

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARIEL NEVES TAVARES

Análise da viabilidade econômica do uso de farinha do inseto *Tenebrio molitor*
na dieta de frangos de corte

Pirassununga

2020

MARIEL NEVES TAVARES

Análise da viabilidade econômica do uso de farinha do inseto *Tenebrio molitor*
na dieta de frangos de corte

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Gestão e Inovação na Indústria Animal

Orientador: Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro

Coorientador: Prof. Dr. Jose Fernando Machado Menten

Pirassununga

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, ZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Tavares, Mariel Neves

T231

Análise da viabilidade econômica do uso de farinha do inseto Tenébrio molitor na dieta de frangos de corte / Mariel Neves Tavares ; orientador Augusto Hauber Gameiro ; coorientador Jose Fernando Machado Menten. -- Pirassununga, 2020.57 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional Gestão e Inovação na Indústria Animal) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. custo benefício. 2. economia circular. 3. insetos comestíveis. 4. produção industrial. 5. sustentabilidade. I. Hauber Gameiro, Augusto , orient. II. Menten Fernando Machado, José, coorient. III. Título.



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada: "TENEBRIO (*Tenebrio molitor*) EM RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE: PROPRIEDADES NUTRACÊUTICAS, DIGESTIBILIDADE E DESEMPENHO", registrada com o nº de protocolo: 2017.5.2568.11.5, sob a responsabilidade do Prof. José Fernando Machado Menten, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino), encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal-CONCEA, e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Escola de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, em reunião ordinária de 19 de dezembro de 2017.

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica
Vigência da autorização	01/02/2018 a 31/12/2019
Espécie/Linhagem/raça	Ave/Cobb 500
Nº de animais	500
Idade/Peso	1-35d/50-2200g.
Sexo	M
Origem	Biotério de Avicultura do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP

CERTIFICATE

This is to certify that study: "TENEBRIO (*Tenebrio molitor*) IN POULTRY DIETS: NUTRACEUTICAL PROPERTIES, DIGESTIBILITY AND PERFORMANCE", protocol number: 2017.5.2568.11.5, under the responsibility of José Fernando Machado Menten, has been approved by the Institutional Animal Care and Use Committee, College of Agriculture "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, Brazil, University of São Paulo.

Piracicaba, 19 de dezembro de 2017.

Prof. Dr. Urbano dos Santos Ruiz
Coordenador da CEUA/ESALQ/USP

Autor: TAVARES, Mariel Neves

Título: Análise da viabilidade econômica do uso de farinha do inseto *Tenebrio molitor* na dieta de frangos de corte

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse estudo fruto de muito esforço e dedicação ao meu filho Henrique para que tome como exemplo para construir um futuro melhor, compreendendo que resultado vem de esforços realizados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela realização deste, agradeço aos meus pais Vera Alice e Rubens por terem me estimulado a ser uma pessoa que busca sempre conhecimento e mais no trabalho, oferecendo-me todas as condições para chegar até aqui.

Agradeço ao meu filho Henrique por sua compreensão com minhas ausências ao longo de todo o período do aprendizado e produção do mestrado.

Agradeço ao Professor Augusto por ter propiciado a oportunidade dessa aprendizagem, ao Professor Menten por ter me aceitado em seu projeto com insetos, bem como aos alunos da ESALQ-USP que foram os idealizadores do projeto.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Profas. Luciene Lemes, Prof. Diego Vicente, e Dra. Raquel Pereira, pela dedicação e colaboração com o trabalho, bem como a todos os outros membros da banca suplente.

Agradeço a todos os colegas que se tornaram também grandes amigos, do programa GIIA – Gestão e Inovação na Indústria Animal da FZEA-USP, bem como aos colegas do LAE – Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal – FMVZ-USP que me auxiliaram sempre nos momentos de dificuldade. Além dos meus colegas de trabalho que estiveram mais próximos acompanhando e apoiando técnica e emocionalmente.

Por fim agradeço as forças maiores, Deus, por ter me dado forças para seguir até o fim.

Os dias prósperos não vêm por acaso; nascem de muita fadiga e persistência.
Henry Ford

RESUMO

TAVARES, M. N. **Avaliação da viabilidade econômica do uso de farinha de inseto *Tenebrio molitor* na dieta de frangos de corte.** 2020. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2020.

A farinha de insetos vem sendo proposta como ingrediente frente aos convencionais comumente utilizados na alimentação animal. Os insetos possuem capacidade de converter resíduos orgânicos em nutrientes de alto valor biológico e produção sustentável. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo (i) avaliar o impacto econômico da utilização da farinha do inseto *Tenebrio molitor* em rações de frangos de corte no período de 1 a 35 dias; (ii) desenvolver uma planilha dinâmica e interativa para determinar a viabilidade econômica da farinha de inseto; e (iii) avaliar diferentes cenários econômicos de utilização da farinha de inseto. Para atender a esses objetivos foram utilizados os dados de desempenho produtivo de frangos de corte obtidos de estudo preliminar, no qual foram adotados quatro tratamentos alimentares sendo um grupo controle e três rações experimentais contendo 4, 8 e 12% de inclusão da farinha de inseto. Para a viabilidade econômica foram calculados o custo da ração, receita bruta, margem bruta e o custo-benefício para cada tratamento. A inclusão de 4% da farinha de tenébrio na dieta resultou em melhor desempenho das aves, que foram 154 g mais pesadas em comparação com 0% (controle). O custo da alimentação, aumentou com a inclusão da farinha de tenébrio de maneira linear e diminuiu a margem bruta entre 83 a 95% quando se considerou o preço original de R\$ 135,00/kg. Para viabilizar a inclusão de 4% da farinha de tenébrio, calculou-se que este ingrediente deve ser precificado em R\$ 4,53/kg. A implicação encontrada no estudo indica que a produção em massa da farinha de inseto a custo compatível pode tornar a sua aplicação na ração animal economicamente viável, apresentando grande potencial de contribuir com o desenvolvimento sustentável na produção animal e com a economia circular. Diante desse cenário e utilizando-se ainda os parâmetros que levam à sua viabilidade econômica, estimou-se o potencial do mercado brasileiro para o seu uso na nutrição de aves de corte aos 4% de inclusão em 760 mil toneladas da farinha de inseto, com uma economia aproximada de 268 mil toneladas de farelo de soja para o mercado brasileiro como um todo.

Palavras-chave: custo-benefício, economia circular, insetos comestíveis, produção industrial, sustentabilidade.

ABSTRACT

TAVARES, M. N. **Evaluation of the economic viability of the *Tenebrio molitor* meal in diets for broiler chickens**. 2020. 57 f. Dissertation (Master) - Faculty of Zootechnics and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga, 2020.

Insect meal has been proposed as an ingredient compared to conventional ones commonly used in animal feed. Insects can convert organic waste into nutrients of high biological value and sustainable production. In this sense, the present study aimed (i) to evaluate the economic impact of using *Tenebrio molitor* meal in broiler diets from 1 to 35 days; (ii) to develop a dynamic and interactive spreadsheet to determine the economic viability of the insect meal and (iii) to evaluate the use of insect meal in different economic scenarios. The growth performance results used in the current studied were obtained from a previous experiment in which four different inclusion levels of tenebrio meal, 0, 4, 8 and 12%, were tested in diets of broiler chickens. Economic viability included the cost of the feed, gross revenue, gross margin, and cost-benefit calculations for each insect meal inclusion level. The inclusion of 4% of tenebrio meal resulted in better growth performance and chickens were 154g weightier compared to 0%, control. The cost of the feed increased with the inclusion of the tenebrio meal linear-manner and decreased the gross margin from 83 to 95% when the price of R\$135,00/kg were considered. To make the inclusion of 4% of tenebrio meal in diets feasible, the insect meal was calculated to be priced at R\$ 4,53/kg. The implication found in the study indicates that the mass production of insect meal at a compatible cost can make its application in animal feed economically viable, presenting great potential to contribute to sustainable development in animal production and to the circular economy. In view of this scenario and still using the parameters that lead to its economic viability, the potential of the Brazilian market for its use in the nutrition of broiler birds was estimated at 4% inclusion in 760 thousand tons of insect meal, with an economy of approximately 268 thousand tons of soybean meal for the Brazilian market as a whole.

Keywords: circular economy, cost benefit, edible insects, industrial production, sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Economia circular	18
3.2	Uso de recursos naturais na produção de frangos	20
3.3	Insetos na produção animal.....	22
3.4	Insetos na alimentação de frangos de corte	25
3.5	Insetos na alimentação animal: regulamentação e quadro legislativo	27
3.6	Análise econômica de dietas na produção de aves	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
5	RESULTADOS.....	36
6	DISCUSSÃO.....	42
7	CONCLUSÕES.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	APÊNDICE A.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legislação vigente sobre o uso de insetos como alimento	28
Tabela 2 - Preços corrigidos dos ingredientes da ração para o mês de fevereiro de 2020, utilizando o índice IGP-DI/FGV	33
Tabela 3 - Análise econômica da inclusão de farinha do inseto tenébrio em dietas de frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade	36
Tabela 4 - Viabilidade econômica da farinha de inseto <i>Tenébrio molitor</i> em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade	37
Tabela 5 - Simulação de diferentes cenários de margem bruta (R\$/ave) para determinar a viabilidade econômica do custo da farinha de inseto (R\$/Kg) em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade	38
Tabela 6 - Simulação de diferentes cenários para determinar a viabilidade econômica do custo da farinha de inseto (R\$/Kg) em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade	39
Tabela 7 - Simulação do preço viável do frango vivo (R\$/Kg Peso Vivo Frango) considerando a margem bruta R\$/ave ($MB = RB - (CD / 0,7)$) igual ao grupo controle 1,56, no cenário 7 e igual a zero no cenário 8, e o preço de R\$135,00/kg da farinha de inseto.....	40
Tabela 8 - Consumo de farinha de inseto por ave, obtidos no experimento prévio (kg/ave) considerando o período de criação de 1 a 35 dias de idade	40
Tabela 9 - Dimensionamento da produção de farinha de inseto para suprir a produção de frangos de corte no estado de São Paulo (SP) e no Brasil (BR), considerando o período de criação de 1 a 35 dias de idade	41
Tabela 10 - Consumo total de ingredientes por fase de crescimento do frango	41
Tabela 11 - Volume estimado de redução do farelo de soja considerando a inclusão de 4% de farinha de inseto em rações de frangos de corte até 35 dias de idade	42
Tabela 11 . Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para frangos de corte.	56
Tabela 12 . Desempenho produtivo de frangos de corte suplementados com diferentes níveis de farinha de tenébrio.	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> em diferentes estágios de desenvolvimento na linha superior, pupa e adulto do inseto na linha inferior.	17
Figura 2 - Boxes experimentais.....	55
Figura 3 - Dietas experimentais com diferentes níveis de farinha de insetos.....	55

1 INTRODUÇÃO

A utilização da farinha de insetos como ingrediente na ração animal vem sendo amplamente estudada na nutrição de aves nos últimos anos, devido à sua excelente composição nutricional (BIASATO et al., 2018; BOVERA et al., 2015a; RAMOS-ELORDUY et al., 2002), digestibilidade de nutrientes (MWANIKI; KIARIE, 2019) e recentemente alguns estudos apontam a inclusão de farinha de insetos na ração como aditivo alimentar a fim de modular a microbiota intestinal (JÓZEFIÁK et al., 2020) e auxiliar no sistema imune de frangos de corte (BENZERTIHA et al., 2019).

