduos utilizados em todas as dietas, foram provenientes de localidades situadas em Minas Gerais e Sul da Bahia.

Para a administração das dietas, definiu-se por padrão a proporção 2:1, ou seja, para cada 15 gramas de *T. molitor* seriam colocadas 30 gramas da dieta. A composição das dietas utilizadas segue descrita a seguir (Tab.1 e Tab.2).

Tabela 1. Composição das dietas experimentais

DIETA	COMPOSIÇÃO
T1 (Controle)	Dieta Controle (53% de farinha de trigo, 30% de soja e 17% de milho)
T2 Macaúba	15g de Dieta Controle + 15g de Torta da Macaúba (após a extração do óleo)
T3 Cacau	15g de Dieta Controle + 15g de Torta de Buriti (após a extração do óleo)
T4 Buriti	15g de Dieta Controle + 15g Resíduo do Endocarpo e Casca do Cacau (farelo)

Fonte: Dados da Pesquisa,2020.

Tabela 2. Valores de Média e Desvio Padrão de Extrato Etéreo (EE), Matéria Seca (MS), Matéria Mineral (MM) e Proteína Bruta (PB) presentes nas diferentes dietas utilizadas para avaliar o desenvolvimento de larvas de *Tenebrio molitor*

Variável (%)	Extrato etéreo	Matéria seca	Material mineral	Proteína bruta
Dieta				
T1 (Controle)	2,889 ± 0,01	91,107 ± 0,22	4,199 ± 0,006	27,081 ± 1,08
T2 Macaúba	12,677 ± 0,07	88,076 ± 0,15	4,220 ± 0,03	5,106 ± 0,53
T3 Cacau	9,115 ± 0,07	88,966 ± 0,15	6,426 ± 0,06	20,597 ± 0,8
T4 Buriti	10,251 ± 0,02	90,087 ± 0,25	13,972 ± 0,02	53,0 ± 0,99*

*Valores encontrados próximos aos encontrados por Rodrigues, 2010.

Ao término dos 139 dias de tratamento (tempo suficiente para o aparecimento da primeira pupa), os animais foram submetidos a jejum de 24 horas e em seguida sacrificados através de mergulho em água fervente e em seguida mergulhadas em água gelada. Após o sacrifício, os insetos passaram por um processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar (Fanem Modelo 315 Se) à 55°C para assim, manter as propriedades nutritivas, e em seguida foram triturados com o uso de almofariz (cadinho) e pistilo para obtenção da farinha do inseto que foi acondicionada em sacos plásticos e devidamente identificados.

Análises Bromatológicas

A partir da obtenção da farinha de inseto, foram realizadas as análises bromatológicas no Laboratório de Bromatologia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais – ICA/UFMG.

As análises das Cinzas e Proteína Bruta seguiram as recomendações da AOAC (2016). As Cinzas (CZ) foram obtidas por meio da incineração da amostra (2 g) em forno tipo MUFLA (modelo AN1221) à temperatura de 600 ° C, durante 5 horas. A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl, pelo processo de digestão da amostra, destilação e titulação (AOAC,1999). Em relação quantificação do extrato etéreo, as análises dos produtos seguiram os procedimentos do Método Goldfisch descritos nos Métodos para Análise de Alimentos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (DETMANN *et al.*, 2012).

Análises Estatísticas

As análises estatísticas e os gráficos foram obtidos no programa Sigmaplot (Systat Software Inc), versão 14 (<https://systatsoftware.com/products/sigmaplot/>). A ANOVA foi realizada com posterior teste de Holm-Sidak, onde valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Resultados e Discussão

As larvas de *T. molitor* completaram seu ciclo e atingiram o estágio adulto em todas as dietas testadas no presente estudo, mostrando assim a aceitabilidade e a adequabilidade dessas dietas para essa espécie. Ao avaliar os efeitos dos resíduos orgânicos sobre o número das larvas (Tabelas 3 e 4), foi possível observar que os Tenebrios alimentados com dieta padrão e suplementada com buriti e macaúba, respectivamente, tiveram melhor desenvolvimento (em número de larvas) quando comparados ao cacau ($p < 0,001$, $< 0,03$ e $0,02$).

Tabela 3. Análise descritiva em Média e Desvio Padrão para a quantidade inicial de Tenebrios e final de Larvas

Ingrediente Base	Número de Larvas			
	Número Inicial de Tenebrios		Número Final de Larvas	
	Média (g)	Desvio Padrão (g)	Média (g)	Desvio Padrão (g)
Controle	162,50	5,72	380,75	55,59
Macaúba	167,00	2,91	246,25	63,43
Buriti	166,00	5,49	247,50	47,05
Cacau	159,75	3,24	92,00	67,06

Fonte: Dados da pesquisa,2020.

Tabela 4. Valores de ANOVA entre grupos, para comparação de quantidade de larvas por grupo

Comparação	One-way ANOVA (Número de larvas)	
	Diff of Means	P_Value
Padrao vs. Cacau	289,000	<0,001*
Buriti vs. Cacau	155,750	0,035*
Macauba vs. Cacau	154,500	0,029*
Padrao vs. Macauba	134,500	0,047*
Padrao vs. Buriti	133,250	0,033*
Buriti vs. Macauba	1,250	0,980

Fonte: Dados da pesquisa,2020.