Por outro lado, os insetos são capazes de converter eficientemente uma grande variedade de resíduos orgânicos em proteína de alto valor biológico, contribuindo positivamente com o desperdício de alimentos (MAKKAR et al., 2014b; VAN HUIS et al., 2013) e na redução de resíduos, o que constitui uma nova abordagem e um exemplo notável de uma economia circular sustentável (MENEGUZ et al., 2018), além de apresentarem bom potencial de redução na utilização de recursos da terra como água e energia.

No conceito da economia circular, a implementação dos insetos na cadeia produtiva pode favorecer pequenos produtores fornecendo uma solução na gestão de resíduos orgânicos gerados na própria granja (CHAALALA; LEPLAT; MAKKAR, 2018), além de reduzir custos (CHIA et al., 2019a) quando produzidos em maior escala no caso de grandes produtores. Neste contexto, estudos recentes vêm apresentando bons resultados e encorajando a produção de insetos em escala industrial assim como seu uso na alimentação animal (BIASATO et al., 2018; CAPPELLOZZA et al., 2019; VELDKAMP; BOSCH, 2015).

Os insetos vêm sendo propostos como uma alternativa mais sustentável de nutrientes para a produção animal, incluindo para aves (JÓZEFIÁK et al., 2016; PREMALATHA et al., 2011). Deve-se destacar que as aves têm naturalmente o hábito de comer insetos de diversos tipos ao longo de toda a sua vida e a entomofagia pode representar mais de 30% do todo o alimento ingerido (MAKKAR et al., 2014^a; VELDKAMP et al., 2012a). Entre as várias espécies de insetos, o tenébrio (*Tenebrio molitor*) é estudado predominantemente como fonte de proteínas e gorduras devido ao perfil de aminoácidos e ácidos graxos (BENZERTIHA et al., 2020; BOVERA et al., 2015a; SELALEDI; MBAJIORGU; MABELEBELE, 2020) e poderia substituir de 25 a

100% dos ingredientes proteicos convencionais que compõem a ração animal (VELDKAMP et al., 2012a).

A inclusão dos ingredientes em geral na formulação de rações não visa apenas uma dieta balanceada de nutrientes para um ótimo desempenho produtivo, mas também consideram a lucratividade no processo de produção (SPRING; SWITZERLAND, 2013).

No entanto, são poucos os estudos realizados do âmbito econômico quanto ao uso de insetos como ingrediente na alimentação animal. Diante disso, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar a viabilidade econômica da farinha de tenébrio, com diferentes níveis de inclusão, na alimentação de frangos de corte. O trabalho propõe uma extrapolação dos valores estimados para produção média no estado de São Paulo e contexto de mercado brasileiro como um todo, permitindo uma análise quantitativa da necessidade de produto disponível no mercado para que se torne ingrediente disponível em escala industrial.

2 OBJETIVOS

Objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da inclusão da farinha de larvas do *Tenebrio molitor* na ração para frangos de corte, de 1 a 35 dias, a fim de:

- i.* Determinar: custo da ração (R\$/kg), receita bruta (R\$/kg), margem bruta (R\$/kg) e o custo-benefício das rações com diferentes inclusões de farinha de inseto;
- ii.* Desenvolver uma planilha dinâmica e interativa no *Microsoft Excel*[®] para calcular o valor viável da farinha de inseto;
- iii.* Avaliar a análise econômica de diferentes cenários de mercado, sendo eles, os propostos a seguir:
 - o custo viável da farinha de inseto (R\$/kg) em diferentes cenários de margem bruta do frango (com Margem bruta variando a 70%, 50% e 30% em relação a atual);
 - o preço máximo do farelo de soja (R\$/kg) a partir do qual a farinha de inseto pode ter sua aplicação como substituta da soja, viabilizada dentro dos custos atuais;
 - o preço pago pelo frango (R\$/kg) para que a farinha de inseto seja economicamente viável;
- iv.* Dimensionar a produção de farinha de inseto, em quilos, necessária para suprir o mercado de frango de corte no estado de São Paulo e do país.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em avaliação sobre as perspectivas da população mundial, estimou o aumento de até 73% no consumo de proteína animal em 2050, proveniente do crescimento da população mundial em 9,3 bilhões (FAO, 2011). Nesse contexto, a produção de alimentos de origem animal, afim de atender as crescentes demandas, enfrentará desafios futuros, principalmente sobre os pilares da sustentabilidade na produção animal: a viabilidade econômica, ao uso racional de recursos ambientais e à justiça social (MAKKAR et al., 2014a).

O aumento na demanda de proteína e derivados de origem animal, nos próximos anos, impulsionará restrições adicionais sobre a disponibilidade de recursos hídricos e terrestres (DE SOUZA-VILELA; ANDREW; RUHNKE, 2019), incluindo a produção de matéria-prima para ração, sendo esse último mais desafiador devido à competição existente entre produção de grãos destinados a alimentação humana, ração animal e combustível (FAO, 2011). Com tal demanda, há um crescente reconhecimento na necessidade de melhor compreender as interações e a dinâmica existente entre a eficiência produtiva, a redução de resíduos e o uso consciente de recursos naturais, de modo a produzir alimento de forma sustentável, atendendo a necessidade da população sem comprometer futuras gerações (VAN PASSEL et al., 2007).

No cenário atual, a produção de alimentos em larga escala sofre pressão sobre a utilização dos recursos naturais e seus impactos ambientais. Embora, a pecuária mundial contribua com 40% do valor global da produção agrícola e forneça um terço de toda proteína consumida, esse setor ocupa 80% com pastagens e terras agrícolas (OECD-FAO, 2019) e contribui com 14,5% das emissões de gases do efeito estufa (GERBER et al., 2014), além de impulsionar a expansão agrícola pelo comércio de grãos e cereais para produção de ração (KARSTENSEN; PETERS; ANDREW, 2013).

A produção brasileira de grãos, em 2019, foi estimada em 123 milhões de toneladas de soja, com área de plantio de 36,9 milhões de hectares; e 101 milhões de toneladas de milho, com 18,1 milhões de hectares de área de plantio (USDA, 2020). Desse montante, estima-se que cerca de 60 a 80% são destinados à alimentação animal (CELERES/SECEX, 2017), principalmente à produção frangos de corte (25%) e suínos (12%). Dentre essas cadeias produtivas, a avicultura é a que mais expande

de forma consistente. A produção de frangos de corte é altamente eficiente na taxa de conversão de ração em kg de proteína (MOTTET; TEMPIO, 2017), o que torna a carne de frango mais viável economicamente e uma das mais consumidas globalmente (MOTTET; TEMPIO, 2017). No último ano, foram produzidos no mundo, aproximadamente, 99,3 milhões de toneladas de carne de frango (USDA, 2019). Nesse cenário, o Brasil encontra-se como o segundo maior produtor, com produção de 13,05 milhões de toneladas, e o maior exportador mundial dessa carne (ABPA, 2018).

Diante da alta demanda de grãos para sustentar esse sistema produtivo, combinado ao consumo na alimentação humana, nos últimos anos o preço das matérias-primas aumentou significativamente e sofre oscilações diretas no mercado global. O custo com alimentação representa em média 71% dos custos totais na produção animal (CIAS, 2020). Em termos nutricionais, as exigências de espécies monogástrica, particularmente aves, inclui uma alta quantidade e qualidade de proteína na ração. O farelo de soja é uma das fontes de proteína vegetal mais utilizada nos sistemas produtivos devido à sua excelente composição de aminoácidos e alta digestibilidade (ROSTAGNO et al., 2017).

Em vista do custo dos ingredientes da ração, associado à preocupação em reduzir os impactos ambientais oriundos da produção animal, alguns ingredientes alternativos de baixo impacto vêm sendo propostos como fonte de proteína na alimentação animal, como os insetos (MAKKAR et al., 2014b), leguminosas (JEZIERNY; MOSENTHIN; BAUER, 2010), algas (HOLMAN; MALAU-ADULI, 2013) e bactérias (BYRNE, 2014). Os insetos são identificados como promissores na alimentação animal; seu alto potencial como ingrediente está relacionado, principalmente, por apresentarem composição nutricional de alto valor biológico e perfil de aminoácidos semelhantes ao do farelo de soja e da farinha de peixes (MAKKAR et al., 2014b).

Do ponto de vista ambiental, a produção de insetos em massa também é promissora, devido aos baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa (VAN HUIS; OONINCX, 2017), requer pequena área para produzir 1 kg de proteína (OONINCX; DE BOER, 2012), possui ótima eficiência alimentar e capacidade de converter resíduos orgânicos em proteína de alto valor biológico (MENEGUZ et al., 2018). Em particular, o uso de insetos na bioconversão de resíduos constitui uma nova

abordagem e um exemplo notável de uma economia circular com vistas à sustentabilidade (MENEGUZ et al., 2018).

Estudos recentes demonstraram a viabilidade de utilização de farinha de insetos como fonte alternativa de proteína na alimentação de aves (VAN HUIS et al., 2013; GASCO et al., 2016), entre eles as larvas de *Tenebrio molitor* (Figura 1) (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). As larvas e o estágio pupal contém alto valor biológico, o processo de produção é simples e está relacionado à possibilidade de controlar o ciclo vida do inseto e, apresenta baixo custo de produção em relação aos demais ingredientes utilizados na ração (KHUSRO; ANDREW; NICHOLAS, 2012).

Figura 1 - Larvas de *Tenebrio molitor* em diferentes estágios de desenvolvimento na linha superior, pupa e adulto do inseto na linha inferior



Fonte: Própria autoria.

Por essas razões, o potencial da proteína de insetos tem atraído atenção (KHAN, 2018). A FAO incentiva a utilização de insetos como alimento humano e na ração animal, principalmente como ferramenta para diminuir a pobreza (FAO, 2011). Portanto, parece razoável considerar a inclusão de proteínas de insetos como matéria-prima na fabricação de rações e no desenvolvimento da produção intensiva de insetos. No entanto, são poucas as pesquisas a respeito do ponto de vista econômico quanto ao uso de insetos como ingrediente na alimentação animal.

3.1 Economia circular

Atualmente, a nível global, os países enfrentam uma miríade crescente de demanda e desafios no desenvolvimento agrícola. Com o intuito de apoiá-los e concentrar em questões de importância para a humanidade e o planeta, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) identificou prioridades estratégicas as quais poderá desenvolver e buscar ações concretas, como: eliminar a fome, tornar a agricultura mais produtiva e sustentável, reduzir a pobreza rural, e aumentar a resiliência da população do campo mediante as ameaças e crises (OECD-FAO, 2019).

Essas ações fazem parte da agenda 2030, onde foram traçados os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), nos quais os países envolvidos na Assembleia Geral das Nações Unidas, firmam compromisso de atingir todas as 169 metas que indicam a realização destes objetivos (ODS, 2020).

Diante dos objetivos de desenvolvimento de uma gestão sustentável em termos de produção, insere-se nesse contexto as práticas de economia circular (DICKE, 2018). A economia circular na agricultura e pecuária centra-se em utilizar uma quantidade mínima de insumos externos, fechar ciclos de nutrientes e reduzir a produção de resíduos e poluição ao meio ambiente (OLDFIELD; WARD; HOLDEN, 2016), afim de gerar energia limpa, tornando a cadeia produtiva mais sustentável e reduzindo custos. Além de contribuir para o desenvolvimento sustentável da produção agrícola, ela permite a inovação de novas tecnológicas e agrega valor proporcionando atributos relacionados à produção sustentável (BORRELLO et al., 2016).

Nos últimos anos, em diversos países, o conceito de economia circular estava associado primariamente ao combate de desperdício de alimentos (TEIGISEROVA; HAMELIN; THOMSEN, 2020), que corresponde, aproximadamente, a 1,3 bilhões de alimentos desperdiçados a cada ano. O constante desperdício de alimentos é um problema no fluxo de resíduos e um aspecto importante para o sistema integrado de gerenciamento de resíduos, em termos de aterros sanitários e esgotos, e assim um agravante ambiental e social.

Paralelamente, o aumento no consumo de proteína animal e a crescente demanda por grãos atraiu consideravelmente atenção à criação de insetos. As partes interessadas do setor se concentram no potencial dos insetos para converter material orgânico de baixa qualidade em alimentos e rações de alta qualidade (CHIA et al.,

2019; VAN HUIS et al., 2013). Os principais substratos utilizados na produção dos insetos incluem resíduos alimentares, resíduos de vegetais e frutas, farelo de trigo, capim, resíduo de cervejaria, entre outros (GASCO; BIANCAROSA; LILAND, 2020). Desse modo, os insetos podem ser alimentados com resíduos produtivos e outros resíduos orgânicos (DICKE, 2018), o que contribui para sua importância na valorização dos fluxos de resíduos orgânicos (CHIA et al., 2018).

Outro ponto importante da produção dos insetos é que podem ser cultivados usando menos recursos como terra, água e energia, e com menor impacto nas mudanças climáticas devido às menores emissões de gases de efeito estufa e baixos níveis de poluentes quando comparados a outros sistemas produtivos (GAHUKAR, 2016, GRAU et al., 2017). Ainda, os insetos possuem baixa taxa de conversão alimentar e podem ser consumidos inteiros, sem materiais residuais como ossos ou penas (VELDKAMP et al., 2012b).

Os insetos como fonte de proteínas vem sendo considerado cada vez mais como ingrediente alternativo sustentável, com alto potencial de reduzir a sobrecarga das proteínas vegetais utilizadas na alimentação animal (VAN HUIS et al., 2013). Desse modo, uma alimentação a base de insetos, portanto, pode substituir ingredientes convencionais, como farinha de peixe ou farelo de soja, que estão associados ao alto impacto ambiental (VAN HUIS et al., 2013; VELDKAMP et al., 2012). Além disso, a implementação dos insetos na cadeia produtiva pode reduzir custos e iniciar um sistema produtivo inovador na produção de farinha de insetos na alimentação animal (CHIA et al., 2019a).

A produção de insetos em pequena escala, por exemplo, pode favorecer produção em áreas mais remotas fornecendo uma solução na gestão de resíduos orgânicos gerados na própria granja ou fazenda (CHAALALA; LEPLAT; MAKKAR, 2018) e o fluxo dos resíduos gerados na produção de insetos pode ser utilizado como adubo orgânico para produção de outras culturas (CHAALALA; LEPLAT; MAKKAR, 2018). Portanto, os insetos podem efetivamente fechar o ciclo de nutrientes caracterizando uma economia circular (MENEGUZ et al., 2018). A utilização de insetos como ingrediente, juntamente com a produção de insetos, pode apoiar a subsistência rural. Para isso, é essencial que a agricultura seja uma prática sustentável e de baixo custo para produzir insetos em escala industrial (GAHUKAR, 2016).

Embora, os potenciais fatores econômicos e ambientais na implementação de uma economia circular na produção agropecuária sejam claramente benéficos, a prática exige uma reorganização da cadeia produtiva. Desse modo, o aspecto chave a considerar nesse ciclo são as restrições legislativas em relação ao uso de insetos como ingrediente na ração animal.

Portanto, a economia circular pode aumentar a eficiência na produção em larga escala dos insetos, sendo criados de maneira ambientalmente sustentável, relacionados à reutilização de subprodutos, desperdícios e resíduos, além de auxiliar no fins relativos à economia (BORRELLO et al., 2016). Embora as práticas de criação de insetos estejam sendo aprimoradas e estudadas, a evidência experimental para esses efeitos diretos já está disponível, mas os efeitos potenciais da produção ainda requerem investigação adicional.

3.2 Uso de recursos naturais na produção de frangos

O aumento esperado de 70% na produção de alimentos até 2050 impõem riscos adicionais ao meio ambiente (FAO, 2011). A produção de carne como suprimento de proteínas animal para o consumo humano é reconhecida como o setor que mais impacta o meio ambiente, sendo estes impactos associados à alta demanda por recursos como terra, água e energia (SMETANA et al., 2016).

Em escala industrial, a pegada hídrica de frangos e poedeiras é a menor entre os produtos de origem animal. As estimativas da pegada hídrica incluem diferentes categorias de água azul (águas de desvios superficiais e subterrâneas), água verde (a água da chuva evaporada do solo e das plantas) e água cinzenta (necessária para assimilar a carga de poluentes). Em estudo, Mekonnen e Hoekstra (2012) estimaram que as aves necessitam de uma média de 4,325 m³ de água por tonelada de carne e 3,265 m³ por tonelada de ovos, que representam 11% e 7% da pegada hídrica total dos animais de produção em escala mundial.

Em relação à eficiência do uso de nitrogênio, que é a porcentagem de entrada de nitrogênio retida nos produtos, os autores destacam que é relativamente maior na produção de aves quando comparadas à de ruminantes. No entanto, difere consideravelmente entre sistemas de produção e regiões, podendo variar desde 5%, na produção caipira em alguns países do Leste da Ásia e África Subsaariana, até 50%, em certos sistemas de Europa (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012).

O nitrogênio é um dos elementos essenciais utilizados pelas aves na conversão de concentrações de energia e proteína vegetal em carne. Parte dele é retido na obtenção de carne, não sendo excretado. As excretas quando manejadas corretamente e recicladas, pode ser utilizadas para fertilizar pastagens e colheitas. No entanto uma grande parcela é perdida para o meio ambiente, como emissões de gases e lixiviação, contribuindo assim para a poluição do ar e da água e as alterações climáticas (MOTTET; TEMPIO, 2017).

As aves contribuem para as mudanças climáticas emitindo gases de efeito estufa (GEE) diretamente por manejo de dejetos ou indiretamente nas atividades de produção de alimentos para animais, pela conversão de florestas em plantações. Com base na abordagem de avaliação do ciclo de vida, estima-se que a produção avícola emita cerca de 836 milhões de toneladas de CO₂-equivalente, e cerca de 11% do total de emissões do setor pecuário global, sendo o menor contribuinte para emissão desses gases, dentro da produção animal. Na comparação entre países no quesito eficiência do uso de nitrogênio nas diferentes produções avícolas, aves em criação de subsistência utilizam os menores níveis de nitrogênio, sendo em média até 30%, enquanto galinhas de postura usam entre 20% e 40%, e frangos de corte utilizam entre 25% e 50% gases de efeito estufa (MOTTET; TEMPIO, 2017).

Gerber et al. (2013) ressaltam que a produção de ração é a principal atividade pela qual a produção avícola usa recursos, além dos recursos terrestres e hídricos. Em vista disso, há um potencial para redução do total de emissões de GEE com a inclusão de proteínas alternativas como a dos insetos, e conseqüentemente, diminuindo o volume de grãos. Alguns autores avaliaram as emissões de GEE do metabolismo dos insetos em escala de laboratório (OONINCX; DE BOER, 2012; SMETANA et al., 2016; VAN HUIS et al., 2013). Embora esses estudos tenham fornecido estimativas sobre possíveis benefícios sustentáveis do uso de insetos na alimentação animal, nenhuma avaliação completa do ciclo de vida na produção de insetos em escala industrial foi encontrada. Em revisão, Dobermann et al. (2017) analisaram as condições de criação de diferentes espécies, sendo que os resultados preliminares sugeriram que os insetos produzem muito menos GEE do que o gado, e estão aproximadamente no mesmo nível da produção de aves. Os autores concluíram que os insetos possuem desempenho favorável quando comparado ao gado de corte e suínos.

Miglietta et al. (2015) avaliaram a pegada hídrica de alguns produtos, levando em consideração todo o sistema de produção de insetos produzidos comercialmente. Os autores constataram que, para minhocas, em escala comercial, a pegada hídrica por tonelada foi maior que o da produção de suínos e galinhas. No entanto, os autores ressaltam que esses valores devem ser interpretados considerando a percentagem do animal comestível, sendo 80 a 100% dos insetos em comparação com a 40% a 50% dos bovinos. Com isso, as larvas de insetos possuem pegada hídrica menor do que os outros animais. Portanto, os insetos podem ter menor pegada ambiental do que outras fontes de proteína animal, sugerindo maior contribuição para melhorias ambientais e segurança alimentar, além de maior valor econômico.

3.3 Insetos na produção animal

A indústria de produção animal constantemente enfrenta desafios em desenvolver métodos inovadores para atender necessidades sociais, ambientais e econômicas (BARRAGAN-FONSECA; DICKE; VAN LOON, 2017). Dentro do sistema produtivo, a nutrição é o maior gargalo, principalmente por representar 71% dos custos totais de produção de aves (CIAS, 2020). A proteína é um dos nutrientes mais onerosos na produção da ração. As principais fontes proteicas são o farelo de soja e a farinha de peixe, ambas sofrem limitações acerca da disponibilidade e viabilidade econômica para aplicação em nutrição animal (CHIA et al., 2019; VELDKAMP et al., 2012).

A busca por alternativas mais sustentáveis levou à crescente notoriedade e interesse nos insetos como ingrediente na alimentação. Existem mais de 1.900 espécies de insetos que foram usadas como alimento humano (VAN HUIS, 2013). Ramos-Elorduy (2009) relatou 2.086 espécies de insetos consumidas por 3.071 grupos étnicos em 130 países, devido ao alto conteúdo de proteínas e minerais, e por causa de seu sabor e palatabilidade. Os insetos são uma fonte alternativa de proteína animal. Eles contêm entre 30% e 70% de proteína em uma base de matéria seca. Entre as espécies de insetos mais estudadas, o *Hermetia illucens* (*Black soldier fly* – BSF ou soldado negro voador), contém de 35 - 57% de proteína bruta e 35% de lipídeos, enquanto que a *Musca domestica* (mosca comum) contém entre 43 - 68% de proteína e 4 - 32% de lipídeos. Já o *Tenebrio molitor* apresenta entre 46 - 60% de proteína e 23 - 47% de lipídeos com a composição de aminoácidos similar ao farelo de soja (RAMOS-ELORDUY et al., 2002; VELDKAMP et al., 2012b).

De modo geral, a composição corporal das larvas de insetos varia de acordo com os substratos utilizados. A farinha de insetos é rica em aminoácidos essenciais, e inclui altos valores de ácidos graxos mono e poli-insaturados (BARRAGAN-FONSECA; DICKE; VAN LOON, 2017). São boas fontes de minerais como cálcio, ferro, potássio, magnésio, fósforo e zinco, bem como vitaminas, incluindo niacina, vitamina B12, tiamina e riboflavina (AKHTAR; ISMAN, 2018; SPRANGERS et al., 2017). Além disso, os insetos contêm quitina, polissacarídeo encontrado no exoesqueleto dos artrópodes (HENRY et al., 2015), que podem afetar negativamente a digestibilidade de nutrientes, principalmente em aves (KHEMPAKA; CHITSATCHAPONG; MOLEE, 2011). No entanto esta pode melhorar a saúde imune de frangos de corte (BOVERA et al., 2015a) e de galinhas poedeiras (MARONO et al., 2017).

Diante da composição nutricional dos insetos, surgem novas perspectivas de inovações econômicas, incluindo a utilização de proteínas à base de insetos como alternativa ao farelo de soja ou farinha de peixe na alimentação de suínos (BIASATO et al., 2019), aves (ONSONGO et al., 2018) e peixes (IACONISI et al., 2017; ST-HILAIRE et al., 2007).