Geralmente, os insetos tendem a selecionar alimentos que possam lhes fornecer nutrientes suficientes para promoção de crescimento e desenvolvimento ideal com a finalidade de gerar adultos reprodutivamente competitivos (PANIZZI; PARRA, 2012). Por este motivo, o sucesso na criação de insetos a base de dietas artificiais vai depender, dentre vários fatores, da qualidade nutricional dos componentes utilizados (MENEZES *et al.*, 2014)

Em nosso estudo, os Tenebrios alimentados com dieta suplementada por Buriti apresentaram maior quantidade de larvas quando comparados com o cacau ($p < 0,03$). Esse achado pode ser relacionado com a composição bromatológica da dieta suplementada de buriti, que possui maiores teores de Matéria Mineral e Proteína Bruta.

A presença de matéria mineral (MM) nos alimentos garante substâncias nutritivas e indispensáveis aos organismos (FREIRE,2016). Nos animais, seu envolvimento se dá em vários processos biológicos, como reprodução, manutenção do crescimento, metabolismo energético, entre outros (DE MENDONÇA JÚNIOR *et al.*, 2011).

Em um estudo que avaliou o desenvolvimento e perfil nutricional de larvas de *T. Molitor* alimentado com dietas a base de Aveia, Trigo e Soja, o farelo de trigo obteve melhores resultados em tempo de instar. Além disso, as larvas alimentadas com o farelo de trigo obtiveram maiores valores de proteína (22,30%) (SOUZA; TELES,2011).

Nossos achados também podem sugerir que o uso do cacau na suplementação da dieta dos animais retardou o desenvolvimento das larvas, podendo inclusive ter alterado o tempo de instar. Estudos utilizando milho, aveia, trigo e soja na dieta dos animais encontraram tempo de instar relativamente menores (SANCHEZ; BURGOS,2014; SOUZA; TELES,2011)

Estudos têm elencado várias propriedades nutricionais do Buriti (*Mauritia flexuosa*), como a presença de fenóis, β -caroteno, vitaminas (A, B, C), ácidos graxos (oleicos e palmíticos), além de ser fonte de minerais como cálcio e ferro (AFONSO, 2013; BARROS *et al.*, 2014; CYMERYYS *et al.*, 2015).

A polpa do buriti apresenta diversos minerais importantes tais como potássio, em maior quantidade, cálcio, magnésio e sódio. Ferro, cobre e zinco também são comumente encontrados na polpa (FREIRE, 2016). LESCANO *et al.* (2018) relatam ter encontrado no buriti uma quantidade alta do mineral manganês, que é um micronutriente considerado importante para a formação dos ossos.

Kim (2017) relata que subprodutos de amido provenientes da produção de bebidas alcólicas, chamados de Grãos Secos de Destilaria, podem fornecer ao *T. molitor* taxas de proteína bruta iguais às taxas de proteína da farinha de trigo, que é a dieta tradicional deste inseto. Em nosso trabalho, os animais (*T. molitor*) que foram alimentados com a dieta suplementada com o buriti apresentaram taxa de proteína bruta bem superior à dieta padrão e às outras suplementadas. Diversas pesquisas têm elucidado bem o perfil proteico de frutos do buriti e de várias outras espécies importantes do Cerrado (CARDOSO *et al.*, 2017; DARNET *et al.*, 2011; KOOLEN *et al.*, 2018; LESCANO *et al.*, 2018). Esse resultado indica que o buriti tem forte potencial para favorecer e potencializar o desenvolvimento de *T. molitor* alimentado com este suplemento.

Nossos achados também demonstraram que os animais submetidos à dieta suplementada com Farelo de Cacau obtiveram menor performance de desenvolvimento, ou seja, a quantidade de larvas nascidas foi menor quando se comparou com as outras dietas ($p = <0,001$, $<0,03$, $<0,047$). Estudo realizado visando oferecer uma alternativa alimentar para a suplementação animal em períodos de escassez através do uso de farelo de cacau, discorre que em suas análises o farelo do cacau mostrou-se como um suplemento de alto teor fibroso, o que pode afetar negativamente a ingestão de nutrientes (FIGUEIREDO *et al.*, 2018).

A aceitabilidade do Farelo de Cacau pelos animais de produção é limitada em decorrência do tipo de processamento utilizado para sua obtenção. Segundo Amorim (2011), o farelo de cacau apresenta em sua composição alguns alcaloides importantes, como a teobromina e a cafeína, que estimulam o sistema nervoso central (SNC),

agindo sobre a musculatura lisa, cardíaca, brônquica, além de efeitos renais em algumas espécies de animais (AMORIM, 2011).

Os estudos da ação da teobromina em animais ainda são escassos, entretanto sabe-se que, à medida que a dose é elevada, as metilxantinas podem produzir efeitos neurais, como agitação, tremores e outros sinais. Desse modo, a presença destes compostos restringe o uso desse resíduo na composição de rações de animais (AMORIM, 2011; MALTA *et al.*, 2018).

As análises bromatológicas das farinhas de *Tenebrio* suplementadas são demonstradas a seguir (Fig.1).