Em estudo, a fim de avaliar a inclusão de quatro diferentes níveis (4, 8, 12 e 16%) de farinha *Tenebrio molitor* no desempenho produtivo de *Macrobrachium rosenbergii*, Feng et al. (2019) observaram maior ganho de peso, taxa de crescimento diário e eficiência proteica no grupo que recebeu 12% da farinha de insetos. Devic et al. (2018) avaliaram diferentes níveis de inclusão de farinha de BSF em substituição parcial da farinha de peixes em dietas de alevinos de tilápia, e notaram resultados semelhantes para crescimento e consumo de ração.

Em leitões alimentados com níveis de 5 a 10% de farinha de BSF, foi observado desempenho satisfatório com mínimos efeitos no perfil sanguíneo (BIASATO et al., 2019). Ao compararem rações com dois níveis da farinha de BSF com a dieta controle à base de farelo de soja, não se observaram diferenças significativas em ganho de peso e consumo de ração entre os tratamentos, ressaltando que a substituição parcial da farinha de insetos na alimentação animal não causa prejuízos em relação a ração à base de soja. Entretanto, os autores ainda questionam a utilização da farinha de insetos em função ao custo superior desse ingrediente em relação as fontes primárias de proteína (SPRANGERS et al., 2017).

Em estudo recente, SYPNIEWSKI et al., 2020 avaliaram a substituição parcial x total do óleo de soja por gordura proveniente de BSF (extraídas comercialmente) aplicadas em dietas de perus aos sete dias de idade. Os autores observaram que a utilização dessa gordura da BSF não afetou o desempenho produtivo, digestibilidade e morfologia do trato gastrointestinal das aves, entretanto, observaram redução da tripsina e de bactérias patogênicas (*Enterobacteriaceae sp.*) no grupo que recebeu substituição total do óleo de soja por gordura do inseto.

Além do perfil nutricional interessante, a utilização de insetos na ciclagem de nutrientes na produção animal também vem recebendo ampla atenção. Esses insetos apresentam rápido ciclo reprodutivo e baixo investimento para criação (CHAALALA; LEPLAT; MAKKAR, 2018). De acordo com van Zanten et al. (2015), a produção de uma tonelada de larvas de “housefly” pode substituir 0,5 tonelada de farinha de peixe e 0,5 tonelada de farelo de soja, resultando em diminuição no uso da terra e energia, e desse modo, pode ser implantado com relativa facilidade em qualquer sistema de criação.

Dentre as espécies de insetos destacados no presente estudo, a larva do *Tenebrio molitor L.* apresenta características interessantes para a alimentação animal. O tenébrio é um coleóptero pertencente à família *Tenebrionidae* originário na Europa, mas distribuído mundialmente (MAKKAR et al., 2014b). Considerado praga de grãos, farinhas e outros alimentos (RAMOS-ELORDUY et al., 2002) as larvas de *Tenebrio molitor* são facilmente reprodutíveis e alimentam-se de resíduos orgânicos (DE MARCO et al., 2015). O ciclo de vida varia de 280 a 630 dias. As larvas eclodem após 10 a 12 dias à uma temperatura de 18 a 20 °C e amadurecem geralmente após 3 a 4 meses em temperatura ambiente. O estágio de larva pode durar até 18 meses. A larva madura é de coloração amarelo-marrom clara, tem 20 a 32 mm de comprimento e pesa 130 a 160 mg (MAKKAR et al., 2014b).

As larvas são ricas em proteínas e possuem um ótimo perfil de aminoácidos (AGUILAR-MIRANDA et al., 2002; VELDKAMP et al., 2012b). Na matéria seca as larvas do tenébrio podem conter uma grande quantidade de proteína bruta (440–690 g/kg) e gordura (230-470 g/kg) (VELDKAMP et al., 2012b). Estudos recentes já relatam aceitabilidade e bons resultados com o uso do *Tenebrio molitor* em aves (BENZERTIHA et al., 2020; BIASATO et al., 2016, 2018; BOVERA et al., 2015a, 2016; LOPONTE et al., 2017). Por esses motivos, as larvas já são produzidas industrialmente como alimento para animais de estimação e animais de zoológico,

incluindo aves, répteis, pequenos mamíferos, anfíbios e peixes (MAKKAR et al., 2014b). Atualmente, as larvas são vendidas vivas, secas ou em pó (VAN HUIS et al., 2013).

Os benefícios da utilização de farinha de insetos na alimentação animal mostram ser inúmeros. Recentemente, a sua utilização tanto como ingrediente ou aditivo alimentar, ganhou notoriedade e vem apresentando interesse na indústria animal. No entanto, atualmente, as informações sobre viabilidade econômica e socioambiental da produção de insetos para alimentação animal são escassas e isso limita a utilização em dietas (JÓZEFAK; ENGBERG, 2015; JÓZEFAK et al., 2016).

3.4 Insetos na alimentação de frangos de corte

Os insetos podem ser uma proteína alternativa interessante, em particular para aves, pois além do papel nutritivo, em comportamento natural as aves têm o hábito de procurar e comer insetos ao longo de toda a vida (BOVERA et al., 2015a). Estudos recentes abordaram a viabilidade da utilização de farinha de insetos em rações de aves sob o desempenho produtivo (BENZERTIHA et al., 2020; BIASATO et al., 2016, 2018; BOVERA et al., 2015a; IACONISI et al., 2017) produção de ovos e perfil sanguíneo de poedeiras comerciais (MARONO et al., 2017; MWANIKI; NEIJAT; KIARIE, 2018), digestibilidade de nutrientes (BARRAGAN-FONSECA; DICKE; VAN LOON, 2017; KHAN, 2018) e avaliação morfológica intestinal e características histológicas (BIASATO et al., 2016). Os resultados positivos vêm encorajando novas pesquisas e incentivando a produção de insetos em escala industrial (VAN HUIS et al., 2013).

Bovera et al. (2016) avaliaram o efeito da farinha de larvas de *Tenebrio molitor* em completa substituição ao farelo de soja. Nenhuma diferença significativa foi observada no desempenho e características de carcaça das aves. No entanto, os autores observaram melhora na conversão alimentar do grupo de aves que receberam a ração com farinha de tenébrio, e obtiveram coeficiente de digestibilidade aparente ileal de proteína bruta maior para o grupo controle que receberam ração com farelo de soja (0,87). Resultados semelhantes foram encontrados por Pretorius (2011), ao avaliar o desempenho de frangos de corte usando sete rações com inclusão variando de 10 a 50% de “housefly” ou farinha de peixe. O autor observou que as aves alimentadas com 25% de larva de “housefly” apresentaram melhores resultados de peso vivo e consumo de ração em relação ao grupo que recebeu ração contendo a

farinha de peixe. Ao compararem a utilização da farinha de “housefly” com o farelo de soja em rações de frangos de corte, Hwangbo et al. (2009) reportaram alto coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (0,98).

Para avaliar a digestibilidade ileal aparente da farinha de larvas de *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens* em frangos de corte, De Marco et al. (2015) testaram duas dietas contendo 250g/kg da farinha de tenébrio ou farinha de BSF. Os autores observaram diferença entre o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, sendo a farinha de BSF com maior coeficiente de digestibilidade (0,99 e 0,88), não encontraram diferenças para metabolizabilidade da energia e dos aminoácidos.

Em outro estudo com níveis de inclusão de 5, 10 e 15% da farinha de larvas de *Tenebrio molitor* na ração de frangos de corte, Biasato et al. (2018) observaram resposta linear para o peso vivo, consumo de ração aos 25 dias de idade das aves, e para conversão alimentar no período de 1 a 53 dias de criação. Por outro lado, os autores reportaram efeito negativo na morfologia intestinal, sendo menor altura de vilosidades e profundidade de cripta para o grupo que recebeu 15% da farinha de tenébrio. Os autores sugerem que os níveis mais baixos podem ser mais adequados. Makkar et al. (2014b) avaliaram a farinha de BSF como substituinte do farelo de soja e observaram resultados similares de ganho de peso e menor consumo de ração quando comparada à dieta controle, resultando em melhora na conversão alimentar.

Benzertiha et al. (2019) avaliaram a inclusão 5% de óleo de *Tenebrio molitor* em comparação com o óleo de palma e gordura de frango para frangos de corte sobre o desempenho produtivo e a digestibilidade de nutrientes. Nenhum efeito no desempenho produtivo e na digestibilidade aparente foi observado, no entanto, o peso do fígado, nível de triglicérides e o colesterol foi menor no tratamento que recebeu o óleo de ténebrio. Além disso, os autores observaram que a suplementação do óleo de tenébrio aumentou ômega 3 e 6 no músculo do peito.

Outro aspecto interessante da inclusão de farinha de insetos, considerados na alimentação de aves, é o conteúdo de peptídeos antimicrobianos que são altamente abundantes em várias espécies (JÓZEFIÁK; ENGBERG, 2015). Algumas pesquisas, nos últimos anos, têm evidenciado as propriedades nutracêuticas dos insetos, especialmente via os peptídeos antimicrobianos e seu potencial uso como bactericida e modulador da resposta imune (MYLONAKIS et al., 2016; RAHNAMAEIAN et al., 2015).

O potencial dos insetos na alimentação animal é promissor e impacta positivamente o ambiente por apresentar produção sustentável (MAKKAR et al., 2014b). Essas evidências indicam que o uso dos insetos nas formulações de ração pode ser uma oportunidade para tornar a cadeia produtiva de frangos de corte mais sustentável. Além disso, também é importante enfatizar que os insetos fazem parte da dieta natural das aves (DE MARCO et al., 2015).

Até o momento o obstáculo mais significativo ao uso dos insetos na nutrição animal é a produção limitada o que culmina em alto custo e oscilações no suprimento do produto à indústria de rações (VELDKAMP et al., 2012; VELDKAMP; BOSCH, 2015). Esse obstáculo vem sendo superado à medida que o interesse na produção em grande escala industrial ganha notoriedade no mundo, especialmente na Europa. Paralelamente à expansão da indústria de insetos, a legislação do seu uso na nutrição animal e humana vem sendo reformulada e atualizada.

3.5 Insetos na alimentação animal: regulamentação e quadro legislativo

A utilização dos insetos como fonte de proteína ou aditivo alimentar na alimentação animal, para diferentes espécies, vem sendo difundida amplamente nos últimos anos. Entretanto, até então, o obstáculo mais significativo ao uso dos insetos parece ser a produção viável em escala industrial, resultando em alto custo e oscilações no suprimento do produto à indústria de rações atualmente (VELDKAMP; BOSCH, 2015).

Como já mencionado, esse obstáculo vem sendo superado à medida que o interesse na produção em escala industrial ganha notoriedade no mundo. O sistema regulatório sobre a utilização de insetos na alimentação animal difere amplamente nos diferentes países, e a legislação do seu uso na nutrição animal vem sendo reformulada e atualizada (SOGARI et al., 2019).

No Brasil não há restrições quanto ao uso das farinhas de insetos para alimentação animal, sendo cadastrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em seu sistema Sistema Integrado de Registro de Produtos e Estabelecimentos (SIPE 2000), diversos insetos e suas farinhas que podem ser aplicados como ingredientes na alimentação animal.

Em novembro de 2015 a União Europeia reconheceu insetos como “novel food”, iniciativa que regulamenta seu consumo como ingrediente para animais e humanos (EU REGULATION 2015/2283). Nesse cenário, os insetos só podem ser

alimentados com substratos autorizados como resíduos orgânicos, vegetais, frutas, farelo de trigo, capim, resíduo de cervejaria. No entanto, fora da União Europeia os regulamentos são menos rigorosos (SOGARI et al., 2019).