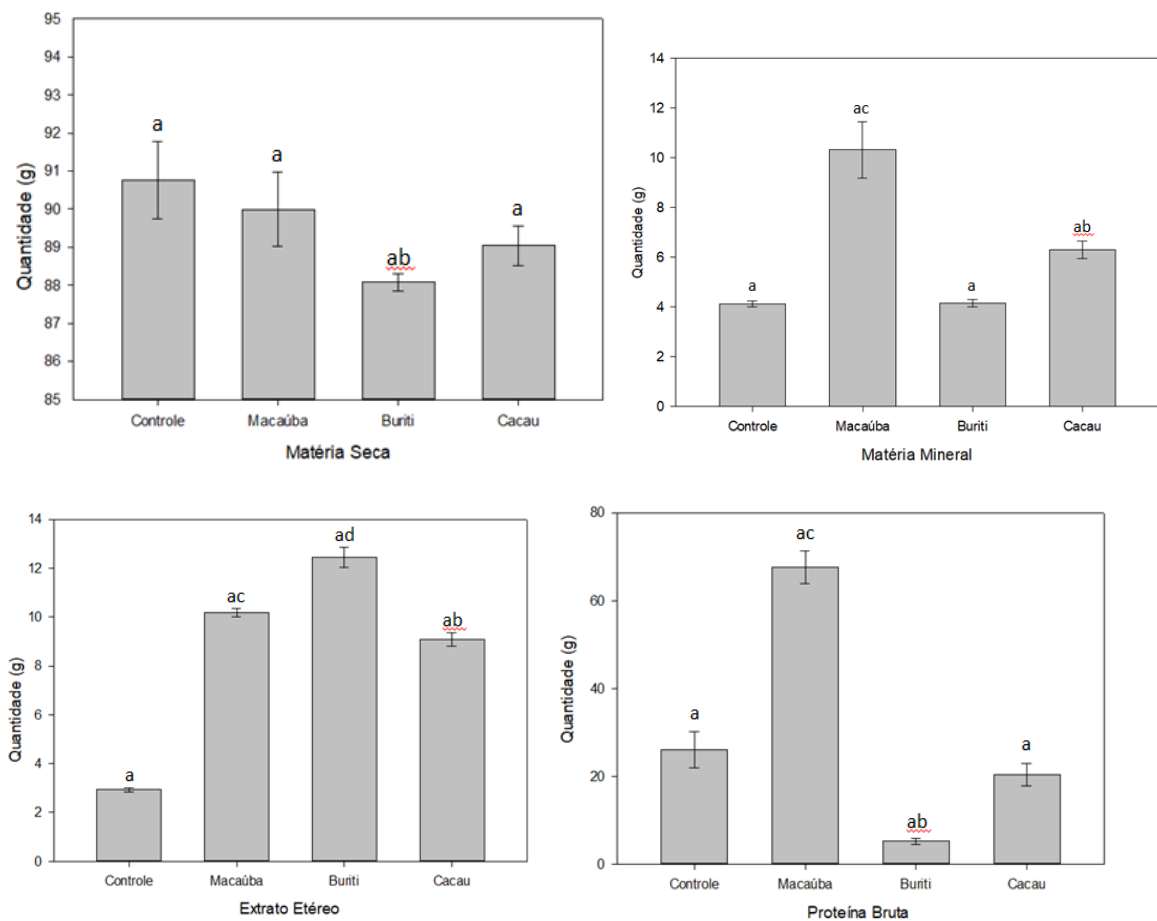


Figura 1: Compilado de gráficos descrevendo a quantidade de Extrato Etéreo, Matéria Mineral, Matéria Seca e Proteína Bruta presente na farinha dos *Tenebrios* alimentados com as dietas a base de

Macaúba, Buriti e Cacau. ANOVA a 5% seguido do teste de Holm-Sidak. Barras com mesma letra a são iguais, barras com ab são diferentes de a, barras com ac são diferentes de a e b e barras com ad são diferentes de a, b e c.

As análises bromatológicas da farinha de larva de *T. molitor* demonstraram que houve diferença significativa na quantidade de extrato etéreo entre o grupo controle e os animais alimentados com as três dietas: buriti, cacau e macaúba ($p < 0,018$, $< 0,012$ e $< 0,003$, respectivamente) (Fig. 2a). Não foi possível observar significância estatística quando se realizou a comparação entre as três dietas testadas: macaúba vs. buriti, macaúba vs. cacau e cacau vs. buriti ($p = 0,819$, $0,826$, $0,815$, respectivamente). Esses resultados evidenciam que as três dietas fornecem concentrações lipídicas adequadas para o *T. molitor* que é criado para produção de farinha.

Não foi observada diferença significativa na quantidade de matéria seca e mineral na farinha dos animais alimentados com as três dietas (Fig. 2b e 2c).

Já a respeito da quantidade de proteína bruta, não houve diferença significativa quando comparamos as dietas à base de macaúba e buriti com a dieta padrão ($p = 0,190$ e $0,374$, respectivamente) (Fig. 2d).

No tocante à farinha dos animais alimentados com a dieta à base de cacau apresentaram quantidade proteica inferior quando comparadas aos grupos controle, macaúba e buriti ($p < 0,001$). Esse achado, pode estar relacionado, dentre vários fatores, à fibrosidade deste fruto (FIGUEIREDO *et al.*, 2018).

Em seu estudo, Figueiredo *et al.*, (2018) discutiram que em termos de digestibilidade de nutrientes, o subproduto do cacau apresentou comportamento quadrático para a digestibilidade de MS e PB. Esses resultados podem refletir a influência negativa do conteúdo das frações fibrosas, lignina e, possivelmente, tanino e teobromina presentes no subproduto do cacau.