As pesquisas sobre o uso de ingredientes à base de insetos para animais desenvolveram-se rapidamente nos últimos anos, levando a regulamentação e autorização de proteína animal processada em alimentos para peixes na União Europeia (EU REGULATION 2017/893). No entanto, isso ocorreu só para algumas espécies de insetos: *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus*, *Grylodes sigillatus* e *Gryllus assimilis*. Para outros animais ainda há restrições quanto ao uso de farinha animal (EU Regulation 999/2001) (IACONISI et al., 2017).

Em outros países a legislação vigente sobre o uso de insetos são apresentados resumidamente na Tabela 1.

Tabela 1 - Legislação vigente sobre o uso de insetos como alimento

País	Autoridade ¹	Regulação ²	Insetos na alimentação
Brasil	MAPA	SIPE2000	Cadastrados como ingredientes no SIPE2000 – insetos desidratados, farinha de larvas de mosca soldado negro, larva de mosca soldado negro, larva de tenébrio comum, larva de tenébrio gigante, larva de mosquito e defínia, larva de borboleta.
União Europeia	EFSA	EU Decisions/ regulations	Proteína animal processada são autorizados na aquicultura; Gordura de insetos é autorizada na alimentação animal; Existe lista de insetos de criação permitida;
Estados Unidos	FDA	FFDCA	Aditivos reconhecidos como seguros aprovados necessário para os insetos; Larvas de <i>Hermetia illucens</i> incluídas como ingrediente na ração animal;
Canadá	CFIA	FAFR	Necessita de autorização para o uso como matéria-prima; Larvas de <i>Hermetia illucens</i> são autorizados para aves.
Coreia do Norte	Ministério da Agricultura, Alimentação	Não presente	Proibido.
Coreia do Sul	Ministério da Agricultura, Alimentação	Não presente	Não requer autorização.
China	-	Não presente	Não requer autorização.

¹SIPE: Sistema de Registro de Produtos e Estabelecimentos; EFSA: European Food Safety Authority; FDA: Federal Food and Drug Administration; CFIA: Canadian Food Inspection Agency; ²FFDCA: Federal Food, Drug, and Cosmetic Act; FAFR: Food Act and Feeds Regulation.
Fonte: Adaptado de Sogari (2019).

De acordo com a Plataforma Internacional de Insetos para Alimentos e Rações (IPIFF), a indústria de insetos ainda terá que enfrentar alguns desafios para atingir todo o seu potencial (IPIFF, 2018). Destaca-se que, a indústria de insetos precisará aumentar consideravelmente a escala de produção, visto que o preço dos insetos ainda não é competitivo o suficiente. Além disso, os volumes de produção de farinha de peixe e farelo de soja são milhares de vezes maior que o produtos obtidos de insetos (USDA, 2020). Portanto, aumentando a escala de produção, os produtores poderão aumentar a competitividade dos preços e a estabilidade de seus produtos em comparação com outras fontes de proteína (SOGARI et al., 2019).

Ainda é necessário analisar o impacto econômico da inclusão de insetos e seus subprodutos na alimentação animal. As análises de custo-benefício devem ser realizadas regularmente para investigar como esses ingredientes alternativos podem influenciar os custos gerais de produção. Além disso, a utilização prática dos subprodutos de insetos na ração deverá ser levados em consideração, uma vez que o uso de insetos como aditivos alimentares para modular e melhorar a saúde intestinal dos animais de produção também vem sendo estudados (SOGARI et al., 2019).

Outro ponto que deve ser levado em consideração é a aceitabilidade do consumidor. Poucos estudos realizados com consumidores até o momento sugerem que a aceitação não será uma barreira para o desenvolvimento da indústria de insetos na alimentação animal (SIEGRIST, 2008; VAN DIJK et al., 2015). No entanto, será interessante entender se o uso de uma fonte de alimentação pode aumentar a demanda de produtos de origem animal, e a aceitabilidade em geral sob o ponto de vista sensorial (SOGARI et al., 2019).

3.6 Análise econômica de dietas na produção de aves

O mercado mundial de frango de corte produziu, em 2019, 95 milhões de toneladas de carne (ABPA, 2019), sendo o Brasil responsável por 14% dessa produção. O rápido desenvolvimento da cadeia de carnes aumentou a competitividade no mercado interno e externo, exigindo ainda mais a aplicação de tecnologias avançadas e de gestão econômica para viabilizar a produção.

Em termos econômicos, a tecnologia mais avançada não necessariamente proporciona o maior retorno lucrativo: o desempenho zootécnico, os preços de ingredientes e a variação de mercado são determinantes da viabilidade econômica na produção (GAMEIRO, 2009). Devido à importância da nutrição tanto para desenvolvimento fisiológico do animal quanto para o desempenho produtivo, é essencial considerar os custos de alimentação no processo de eficiência produtiva.

A alimentação é o principal componente do custo de produção e representa até 71% dos custos totais (CIAS, 2020). As fortes oscilações nos preços de ingredientes, geralmente relacionado à sazonalidade e ao mercado internacional, na maioria das vezes, induz na redução da especificação de nutrientes, a fim de minimizar o custo da ração (WALLER, 2007). No entanto, essa prática não é favorável ao sistema produtivo, principalmente por comprometer o desempenho técnico. Desse modo, recomenda-se avaliar o impacto da variação de preço dos ingredientes na margem bruta, a fim de equilibrar a redução no custo de alimentação com a lucratividade na produção (WALLER, 2007).

Economicamente, o comportamento histórico dos preços dos insumos em um determinado tempo são relevantes para determinar a viabilidade econômica (GAMEIRO, 2009). Para obter preços históricos representativos, sugere-se utilizar o preço mensal desses produtos no período de 5 anos. Os preços nominais devem ser corrigidos sob o efeito da inflação.

Na produção de frangos de corte a margem bruta, expressa de modo mais simples, é dada pela receita obtida menos os custos para produzir o produto final, que pode ser o frango vivo, as carcaças inteiras evisceradas, produtos de carne em porções ou produtos processados com valor agregado (WALLER, 2007). Em geral, o custo da ração ou da dieta (CD) é calculado como sendo o somatório dos produtos entre as quantidades de todos os seus ingredientes (QG) e seus respectivos preços (PQ), dada a seguinte fórmula: $CD = \sum(QG \times PQ)$. As quantidades dos ingredientes são previamente definidas na formulação rações. De acordo com Gameiro (2009), o cálculo de margem bruta de comercialização é realizado considerando os preços médios deflacionados.

Na análise econômica as simulações são muito importantes. Ainda de acordo com o Gameiro (2009), as simulações são um processo de construção de modelos simplificados que representem o sistema produtivo em sua realidade, sendo úteis por

reproduzir cenários em diferentes condições, além de permitir, em alguns casos, a obtenção de valores ótimos sendo ferramentas úteis na tomada de decisão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo, de natureza aplicada, com objetivo exploratório, abordou o problema de forma qualitativa e quantitativa, por meio de pesquisa simulatória, utilizando-se como instrumento observações de campo agregado a testes nesses dados baseados. A análise dos dados foi concretizada com base nos conteúdos tabulados e simulados.

Descrição do banco de dados experimental

Os dados utilizados para a realização da viabilidade econômica deste estudo foram obtidos a partir de experimento desenvolvido no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, na Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil, aprovado em 19 de dezembro de 2017, pela Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA), sob número de protocolo 2017.5.2568.11.5. O conjunto de dados foi obtido do desempenho produtivo de frangos de corte, de experimento dose-resposta para avaliar a inclusão de diferentes níveis da farinha do inseto *Tenebrio molitor*, no período de 1 a 35 dias de criação (dados não publicados). O período experimental de 35 dias foi determinado pela disponibilidade da farinha tenébrio que no momento da execução do estudo era ainda limitado no Brasil.

Foram utilizados 480 frangos de corte de linhagem comercial Ross AP95, machos, de um dia de idade alojados em galpão convencional. Adotou-se quatro tratamentos distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com seis repetições de 20 aves cada (10 aves/m²), totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em três diferentes níveis de inclusão de farinha de larva de tenébrio (4%, 8% e 12%,) comparados à dieta controle sem inclusão de farinha de insetos. As rações experimentais foram formuladas, isonutritiva, à base de milho e soja, seguindo as exigências nutricionais de Rostagno et al. (2017) dentro do seguinte programa nutricional: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias) e crescimento (22 a 35 dias). A composição nutricional e os valores calculados das rações, assim como os dados de desempenho produtivo estão apresentados no Apêndice deste trabalho.

Análise econômica

Para analisar a viabilidade econômica da utilização da farinha de insetos na ração de frangos de corte foram considerados os preços do milho e do farelo de soja

obtidos da média histórica de cinco anos (dos meses de fevereiro de 2015 até fevereiro de 2020) de acordo com o Instituto de Economia Agrícola IEA e o CEPEA (2020), e o preço pago pelo frango vivo obtido pelo JOX Assessoria Agropecuária (2020). Foi realizado um levantamento de preços dos últimos cinco anos, também entre fevereiro de 2015 até fevereiro de 2020, com agroindústrias no estado de São Paulo, representando aproximadamente 50% da produção de frangos do estado, para calcário calcítico, sal comum, fosfato bicálcico, aminoácidos e os suplementos minerais e vitamínicos para frangos de corte nas diferentes fases de produção.

Todos os preços foram deflacionados utilizando os valores do Índice Geral de Preços – disponibilidade interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas/FGV referente ao mês de fevereiro de 2020 (Tabela 1), de acordo com a fórmula:

$$PQ_{\text{corrigido}} = PQ_{\text{nominal}} \times \frac{IGPDI_{\text{fev}/20}}{IGPDI_t} \quad (1)$$

sendo $PQ_{\text{corrigido}}$: o preço real do ingrediente no mês t , corrigido para o mês de fevereiro de 2020; PQ_{nominal} : o preço do ingrediente no mês; $IGPDI_{\text{fev}/20}$ índice para o mês de fevereiro de 2020, e o $IGPDI_t$ o índice para o mês t .

Tabela 2- Preços corrigidos dos ingredientes da ração para o mês de fevereiro de 2020, utilizando o índice IGP-DI/FGV

Ingredientes	Preço (R\$/kg)
Milho, moído ¹	0,61
Soja, farelo ¹	1,70
Tenébrio, farinha ²	135,00
Fosfato Bicálcico ²	2,40
Calcário Calcítico ²	0,20
Soja, óleo ²	3,26
Sal Comum ²	0,63
DL-Metionina ²	11,70
L-lisina HCL 77% ²	2,85
Suplemento Vitamínico Pré-Inicial e Inicial	16,16
Suplemento Vitamínico Crescimento ²	9,10
Suplemento Mineral Pré-Inicial e Inicial ²	6,22
Suplemento Mineral Crescimento ²	4,55
Cloreto Colina 70% ²	5,92
Salinomicina 12% ²	12,00
L-Treonina ²	7,90
Frango vivo ³	3,24

Fonte: ¹IEA; ²Levantamento de preços com fornecedores da região de São Paulo no primeiro trimestre de 2020; ³Jox Assessoria 2020;

Os custos da ração (CD) para cada fase de produção (pré-inicial, inicial e crescimento) foram calculados pela soma do produto entre as quantidades dos ingredientes da ração (QG), definido no momento da formulação das rações, e seus respectivos preços (PG):

$$CD = \sum(PG \times QG) \quad (2)$$

O custo total da dieta foi calculado considerando o custo da ração e o consumo de ração em cada fase alimentar, de 1 a 35 dias de idade do frango de corte.

Para determinar os indicadores de viabilidade econômica foram considerados as variáveis: peso corporal final (kg); consumo de ração/ave/fase (kg); preço pago pelo frango vivo (R\$/kg) e o preço da ração/fase (R\$/kg). Baseado nessas variáveis, calculou-se a receita bruta (RB) por ave:

$$RB_i = PF_i \times PP_i \quad (3)$$

onde PF_i representa o peso final do frango (kg) no período acumulado de 35 dias; PP_i o preço pago pelo frango vivo (R\$/kg) i ;

A margem bruta (MB_i) de comercialização foi calculada de acordo com GAMEIRO (2009); CIAS (2020), utilizando o seguinte cálculo:

$$MB_i = RB_i - (CD_i/0,7) \quad (4)$$

onde RB_i representa a receita bruta e CD_i o custo da ração (R\$/kg). Para estimar o custo de produção do frango de corte (CP_i), considerou-se que a alimentação representa 70% do custo total de produção (CIAS, 2020).

O custo-benefício (CB) foi determinado considerando o cálculo proposto por Chia et al. (2019b), sendo:

$$CB_i = \frac{RB_i}{CP_i} \quad (5)$$

Em (R\$/kg), onde RB_i representa a receita bruta e CP_i o custo de produção, que nesse estudo foi considerado como CD_i (Custo da Dieta), sendo 70% do custo total de produção (CIAS, 2020):

$$CP_i = (CD_i/0,7)$$

Para calcular o preço viável da farinha de tenébrio e as simulações propostas neste estudo, foi elaborada uma planilha de otimização com auxílio da ferramenta *Solver* do *Microsoft Excel*[®] (Microsoft Corp., Redmond, WA). Para isso, os custos dos ingredientes e do frango vivo foram inseridos, assim como, os dados de consumo de ração e peso corporal e, posteriormente, foi calculado o preço da farinha de tenébrio para diferentes cenários.

Os dados obtidos do experimento de desempenho produtivo realizado a campo foram considerados para dimensionamento do volume da farinha de inseto necessária para atender o mercado potencial de deste ingrediente para frangos. Para esse cálculo considerou-se o volume de frango abatido sob inspeção federal (SIF), divulgados pelo Ministério da Saúde Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020), multiplicado pelo volume de ração consumida pelos frangos, no grupo com 4% de inclusão de farinha de inseto, o qual apresentou resultados zootécnicos que justificam o uso desse ingrediente alternativo. Seguindo-se o seguinte cálculo:

$$FI = VF \times \Sigma CR \quad (6)$$

onde FI representa a quantidade de farinha de insetos (kg); VF volume total de frangos abatidos e ΣCR o consumo de ração total (kg) no período de 35 dias de criação (extrapolados dos resultados experimentais obtidos com a inclusão de 4% de farinha de inseto).

A partir desses dados calculou-se o volume da larva do inseto *Tenebrio molitor* necessária para produzir a farinha de insetos que atenderia o mercado, considerando o rendimento de 30% de matéria seca do inseto para produção de farinha e peso médio dos tenébrios de 145 mg (MAKKAR et al., 2014b).

5 RESULTADOS

Houve um aumento do custo total da dieta (CDT) à medida que se aumentava a inclusão da farinha de insetos nos grupos teste, o que conseqüentemente provocou redução da margem bruta do frango (MB) (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise econômica da inclusão de farinha do inseto tenébrio em dietas de frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade

Variáveis ¹	Inclusão da Farinha de Inseto ²				p-valor*
	0%	4%	8%	12%	
Custo médio da ração (R\$/kg), CD	1,43	6,70	11,98	16,95	-
Consumo total de ração (kg/ave), CR	3,482	3,619	3,536	3,547	0,431
Custo da alimentação (R\$/ave), CF	4,89	24,09	42,18	60,78	-
Peso vivo (kg/ave), PV	2,637b	2,791a	2,649b	2,668b	0,069
Receita Bruta (R\$), RB	8,55	9,05	8,59	8,65	-
Margem Bruta (R\$), MB	1,56	-25,37	-51,67	-78,18	-
Relação custo-benefício (R\$), CB	1,75	0,38	0,20	0,14	

¹CD (R\$/kg) média dos custos da rações das três fases de criação; Preço da farinha de inseto (R\$/kg) = 135,00; Preço do frango vivo, PFV (R\$/kg) = 3,24; CF = CR x CD; RB = PV x PFV; MB = RB - (CD/0,70), considerou a participação de 70% dos custos com nutrição (CIAS, 2020); CB = RB/CP (CHIA et al., 2019b). CR, PV são expressos pela somatória média de cada tratamento de 20 aves/box nas fases pré-inicial, inicial e crescimento;

²Níveis de inclusão da farinha de insetos (*Tenebrio molitor*) na dieta: 0% (controle), 4%, 8%, e 12%.

*ANOVA, Twoway e pelo teste de Tukey com $P < 0,10$;

(-) valores não calculados.

Nessa análise, assumiu-se que os custos dos ingredientes e a venda do frango vivo foram as únicas fontes de custos e lucros, respectivamente, por isso, considerou-se o custo da dieta (CD) como sendo 70% do custo total de produção. Além disso, para os cálculos utilizou-se os dados de desempenho produtivo do período de 1 a 35 dias como o consumo de ração e o ganho de peso corporal.

O resultado da análise econômica revelou maior margem bruta para o tratamento que não recebeu a inclusão da farinha de inseto. Com os resultados obtidos observou-se que o custo da ração diminuiu 93%, 97% e 98% a margem bruta dos grupos 4, 8 e 12% de inclusão respectivamente em relação ao grupo controle, com 0% de inclusão da farinha de insetos.

Embora a relação custo-benefício de 0,38 indique que a inclusão de 4% da farinha de inseto possa ser mais interessante economicamente, quando comparada às inclusões de 8 e 12%, a margem bruta é negativa, devido ao custo de R\$ 135,00/Kg da farinha de inseto. A relação entre a receita e o custo de produção representam o custo-benefício, e o valor superior a 1 (um) sugere que os benefícios da produção excederam o valor dos custos e vice-versa (CHIA et al., 2019a). Ainda assim, esses

resultados indicam a necessidade de estudar a viabilidade econômica da farinha de inseto na ração de aves.

Com o propósito de ilustrar a viabilidade econômica do uso da farinha de insetos nas rações de frangos de corte, utilizando a planilha de otimização, foram propostos diferentes cenários para simular o preço viável da farinha de inseto, a princípio para dois cenários diferentes (Tabela 3), sendo:

- *Cenário I:* Considerou-se a margem bruta de R\$ 1,56/ave, obtido do tratamento controle, sem inclusão da farinha de inseto, e determinou-se o valor viável da farinha de inseto para todos os três níveis de inclusão (planilha de otimização com auxílio da ferramenta *Solver* do *Microsof Excel*[®] (Microsoft Corp., Redmond, WA);
- *Cenário II:* Considerou-se o preço obtido da farinha de inseto de R\$ 4,53/kg (obtido da simulação do Cenário I) e determinou-se a viabilidade econômica para todos os três níveis de inclusão (planilha de otimização com auxílio da ferramenta *Solver* do *Microsof Excel*[®] (Microsoft Corp., Redmond, WA).

Tabela 4 - Viabilidade econômica da farinha de inseto *Tenebrio molitor* em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade

Variáveis ¹	Cenário I			Cenário II		
	Inclusão da farinha de Inseto ²					
	4%	8%	12%	4%	8%	12%
Farinha de inseto (R\$/kg)	4,53	2,80	3,65	4,53	4,53	4,53
Custo de alimentação (R\$/ave), CF	5,24	4,92	4,96	5,24	4,92	4,96
Receita Bruta (R\$), RB	9,05	8,59	8,65	9,05	8,59	8,65
Margem Bruta (R\$), MB	1,56	1,56	1,56	1,56	0,86	1,02
Relação custo-benefício (R\$), CB	1,73	1,75	1,74	1,73	1,59	1,62

Cenários I: valor viável da farinha de inseto quando a MB é igual a R\$ 1,56/ave; *Cenário II:* viabilidade econômica, quando o valor da farinha de inseto é R\$ 4,53/kg (planilha de otimização com auxílio da ferramenta *Solver* do *Microsof Excel*[®] (Microsoft Corp., Redmond, WA) para todas as inclusões

¹Preço do frango vivo, PFV (R\$/kg) = 3,24; CF = CR x CD; RB = PV x PFV; MB = RB - (CD/0,70), considerou a variação de 70% dos custos com nutrição (CIAS, 2020); CB = RB/CP (CHIA et al., 2019b).

²Níveis de inclusão da farinha de insetos (*Tenebrio molitor*) na dieta: 0% (controle), 4%, 8%, e 12%.

³CF é o custo total da dieta, RB é receita bruta obtida com venda dos frangos vivos, MB é a margem bruta do frango, CB é o custo-benefício da inclusão da farinha de inseto na dieta dos frangos.

Com base nas otimizações do cenário I, para atender às especificações da margem bruta de R\$ 1,56/ave, o preço da farinha de inseto teria que diminuir em todos os níveis de inclusão, sendo os preços ótimos encontrados de R\$ 4,53/kg, R\$ 2,80/kg e R\$ 3,65/kg, respectivamente a 4, 8 e 12% de inclusão da farinha. Ainda, quando admitido o preço de R\$ 4,53/kg da farinha de inseto para todos os tratamentos, no cenário II, observou-se redução da margem bruta para os tratamentos 8 e 12%. O preço de R\$ 4,53/kg da farinha de inseto foi considerado devido ao grupo de inclusão

de 4% apresentar melhor desempenho produtivo em relação às demais, uma vez que apresentou ganho de 0,154 kg no peso final a mais em relação ao grupo controle.

Outros cenários foram propostos utilizando como base apenas o nível de 4% de inclusão da farinha de inseto, que obteve o melhor desempenho produtivo (Tabelas 4 e 5). Além disso, foram definidos contextos econômicos para analisar os preços de mercado para o farelo de soja com valores de março de 2020 (Tabela 5). Esse mês foi selecionado em virtude da pandemia mundial COVID-19 que resultou no contraste de preços dos principais ingredientes da ração animal.

- *Cenário 1:* Considerou-se a MB do nível de 4% de inclusão da farinha como sendo 70% de R\$ 1,56/ave (margem bruta da ração sem inclusão da farinha de inseto).
- *Cenário 2:* Considerou-se a MB do nível de 4% de inclusão da farinha como sendo 50% de R\$ 1,56/ave.
- *Cenário 3:* Considerou-se a MB do nível de 4% de inclusão da farinha como sendo 30% de R\$ 1,56/ave.
- *Cenário 4:* Determinou-se o preço da farinha de inseto, alterando o valor do farelo de soja (considerou o mês de março de 2020).
- *Cenário 5:* Determinou-se o preço do farelo de soja para que possa ser substituído por 4% da farinha de inseto considerando o preço R\$ 4,53/kg e mantendo a margem bruta de R\$ 1,56/ave.
- *Cenário 6:* Determinou-se o preço do farelo de soja para que possa ser substituído por 4% da farinha de inseto considerando o preço de R\$ 135,00/kg, mantendo a margem bruta de R\$ 1,56/ave.