Segundo Van Soest (1994), os subprodutos do cacau geralmente possuem baixos percentuais de proteína, e o excesso de lignina pode tornar indisponível a pouca proteína existente, além de limitar a ingestão de matéria seca. Entretanto, para corroborar esses dados com nossos achados, mais estudos são necessários.

Em seu estudo, Darnet *et al.* (2011), encontraram a taxa proteica da polpa do buriti em 7,6%, sendo considerada uma taxa elevada quando comparada aos outros frutos tropicais. A macaúba é relatada apresentando teor de proteína bruta do endocarpo dentro da faixa de 48,30 e 66,43% (RIGUEIRA *et al.*, 2017). Essa é uma das características que faz com que a utilização da torta do endocarpo seja uma das recomendações para o desenvolvimento de dietas para ruminantes (RIGUEIRA *et al.*, 2017). Nossos resultados mostram que o buriti e macaúba não se mostraram diferentes à dieta controle em relação ao fornecimento de proteínas para a farinha de *T. molitor*.

Em relação ao extrato etéreo, as taxas para as farinhas do buriti, cacau e macaúba apresentaram-se superior à dieta controle no nosso trabalho ($p < 0.018$, 0.012 e 0,003 respectivamente). HIANE *et al.* (2006) relatam que os grãos de macaúba apresentam alto teor de lipídios (51,7%), representando cerca de 82,9% da energia total, fazendo com que o grão da macaúba seja uma ótima fonte de energia. Para o buriti, LESCANO *et al.* (2018) demonstraram em sua pesquisa que a polpa deste fruto possui cerca de 13,75% de gordura, sendo rico em diversos ácidos graxos, além dele possuir vários outros nutrientes importantes para alimentação. Valor semelhante (11,09%) também é relatado na literatura para a taxa de extrato etéreo do cacau (MALTA *et al.*, 2018).

Esses resultados indicam que essas três dietas têm forte potencial para se tornarem fontes alternativas de componente etéreo para *T. molitor* que são criados para a produção de farinha.

Estudo de Bovera, et al. (2015), concluiu que a farinha de larvas de *Tenebrio molitor* pode ser uma alternativa eficaz ao uso de produtos tradicionais como o farelo de soja em dietas para frangos de corte, pois garante um bom índice de conversão alimentar.

A garantia de uma nutrição adequada é uma das premissas mais importantes para um bom desempenho dos animais. Nesse âmbito, a utilização de resíduos agroindustriais na alimentação animal podem ser grandes aliados na geração de alimentos de alta qualidade nutricional, baixo custo e ecologicamente responsáveis

Conclusão

Diante dos achados encontrados neste estudo, concluímos que a suplementação de *Tenebrios* com dietas à base de Buriti e Macaúba pode ser uma boa alternativa para o aprimoramento do perfil nutricional da farinha de *T. molitor*, além de reduzir o uso de produtos tradicionais e de custo elevado na alimentação desses insetos. No tocante ao uso do Cacau, sugerimos mais estudos que possam avaliar a presença de componentes alcaloides e seus efeitos diretos na suplementação animal, o que pode representar uma limitação para a suplementação de dietas com este resíduo.

Acerca da composição centesimal de cada dieta, é importante ressaltar que ainda são necessários estudos que analisem o perfil de ácidos graxos para determinar a presença de ácidos graxos essenciais nessa composição.

Uma das limitações deste estudo pode estar relacionada a escassez de estudos que avaliem a implementação de resíduos dos frutos aqui mencionados na alimentação e melhora do perfil nutricional dos Tenebrios. Espera-se que a partir dos resultados aqui encontrados, seja possível corroborar para a produção de mais material científico acerca deste tema.

Agradecimentos

Ao Banco do Nordeste, pelo financiamento da pesquisa (FUNDECI/2017.0012)

Referências

AFONSO, S. R. **A cadeia produtiva do buriti** . 2013. Tese (Doutoranda em Ciências Florestais) -, Universidade de Brasília.

ALVES, A. V.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; LINZMEIER, A. M.; CARDOSO, C. A. L. *et al.* Food value of mealworm grown on *Acrocomia aculeata* pulp flour. **PLoS One**, 11, n. 3, 2016.

AMORIM, G. Fermentação de farelo de cacau por *Aspergillus niger* para obtenção de lipase e biomassa para alimentação animal. **Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia**, 77, 2011.

ARAGÃO, T. F. D. **Macaúba (*Acrocomia aculeata*): caracterização centesimal, potencial antioxidante e compostos fenólicos da polpa e amêndoa**. 2014. -, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BANERJEE, A. V.; BANERJEE, A.; DUFLO, E. **Poor economics: A radical rethinking of the way to fight global poverty**. Public Affairs, 2011. 1586487981.

BARROS, E. M. L.; DE SOUSA LIRA, S. R.; LEMOS, S. I. A.; LUIS, T. *et al.* Estudo do creme de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) no processo de cicatrização. **ConScientiae Saúde**, 13, n. 4, p. 603-610, 2014.

BOVERA, F.; LOPONTE, R.; MARONO, S.; PICCOLO, G.; PARISI, G.; IACONISI, V.; GASCO, L.; NIZZA, A. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on

growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits, **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 639–647, 2016.

CANTERI DE SOUZA, P.; CUSTÓDIO CALONI, C.; WILSON, D.; SERGIO ALMEIDA, R. An invertebrate host to study fungal infections, mycotoxins and antifungal drugs: *Tenebrio molitor*. **Journal of Fungi**, 4, n. 4, p. 125, 2018.