Tabela 5 - Simulação de diferentes cenários de margem bruta (R\$/ave) para determinar a viabilidade econômica do custo da farinha de inseto (R\$/Kg) em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade

Cenários ¹	Variáveis ²					
	Farinha inseto R\$/kg	Farelo de soja R\$/kg	CTD R\$/ave	RB R\$/ave	MB R\$/ave	CB
1	7,56	1,70	5,57	9,05	1,09	1,62
2	9,10	1,70	5,79	9,05	0,78	1,56
3	10,63	1,70	6,00	9,05	0,47	1,51

¹Determinou-se no *Cenário 1, 2 e 3:* a margem bruta considerando 30, 50 e 70% de redução de R\$1,56/kg, margem bruta obtida na ração sem inclusão da farinha de inseto, respectivamente; Para a elaboração dos cenários estudados considerou apenas o tratamento com 4% inclusão da farinha de inseto para as simulações propostas.

²Preço do frango vivo, PFV (R\$/kg) = 3,24; CF = CR x CTD; RB = PV x PFV; MB = RB - (CTD/0,70), considerou a variação de 70% dos custos com nutrição (CIAS, 2020); Relação Custo Benefício CB = RB/CP (CHIA et al., 2019b).

³CTD é o custo total da dieta, RB é receita bruta obtida com venda dos frangos vivos, MB é a margem bruta do frango, CB é o custo-benefício da inclusão da farinha de inseto na dieta dos frangos.

Tabela 6 - Simulação de diferentes cenários para determinar a viabilidade econômica do custo da farinha de inseto (R\$/Kg) em dietas de frangos de corte com 35 dias de idade

Cenários ¹	Variáveis ²					
	Farinha inseto R\$/kg	Farelo de soja R\$/kg	CTD R\$/ave	RB R\$/ave	MB R\$/ave	CB
4	5,16	1,87	5,24	9,05	1,56	1,73
5	4,53	1,38	5,52	8,55	1,56	1,73
6	135,00	Não há	128,09	9,05	-173,94	0,07

¹Cenário 4: preço viável da farinha de inseto considerando o preço do farelo de soja no mês de Março de 2020; Cenário 5: o preço mínimo do farelo de soja para substituir 4% de inclusão da farinha de inseto a R\$4,53/kg, considerando a MB de R\$1,56/ave; Cenário 6: o preço do farelo de soja mínimo para substituir 4% de inclusão da farinha de inseto a R\$135,00/kg, considerando a MB de R\$1,56/ave.

Para a elaboração dos cenários estudados considerou apenas o tratamento com 4% inclusão da farinha de inseto para as simulações propostas.

²Preço do frango vivo, PFV (R\$/kg) = 3,24; CF = CR x CD; RB = PV x PFV; MB = RB - (CD/0,70), considerou a variação de 70% dos custos com nutrição (CIAS, 2020); CB = RB/CP (CHIA et al., 2019b).

³CF é o custo total da dieta, RB é receita bruta obtida com venda dos frangos vivos, MB é a margem bruta do frango, CB é o custo-benefício da inclusão da farinha de inseto na dieta dos frangos.

No processo de simulação dos cenários, a fim de atender a especificação proposta de R\$ 1,09/ave de margem bruta no cenário 1, representando 30% de redução da margem bruta obtida sem uso da farinha de insetos, o preço obtido da farinha de inseto como viável foi de R\$ 7,56/Kg, ou R\$ 3,03/Kg a mais que no cenário viável com valor R\$ 4,53/Kg encontrado a 4% de inclusão. Ainda assim, este custo R\$ 7,56 da farinha gera um contexto positivo de custo-benefício. Por outro lado, nos cenários 2 e 3, à medida que se diminui a margem bruta em 50 e 70% (R\$ 0,78/ave e R\$ 0,47/ave respectivamente) o preço viável da farinha de inseto aumentou em R\$ 3,03/Kg, R\$ 4,47/Kg e R\$ 6,00/Kg (entre os cenários de redução de margem bruta comparados ao cenário de 4% de inclusão que obteve melhor resultado zootécnico), podendo custar R\$ 9,10/kg no cenário 2 e R\$ 10,63/kg no cenário 3. Nas duas condições o custo-benefício indicam que a utilização da farinha de insetos é desfavorável (abaixo de 1).

No cenário 4, para a margem bruta R\$ 1,56/ave, com preço de farelo de soja R\$ 1,87/Kg, afetado pelas condições da Pandemia do COVID-19 em março de 2020, o preço viável da farinha de inseto foi de 5,16 R\$/kg. A análise do cenário 5 mostra que o custo mínimo do farelo de soja, para que possa ser substituído em 4% pela farinha de inseto, obtendo-se margem bruta de R\$ 1,56/ave, deve ser R\$1,38/Kg. Esse cenário apresenta melhor custo-benefício, sendo viável economicamente a inclusão da farinha de inseto. Entretanto, quando o preço da farinha de inseto é

alterado para R\$ 135,00/Kg o custo do farelo de soja para substituir 4% da ração torna-se impraticável. Além disso, com farinha de insetos a altos custos, a margem bruta por Kg de peso vivo do frango é afetada negativamente ($MB = - R\$ 173,94/ave$).

Determinou-se que o preço pago pelo frango vivo para margem bruta igual R\$ 1,56/ave, como a do grupo controle, deve ser de R\$ 13,05/kg e quando a margem bruta igual a zero, o preço pago pelo frango vivo deverá ser de no mínimo R\$ 13,64/kg. Nas duas condições considerou-se o preço real de R\$ 135,00/kg da farinha de inseto (Tabela 7).

Tabela 7 - Simulação do preço viável do frango vivo (R\$/Kg Peso Vivo Frango) considerando a margem bruta R\$/ave ($MB = RB - (CD/0,7)$) igual ao grupo controle R\$ 1,56/ave, no cenário 7 e igual a zero no cenário 8 e o preço de R\$135,00/kg da farinha de inseto.

Cenários ¹	<i>Variáveis²</i>				
	Preço Frango Vivo	Custo total de ração (CR)	Peso vivo (PV)	Receita Bruta (RB)	Margem Bruta (MB)
	R\$/kg	R\$/ave	Kg/ave	R\$/ave	R\$/ave
7	13,05	24,09	2,640	34,41	0,00
8	13,64	24,09	2,640	35,97	1,56

¹Cenário 7 considera a $MB = 0$; Cenário 8 considera a $MB = 1,56$

² $RB = PV \times PFV$; $MB = RB - (CD/0,70)$, considerou a variação de 70% dos custos com nutrição (CIAS, 2020).

Os dados apresentados na Tabela 8 foram utilizados para o dimensionamento da quantidade de farinha de inseto necessário para atender o mercado de produção de frangos no Estado de São Paulo (Tabela 9). O Estado de São Paulo foi determinado como referência por ser o local de realização do estudo experimental a campo.

Tabela 8 - Consumo de farinha de inseto por ave, obtidos no experimento prévio (kg/ave) considerando o período de criação de 1 a 35 dias de idade.

<i>Variáveis¹</i>	
Consumo de ração total, kg CR	3,612
Peso corporal, kg PC	2,743
Taxa de Conversão alimentar, CA	1,316
Consumo da farinha de inseto/ave/período, kg CFI	0,144

¹ CR, PC e CA dados obtidos dos dados experimentais para inclusão de farinha de inseto a 4%. CFI: obtido dos dados experimentais com 4% de inclusão da farinha de inseto, sendo $CFI = CR \times 0,04$ (kg/ave).

Tabela 9 - Dimensionamento da produção de farinha de inseto para suprir a produção de frangos de corte no estado de São Paulo (SP) e no Brasil (BR), considerando o período de criação de 1 a 35 dias de idade

<i>Variáveis</i> ¹	
Número de frangos abatidos - São Paulo em 2019 ¹	436.976.338
Número de frangos abatidos no Brasil em 2019 ¹	5.291.136.629
Total farinha para número de frangos abatidos em SP a 4% inclusão ² , t	63.126
Total farinha para número de frangos abatidos no BR a 4% inclusão ² , t	764.366
Quantidade de tenébrio para atender mercado de farinha inseto na produção de frangos em São Paulo (t) ³ VT	107.340
Quantidade de tenébrio para atender mercado de farinha inseto na produção de frangos no Brasil (t) ³ VT	1.299.422

¹Dados obtidos da soma dos abates sob Inspeção Federal (SIF) no estado e no país de acordo com Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA, 2020).

²Quantidade de farinha de insetos necessário para atender o mercado considerando inclusão de 4% nas dietas de frangos em toneladas.

³VT - Quantidade de tenébrio necessário para produzir o volume de farinha necessária para atender o mercado SP e Brasil, considerando a inclusão de 4%, calculado considerando 30% da taxa de conversão do inseto em farinha (MAKKAR et al., 2014b).

Por outro lado, a quantidade de tenébrio estimado neste estudo indica significativa redução na quantidade de farelo de soja da ração. Com base no consumo de milho e farelo de soja, nas diferentes fases de desenvolvimento da ave, observou-se que a substituição do farelo de soja pela farinha de insetos pode ser viável na fase inicial e de crescimento. Nota-se redução do consumo de farelo de soja em 40 g na fase inicial e 10 g na fase de crescimento por ave. (Tabela 10).

Tabela 10 - Consumo total de ingredientes por fase de crescimento do frango

<i>Variáveis</i> ¹	<i>Consumo total por ingrediente (kg)</i>					
	0% Farinha de tenébrio			4% Farinha de tenébrio		
	Pré- Inicial	Inicial	Crescimento	Pré- Inicial	Inicial	Crescimento
Milho, kg	0,056	0,481	1,095	0,060	0,535	1,119
Farelo Soja, kg	0,062	0,485	0,935	0,055	0,449	0,927
Farinha Inseto, kg	0,000	0,000	0,000	0,005	0,045	0,094

Fases de crescimento do frango: pré-inicial (1-7 dias); inicial (8-21 dias) e crescimento (22 a 35 dias);

¹Ingrediente/ave/fase de desenvolvimento.

A redução no consumo de 50 g/ave em farelo de soja permite extrapolar pelos mesmos volumes de frango abatidos em São Paulo e no Brasil na alimentação de frangos até 35 dias (Tabela 9). A quantidade de farelo de soja que poderia ser economizado com a utilização da farinha de tenébrio na ração de frangos de corte a 4% de inclusão, foi estimado em 63.129 toneladas para produção de São Paulo e 764.366 toneladas para produção brasileira, representando 0,8% do total da produção da safra 2019/2020 (126 milhões de toneladas) (Tabela 11).

Tabela 11 - Volume estimado de redução do farelo de soja considerando a inclusão de 4% de farinha de inseto em rações de frangos de corte até 35 dias de idade

<i>Variáveis</i> ¹	<i>Valores</i>
Redução no consumo de farelo de soja ¹ , kg	0,050
Quantidade estimada da redução de farelo de soja no estado de São Paulo em 2019 ² , t	22.129
Quantidade estimada da redução de farelo de soja no Brasil em 2019 ² , t	267.950

¹Valores experimentais obtidos da tabela 9, para os cálculos considerou apenas o tratamento com 4% de inclusão da farinha de tenébrio.

²Redução no consumo de farelo de soja estimado para o número de aves abatidas em 2019 (MAPA, 2020).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo é um dos primeiros a tratar da viabilidade econômica da utilização de farinha de tenébrio em ração de frangos de corte no Brasil. Devido ao alto teor de proteína, lipídios e minerais das larvas de tenébrio (BALLITOC; SUN, 2013; GHALY; ALKOAİK, 2009), diferentes estudos têm registrado com sucesso a utilização e a aceitabilidade da farinha de tenébrio sob o desempenho produtivo para aves (BENZERTIHA et al., 2020; BOVERA et al., 2016; CHIA et al., 2019; KHAN, 2018). Entretanto, poucos estudos têm abordado a eficiência econômica da utilização do *Tenebrio molitor* (CHIA et al., 2019a; ONSONGO et al., 2018).