CARDOSO, I. R. M.; ZUNIGA, A. D. G.; FRONZA, P.; MACIEL, A. G. *et al.* Elaboration of a cereal bar enhanced with flour of buriti pulp (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of bioenergy and food science**, 4, n. 2, p. 99-106, 2017.

CARNEIRO, T. B.; DE MELLO, J. G. Frutos e polpa desidratada Buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6, n. 2, p. 105-111, 2011.

CHOI, J.; KIM, N.; CHOI, H. Y.; HAN, Y. S. Effect of Cacao bean husk powder on the quality properties of pork sausages. **Food science of animal resources**, 39, n. 5, p. 742, 2019.

COLOMBO, C. A. Óleo para o biodiesel. **Revista Pesquisa Fapesp**, ed 245, 2016.

COOPER, K. A.; DONOVAN, J. L.; WATERHOUSE, A. L.; WILLIAMSON, G. Cocoa and health: a decade of research. **British Journal of Nutrition**, 99, n. 1, p. 1-11, 2008.

COSTA, N. D. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. D. A. Utilização da casca de cacau (*Theobroma cacao*) na alimentação animal. **Embrapa Rondônia-Recomendação Técnica (INFOTECA-E)**, 2001.

CYMERYS, M.; PAULA-FERNADES, N.; RIGAMONTE-AZEVEDO, O. Buriti—*Mauritia flexuosa* Lf Pages 181–187 in P. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. CIFOR, Amazon, Belém, 2015.

DARNET, S. H.; SILVA, L. H. M. D.; RODRIGUES, A. M. D. C.; LINS, R. T. Composição centesimal, em ácidos graxos e tocoferóis das polpas amazônicas de buriti (*Mauritia flexuosa*) e de patauá (*Oenocarpus bataua*). **Food Science and Technology**, 31, n. 2, p. 488-491, 2011.

DE MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. P.; DOS SANTOS RODRIGUES, A. P. M.; DE SALES, L. E. M. *et al.* Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, 7, n. 1, p. 01-13, 2011.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. D.; BATISTA, A.; VIEIRA, G. *et al.* Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais Physicochemical characteristics of the almond of “macaúba” and its use in the preparation of cereal bars. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, 21, n. 1, p. 79-86, 2010.

DETMANN, E.; SOUZA, M. D.; VALADARES FILHO, S. D. C.; QUEIROZ, A. D. *et al.* Métodos para análise de alimentos. **Visconde do Rio Branco: Suprema**, 214, 2012.

ELAHI, U.; WANG, J.; MA, Y. B.; WU, S. G. *et al.* Evaluation of Yellow Mealworm Meal as a Protein Feedstuff in the Diet of Broiler Chicks. **Animals (Basel)**, 10, n. 2, Jan 30 2020.

FAO. Edible insects Future prospects for food and feed security. Food and Agricultural Organization of the United Nations. . 2013.

FIGUEIREDO, M. R. P. D.; SALIBA, E. D. O. S.; BARBOSA, G. S. S. C.; LOPES, F. C. F. *et al.* Cocoa byproduct in diets for dairy heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 47, 2018.

FREIRE, J. A. P. E. A. Phytochemistry Profile, Nutritional Properties and Pharmacological Activities of *Mauritia flexuosa*. **Journal of Food Science**, 81, n. 11, 2016.

GRAU, T.; VILCINSKAS, A.; JOOP, G. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. **Zeitschrift für Naturforschung C**, 72, n. 9-10, p. 337-349, 2017.

HIANE, P. A.; BALDASSO, P. A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Food Science and Technology**, 26, n. 3, p. 683-689, 2006.

J. FOLCH; M. LEES; G. H. SLOANE-STANLEY. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, 226, p. 497–509, 1957.

KIM, S. Y., KIM, H. G., YOON, H. J., LEE, K. Y., & KIM, N. J. . Nutritional analysis of alternative feed ingredients and their effects on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). . **Entomological Research**, 47, n. 3, p. 194–202, 2017.

KONGOR, J. E.; HINNEH, M.; VAN DE WALLE, D.; AFOAKWA, E. O. *et al.* Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile—A review. **Food Research International**, 82, p. 44-52, 2016.

KOOLEN, H. H.; DA SILVA, F. M.; DA SILVA, V. S.; PAZ, W. H. *et al.* Buriti fruit—*Mauritia flexuosa*. *In: Exotic Fruits*: Elsevier, 2018. p. 61-67.

LÄHTEENMÄKI-UUTELA, A.; GRMELOVÁ, N.; HÉNAULT-ETHIER, L.; DESCHAMPS, M.-H. *et al.* Insects as food and feed: laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. **European Food and Feed Law Review**, p. 22-36, 2017.

LESCANO, C. H.; DE OLIVEIRA, I. P.; DE LIMA, F. F.; DA SILVA BALDIVIA, D. *et al.* Nutritional and chemical characterizations of fruits obtained from *Syagrus romanzoffiana*,

Attalea dubia, Attalea phalerata and mauritia flexuosa. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 12, n. 2, p. 1284-1294, 2018.

LIU, C.; MASRI, J.; PEREZ, V.; MAYA, C.; ZHAO, J. Growth Performance and Nutrient Composition of Mealworms (*Tenebrio Molitor*) Fed on Fresh Plant Materials-Supplemented Diets. **Foods**, 9, n. 2, p. 151, 2020.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; DE BARROS FRANÇA-NETO, J.; HENNING, A. A. *et al.* Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas. **CEP**, 86001, p. 970, 2015.

MAKKAR, H. P.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, 197, p. 1-33, 2014.

MALTA, S. K. C.; DA SILVA, G.; DE CÓRDOVA GOBETTI, S. T. Cacau na alimentação animal. **Ciência Veterinária Unifil**, 1, n. 1, p. 33-39, 2018.

MENEZES, C. W. G. D.; CAMILO, S. D. S.; FONSECA, A. J.; ASSIS JÚNIOR, S. L. D. *et al.* A dieta alimentar da presa *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pode afetar o desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)? **Arquivos do Instituto Biológico**, 81, n. 3, p. 250-256, 2014.

MILANEZ, J. T.; NEVES, L. C.; COLOMBO, R. C.; SHAHAB, M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of buriti fruits, during the postharvest, harvested at different ripening stages. **Scientia Horticulturae**, 227, p. 10-21, 2018.

OCHOA, S. C.; HOGAN, N.; MADDER, K.; GILLOTT, C.; BLAKLEY, B *et al.* Yellow Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*) Fed Mycotoxin-Contaminated Wheat-A Possible Safe, Sustainable Protein Source for Animal Feed?. **Toxins (Basel)**, 11, n. 5, p. 282, 2019.

ORGANIZATION-ICCO, I. C. International Cocoa Organization-ICCO (2018) Production - Latest figures from the Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. 2018.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. CRC press, 2012. 1439837082.

RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of economic entomology**, 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

RIGUEIRA, J. P. S.; MONÇÃO, F. P.; DE SALES, E. C. J.; DOS REIS, S. T. *et al.* Composição química e digestibilidade in vitro de tortas da macaúba. **Unimontes Científica**, 19, n. 2, p. 62-72, 2017.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para a elaboração de pães integrais**. . 2010. Dissertação (Mestrado). - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” –Universidade de São Paulo.

RULL, V.; MONTOYA, E. *Mauritia flexuosa* palm swamp communities: natural or human-made? A palynological study of the Gran Sabana region (northern South America) within a neotropical context. **Quaternary Science Reviews**, 99, 17–33. 2014.

SÁNCHEZ, I.; CERELA, T.; VALENCIA BURGOS, Y. **Determinación de antocianinas y valor nutricional de los Tenebrios (*Tenebrio molitor*) alimentados con dietas enriquecidas con maíz morado (*Zea Mays L.*)**. 2014. -.

SANTOS M.M.O., B. H. E. A., NATARELLI C.V.L., CARVALHO E.E.N.,VILAS BOAS E.V.B. Avaliação da composição química do farelo de cacau(*Theobroma cacao L.*). **Anais Digitais do 4ªSEALIM/ ISIMPECAL** v.1, n. 1, p. 1-5.

TANG, Q. D., Y.; ZHOU, B. Regulatory effects of *Tenebrio molitor* Linnaeus on immunological function in mice. **African Journal of Biotechnology**, 11, n. 33, p. 8348-8352, 2012.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário atual com o aumento da população e a diminuição da disponibilidade de terras aráveis, a seleção e o desenvolvimento de recursos adicionais de alimentos e rações são essenciais, e os insetos são uma importante fonte potencial de alimentos e rações. Desta maneira, de acordo com os nossos dados, consideramos que as dietas suplementadas com o buriti eficiente para o cultivo do *Tenebrio molitor*, especialmente por fornecer minerais e proteínas quando comparada com a dieta suplementada com torta macaúba e a dieta com farelo de cacau.

REFERÊNCIAS

ALLEGRETTI, G. Insect as feed: uma análise bioeconômica do uso de insetos como fonte proteica alternativa à avicultura de corte brasileira. 2017.

AZEVEDO, F. R. D.; RAMALHO, F. S. Impacto da temperatura e da defesa da presa na utilização de *Tenebrio molitor* L. por ninfas do predador *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 28, n. 1, p. 111-119, 1999.

AOAC International, Official methods of Analysis (20 ed.). Washington: AOAC Intl, 2016

BALINGA, M. P.; MONZAMBE MAPUNZU, P.; MOUSSA, J.-P.; N'GASSE, G. Contribution des insectes de la foret a la securite alimentaire. L'exemple des chenilles d'Afrique Centrale. 2004.

BELLUCO, S.; LOSASSO, C.; MAGGIOLETTI, M.; ALONZI, C. C. *et al.* Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 12, n. 3, p. 296-313, 2013.

BRASIL. Alimentos regionais brasileiros (1st Ed.). SAÚDE., B. S. D. P. D. 2002.

BUKKENS, S.; PAOLETTI, M. Insects in the human diet: nutritional aspects. *Ecologica I Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs, and Snails.* Science Publishers, Enfield, NH 2005.

CARNEIRO, T. B.; DE MELLO, J. G. Frutos e polpa desidratada Buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6, n. 2, p. 105-111, 2011.

CHARLTON, A.; DICKINSON, M.; WAKEFIELD, M.; FITCHES, E. *et al.* Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. **Journal of Insects as Food and Feed**, 1, n. 1, p. 7-16, 2015.

CHEN, X. M., FENG, Y. AND ZHANG, H. . Review of the nutritive value of edible insects: Forest insects as food: humans bite back (eds. P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie & K. Shono), p. 85–92, 2008.

COSTA JÚNIOR, M. B. D.; AROUCA, C. L. C.; MACIEL, M. P.; AIURA, F. S. *et al.* Torta da polpa da macaúba para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 16, n. 2, p. 325-336, 2015.

COSTA, D. V. D. Insetos como alimento para a aquicultura: devaneio ou realidade?. **Panorama da AQUICULTURA**. p.50-57, 2019.

COUNCIL, S. H. Food safety aspects of insects intended for human consumption. . **Scientific Committee of the Federal Agency for the safety of food Chain**, 9, n. 160, p. 1-23, 2014.

DA SILVA, A. C.; JORGE, N. Bioactive compounds of the lipid fractions of agro-industrial waste. **Food Research International**, 66, p. 493-500, 2014.

DE MARCO, M.; MARTÍNEZ, S.; HERNANDEZ, F.; MADRID, J. *et al.* Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. **Animal Feed Science and Technology**, 209, p. 211-218, 2015.

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

DELGADO, C.; COUTURIER, G.; MEJIA, K. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. **Fruits**, 62, n. 3, p. 157-169, 2007.

DESA, U. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2019: Highlights. 2019.

EFRAIM, P.; ALVES, A. B.; JARDIM, D. C. P. Revisão: Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variação e efeitos na saúde. **Brazilian Journal of Food Technology**, 14, n. 3, p. 181-201, 2011.

FARIAS, T. M. Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*Acrocomia ssp*) para a produção de óleos. 2010.

FÁVERO, K. Biologia e técnicas de criação de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). 2009.

FENG, Y.; CHEN, X. M.; ZHAO, M.; HE, Z. *et al.* Edible insects in China: Utilization and prospects. **Insect Sci**, 25, n. 2, p. 184-198, Apr 2018.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology: Published in Affiliation with the American Zoo and Aquarium Association**, 21, n. 3, p. 269-285, 2002.

FITCHES, E. C.; SMITH, R. PROteINSECT: Insects as a Sustainable Source of Protein. *In: **Edible Insects in Sustainable Food Systems***: Springer, 2018. p. 421-433.

FRAENKEL, G. The nutrition of the mealworm, *Tenebrio molitor* L.(Tenebrionidae, Coleoptera). **Physiological Zoology**, 23, n. 2, p. 92-108, 1950.

GEORGE, W.; LATIMER, J. R. Official method of analysis of AOAC” by AOAC international 21st Edition. 2019.

GHALY, A. E.; ALKOAİK, F. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, 4, n. 4, p. 319-331, 2009.

GUSTAVSSON, J., FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, CEDERBERG C, SONESSON U, ET AL. Global food losses and food waste: extent, causes and prevention: study conducted for the International Congress ‘Save Food!’at Interpack 2011 Düsseldorf, Germany. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2011.

HANBOONSONG, Y.; JAMJANYA, T.; DURST, P. B. Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. **RAP publication**, 3, 2013.

HOEKSTRA, A. Y.; WIEDMANN, T. O. Humanity’s unsustainable environmental footprint. **Science**, 344, n. 6188, p. 1114-1117, 2014.

KHAN, M. F.; PANIKKAR, P. Assessment of impacts of invasive fishes on the food web structure and ecosystem properties of a tropical reservoir in India. **Ecological Modelling**, 220, n. 18, p. 2281-2290, 2009.

KHAN, S.; NAZ, S.; SULTAN, A.; ALHIDARY, I. *et al.* Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. **World's Poultry Science Journal**, 72, n. 1, p. 93-102, 2016.

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

KIM, S. Y., KIM, H. G., YOON, H. J., LEE, K. Y., & KIM, N. J. . Nutritional analysis of alternative feed ingredients and their effects on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). . **Entomological Research**, 47, n. 3, p. 194–202, 2017.

LEITE, L. R. C. Estudo de Competitividade do Cacau e Chocolate no Brasil: Desafios na Produção e Comércio Global. 2018.

LI, Q.; ZHENG, L.; HOU, Y.; YANG, S. *et al.* Insect fat, a promising resource for biodiesel. **Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology S**, 2, p. 2-6, 2011.

LIU, D. Y. The ancient Chinese edible insects and related issues. **Ancient and Modern Agriculture in China**,, 9, p. 1-8, 1991.

LOPES, C. P.; VILLELA, G. Trealose e trealase em *Tenebrio molitor* L. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, p. 577-583, 1972.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; DE BARROS FRANÇA-NETO, J.; HENNING, A. A. *et al.* Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas. **CEP**, 86001, p. 970, 2015.

LUO, Z. Insects as traditional food in China: Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails *In*: SCIENCE PUBLISHERS, I., UNITED STATES (Ed.). (ed. M.G. Paoletti). 2005. p. 475-480.

MAKKAR, H. P.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, 197, p. 1-33, 2014.

MATSUNO, T.; OHKUBO, M.; TORIIMINAMI, Y.; TSUSHIMA, M. *et al.* Carotenoids in food chain between freshwater fish and aquatic insects. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 124, n. 3, p. 341-345, 1999.

MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. D. S. Propriedades físicas de substitutos do cacau. **Food Science and Technology**, 30, p. 243-253, 2010.

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.

MENEZES, C. W. G. D.; CAMILO, S. D. S.; FONSECA, A. J.; ASSIS JÚNIOR, S. L. D. *et al.* A dieta alimentar da presa *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pode afetar o desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)? **Arquivos do Instituto Biológico**, 81, n. 3, p. 250-256, 2014.

MÜLLER, M. W.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Sistemas agroflorestais com cacauieiro. **Ciência, tecnologia e manejo do cacauieiro. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus**, p. 246-271, 2007.

NOBRE, D. A. C.; TROGELLO, E.; BORGHETTI, R. A.; SANTOS DE SOUZA DAVID, A. M., 2014, **MACAÚBA: PALMEIRA DE EXTRAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA BIOCOMBUSTÍVEL**.

NOGUEIRA, R. F. Apropriação do manejo orgânico do cacau-cabruca em assentamentos rurais. 2015.

OLIVEIRA, A. N. D.; AMARAL, I. L. D. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

ONG, SU YEAN *et al.* A novel biological recovery approach for PHA employing selective digestion of bacterial biomass in animals. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 102, n. 5, p. 2117-2127, 2018.

OONINCX, D. G.; VAN BROEKHOVEN, S.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J. J. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. **PLoS One**, 10, n. 12, 2015.

OONINCX, D. G.; VAN ITTERBEECK, J.; HEETKAMP, M. J.; VAN DEN BRAND, H. *et al.* An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **PloS one**, 5, n. 12, 2010.

PAYNE, C. L.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; NONAKA, K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. **Trends in Food Science & Technology**, 47, p. 69-77, 2016.

PENNISI, E. All in the (bigger) family. American Association for the Advancement of Science 2015.

RAMOS-ELORDUY, J. Insects: a hopeful food source: Ecological implications of minilivestock *In: SCIENCE PUBLISHERS, I., ENFIELD, USA (Ed.). (ed. M.G. Paoletti)*, 2005. p. 263-291.

RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of economic entomology**, 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

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**, 40, n. 1, p. 85-94, 2012.

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**, 36, n. 5, p. 347-366, 1997.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para a elaboração de pães integrais**. . 2010. Dissertação (Mestrado). - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" –Universidade de São Paulo.

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

SÁNCHEZ, I.; CERELA, T.; VALENCIA BURGOS, Y. **Determinación de antocianinas y valor nutricional de los Tenebrios (*Tenebrio molitor*) alimentados con dietas enriquecidas con maíz morado (*Zea Mays L.*)**. 2014. -.

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

SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A. *et al.* Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindustriais associadas. 2012.

SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C.; BAUCE, E.; LEMOS, W. P. *et al.* Diet affects reproduction and number of oocytes per ovary of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas)(Heteroptera: Pentatomidae). **Animal Biology**, 56, n. 3, p. 279-287, 2006.

SILVA, G. C. R.; DE ANDRADE, M. H. C. Extração dos óleos do fruto da macaúba no norte de Minas Gerais: Rota de processamento e viabilidade econômica. **Revista de Economia Agrícola**, 61, n. 1, p. 23-34, 2014.

SPANG, B. **Insects as food: Assessing the food conversion efficiency of the mealworm (*Tenebrio molitor*)**. 2013. -, Evergreen State College.

TACON, A. G.; METIAN, M. Fishing for aquaculture: non-food use of small pelagic forage fish—a global perspective. **Reviews in Fisheries Science**, 17, n. 3, p. 305-317, 2009.

TACON, A. G.; METIAN, M.; TURCHINI, G. M.; DE SILVA, S. S. Responsible aquaculture and trophic level implications to global fish supply. **Reviews in fisheries science**, 18, n. 1, p. 94-105, 2009.

TUBIN, J. S. B.; PAIANO, D.; DE OLIVEIRA HASHIMOTO, G. S.; FURTADO, W. E. *et al.* Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. **Aquaculture**, 519, p. 734763, 2020.

UNIT, E. I. Global food security index 2014. An annual measure of the state of global food security. DuPont 2014.

URREJOLA, S.; NESPOLO, R.; LARDIES, M. A. Diet-induced developmental plasticity in life histories and energy metabolism in a beetle. **Revista Chilena de Historia Natural**, 84, n. 4, p. 523-533, 2011.

VAN DER SPIEGEL, M.; NOORDAM, M.; VAN DER FELSKLERX, H. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 12, n. 6, p. 662-678, 2013.

VAN HUIS, A.; DICKE, M.; VAN LOON, J. J. Insects to feed the world. **Journal of Insects as Food and Feed**, 1, n. 1, p. 3-5, 2015.

VAN HUIS, A., ITTERBEECK, J.V., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIR, G. AND VANTOMME, . Edible insects: future prospects for food and feed security. NATIONS, F. A. A. O. O. T. U. Rome 2013.

VANTOMME, P. Way forward to bring insects in the human food chain **Journal of Insects as Food and Feed**, 1, p. 121-129, 2015.

VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; LAKEMON, C. *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).

VERHOECKX, K. C.; VAN BROEKHOVEN, S.; DEN HARTOG-JAGER, C. F.; GASPARI, M. *et al.* House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may

react to food containing Yellow mealworm proteins. **Food and Chemical Toxicology**, 65, p. 364-373, 2014.

WANG, H. C.; LIAO, H. Y.; CHEN, H. L., 2012, **Tenebrio small-scale ecological farming feasibility study**. Trans Tech Publ. 267-270.

YEN, A. L. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. **Journal of Insects as Food and Feed**, 1, n. 1, p. 33-55, 2015.

ZOU, S. A history of Chinese entomology. Science press, Beijing, in Chinese 1981.