A rentabilidade no agronegócio é um dos indicadores mais importantes e é utilizada para avaliar a capacidade da produção máxima com o mínimo de insumos (SHARAFAT et al., 2020). A escolha da margem bruta para análise econômica deste estudo é decorrente de não terem sido considerados nos cálculos os custos de processamento (fabricação da ração, mistura, transporte, entre outros). Entretanto, nesse modelo de comparação, estes não interferem nos resultados, visto que são iguais em todos os tratamentos dietéticos.

Sob uma perspectiva econômica, o preço da farinha de tenébrio nas rações experimentais mostrou que o custo original de R\$ 135,00/kg, mesmo com aumento no ganho de peso observado, torna-se impraticável sua utilização na produção de frangos (Tabela 2). Embora o cálculo de custo-benefício indique vantagem com a inclusão de 4% da farinha, a margem bruta é negativa o que pode levar a interpretações tendenciosas. Esse fato apoiou a necessidade de investigar mais detalhadamente o preço viável da farinha de tenébrio e por isso abordado neste estudo.

Ao contrário do que foi observado neste estudo, em revisão Khan et al. (2016) destacaram que os custos da ração dos frangos de corte podem ser reduzidos com o uso da farinha de insetos. Em estudo com frangos de corte, Onsongo et al. (2018),

observaram redução no custo da ração ao substituírem o farelo de soja e farinha de peixes por farinha de BSF em rações iniciais e de crescimento. Os autores observaram que, à medida que a inclusão da farinha de insetos aumentou o custo da ração diminuiu, em virtude dos custos do farelo de soja e da farinha de peixes. Ao avaliarem diferentes inclusões de farinha de BSF em substituição à farinha de peixe nas rações de suínos em fase de crescimento, Chia et al. (2019) não observaram diferença no custo das rações e no custo-benefício, indicando o uso da farinha de BSF sob uma perspectiva econômica.

A otimização econômica demonstrou que o custo máximo viável da farinha de tenébrio deveria ser de R\$ 4,53/kg, considerando para resultar na mesma margem bruta original de R\$ 1,56/ave. À medida que o nível de inclusão aumenta, o preço da farinha precisa diminuir para tornar-se lucrativo. Essa condição é sustentada no cenário 2, onde o preço da farinha é fixado em R\$ 4,53/kg. Observou-se que a margem bruta diminuiu com aumento da inclusão da farinha (Tabela 3). Esse comportamento também é visível nos cenários 1, 2, e 3 propostos (Tabela 4), nos quais o preço da farinha de tenébrio tem maior flexibilidade de variação e aumenta à medida que a margem bruta diminui em 70, 50 e 30% respectivamente.

Uma vantagem importante das larvas de tenébrio que pode ser destacada é o seu uso como aditivo nutricional para frangos de corte. Ballitoc e Sun (2013) pontuaram que a adição de tenébrio em rações pode sugerir maior palatabilidade da ração, refletindo o comportamento inato de aves em ambiente natural. Por outro lado, em estudo com diferentes níveis de gordura dietéticas para frangos de corte, provenientes de insetos adicionados a 0,2% e 0,3% *on top*, Berzentiha et al. (2020), observaram aumento dos níveis de IgY e IgM e dos valores de IL-2 e TNF- α , demonstrando tendências de atuação imunomodulatórias no organismo das aves.

A utilização da farinha de insetos como ingrediente proteico e energético na ração animal, devido ao alto teor de proteína bruta e ácidos graxos saturados e monosaturados (VELDKAMP et al., 2012b), representa uma considerável alternativa à farinha de peixe e ao farelo de soja em fórmulas de ração. Nesse sentido, o estudo determinou que o preço viável do farelo de soja deve ser de R\$ 1,38 /kg para substituir 4% da farinha de tenébrio e obter a margem bruta de R\$ 1,56/ave, como visto no cenário 5. Por outro lado, se considerado o preço da farinha de tenébrio a R\$ 135,00/Kg observa que a otimização do preço do farelo de soja é impraticável dentro das condições normais (Tabela 4), podendo ser aplicável apenas caso o preço pago

pelo frango vivo seja superior a R\$ 13,05/Kg (Tabela 7), como é o caso de produtos especiais no mercado, vendidos como “premium”.

Para atender um nível significativo de substituição do farelo de soja pela farinha de insetos na alimentação animal, é necessário alta produção de larvas insetos para o processamento da farinha. Isso só pode ser alcançado pelo estabelecimento de criações em larga escala, como ocorre na Europa e Estados Unidos, por exemplo, com as empresas como Kreca (Holanda), Ynsect (França), Protix Biosystems (Holanda), AgriProtein (África do Sul), Enviroflight (Estados Unidos), Bioflytech (Espanha), Entomotech (Espanha) e Entogreen (Portugal), que se dedicam à nutrição animal e humana. Embora no Brasil ainda não exista a produção industrial de insetos destinados à alimentação animal é observado seu desenvolvimento nos últimos anos, sendo já existente a Associação Brasileira dos Criadores de Insetos (ASBRACIS) para auxiliar nos processos de legislação, podendo partir até mesmo em um futuro para gestão tecnológica e de custos dos processos fabris de acordo às demandas junto aos associados.

O custo de produção da farinha de insetos, em comparação com fontes convencionais de proteínas, como o farelo de soja, pode ser menor (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). Os parâmetros econômicos na produção de larvas de insetos para o processamento da farinha incluem capacidade de produção em escala comercial, alta eficiência de conversão e uso de resíduos orgânicos como fonte de substrato para os insetos (RAMOS-ELORDUY et al., 2002).

A produção de insetos nos resíduos gerados pela própria produção avícola, traz benefícios ambientais para o setor permitindo a redução de até 58% do volume de resíduos (HWANGBO et al., 2009) e a redução de 50% nitrogênio e 70% de fósforo (MYERS et al., 2008), bem como a redução de resíduos devido a restrição de crescimento bacteriano (VAN HUIS et al., 2013). Desse modo, os insetos possuem a capacidade de ajudar a fechar os ciclos de nutrientes à medida que reduzem a poluição e custos de gerenciamento de resíduos orgânicos.

Além disso, alguns estudos demonstraram que os insetos têm capacidade de reduzir a contaminação microbiana durante a conversão de resíduos, por exemplo, *Escherichia coli* reduzidas no esterco leiteiro (LIU et al., 2008) e *Salmonella enterica* serovar Enteritidis reduzidas no esterco de aves (ERICKSON et al., 2004). Os tenébrions quando alimentados com trigo altamente contaminados por micotoxinas do tipo deoxinivalenol (0,2 ppm até 12 ppm) não apresentaram qualquer resíduo em seu

conteúdo cecal, demonstrando-se ser alimento seguro para animais de produção como frangos e atuando como potencial detoxificante desse contaminante nos grãos (SANABIA et al., 2017).

É, portanto, concebível que a criação de insetos provavelmente fará parte de um novo sistema da produção animal. Será possível nos próximos anos, construir pequenas e eficazes propriedades de insetos com alta taxa volumétrica de produção. A sua produção requer menos energia de processamento e menos espaço para serem criados de maneira verticalizada em gavetas (GHALY; ALKOAİK, 2009). Além disso, os insetos auxiliam na produção sustentável por meio da gestão de resíduos orgânicos e possibilita a produção e comercialização de fertilizantes orgânicos que poderiam melhorar a qualidade e produtividade do solo.

Pode-se destacar também outras aplicações para a farinha de insetos como o uso em dietas de animais de companhia, como cães e gatos ou aves silvestres e ornamentais que, nesse caso, possivelmente podem viabilizar o mercado da farinha de insetos, como ingrediente da ração, ao custo de R\$ 135,00/Kg. Isso porque essas espécies, quando comparada aos animais de produção, não requerem otimização de produtividade e não necessitam dar lucro a seus tutores (VAN HOUIS, 2020). O mesmo autor ressalta, que tem crescido o número de consumidores que levam em conta alimentos sustentáveis e suas mais variadas formas de “orgânicos” e “premium”, justificando ainda a aceitação e viabilização da farinha no mercado pet.

Embora os estudos sejam promissores, os estudos sobre o *Tenébrio molitor* ainda são escassos no Brasil e, portanto, são necessários mais trabalhos para promover sua criação e comercialização a fim de atingir todo o potencial de seu uso como ingrediente/aditivo em rações para frangos de corte. Os presentes resultados indicam um potencial real para o estabelecimento de novas oportunidades para produção de insetos em massa aplicado a alimentação animal e com isso gerar renda, criar empregos e aliviar a carga atual sobre o meio ambiente, enquanto fornece fonte de proteína alternativa para aves que são produzidas amplamente no mundo.

7 CONCLUSÕES

Como parte do resultado deste trabalho foi desenvolvida a planilha “Simulador de Viabilidade Econômica de Ingredientes/Aditivos para Frangos de Corte” do Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal da Universidade de São Paulo – SVEIA Frangos LAE USP. O método de simulação e otimização é relativamente simples e prático de aplicação. No estudo a ferramenta foi utilizada de forma a exemplificar a viabilidade do uso da farinha de tenébrio avaliando o comportamento das diferentes condições de mercado, a fim de atender as demandas simuladas com base nos custos alimentares e na margem bruta do frango.

A viabilidade econômica da farinha de insetos ocorreu quando o custo da farinha de inseto foi de R\$ 4,53/kg para inclusão de 4%, que dos grupos testados previamente, sob as condições consideradas, foi o que obteve melhor desempenho zootécnico. Assim, concluiu-se que a farinha dos insetos não é apenas um componente valioso para alimentação sob perspectiva de desempenho produtivo, mas também é possível sob o aspecto econômico.

A utilização da farinha de insetos também indicou resultados positivos na redução do farelo de soja como ingrediente na alimentação animal, contribuindo com os objetivos do desenvolvimento sustentável que visam otimizar recursos ambientais para melhor alimentar a população. Isso apoia a necessidade de investigar mais detalhadamente as perspectivas econômica da utilização do tenébrio na formulação de ração para aves e programas de alimentação em larga escala de aplicação e sob outros contextos, como aplicando-a como conceito de aditivo alimentar.

Com esse estudo ainda se determinou que o uso da farinha de inseto a 4% possibilitará a economia aproximada de 267.950 toneladas de farelo de soja anualmente para uso na alimentação de frangos de corte até 35 dias de idade no Brasil, sendo necessárias 760.751 toneladas de farinha de inseto.

Como pesquisa futura, sugere-se a aplicação das novas variáveis influentes na produtividade do mercado de frango de corte, tais como taxas de mortalidade específicas, análise da demanda real, preços praticados no mercado interno e externo. Sugere-se também estudo específico para os preços e custos praticados aos produtores integrados, analisando a viabilidade econômica de cada nível tecnológico em diferentes regiões do Brasil, bem como aplicações em níveis inferiores a 4% de inclusão e sua viabilidade de inclusão como aditivo alimentar.

REFERÊNCIAS

- ABPA. **Relatório Anual 2019**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2019/08/Relatório-Anual-2019.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- AGUILAR-MIRANDA, E. D. et al. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 1, p. 192–195, jan. 2002. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf010691y>>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B. **Insects as an Alternative Protein Source**. Second Edition. [s.l.] Elsevier Ltd., 2018.
- BALLITOC, D. A.; SUN, S. GROUND YELLOW MEALWORMS (*Tenebrio molitor* L.) FEED SUPPLEMENTATION IMPROVES GROWTH PERFORMANCE AND CARCASS YIELD CHARACTERISTICS IN BROILERS. **Open Science Repository Agriculture**, 2013. Disponível em: <<http://www.open-science-repository.com/agriculture-24050425.html>>. Acesso em: 1 jun. 2020.
- BARRAGAN-FONSECA, K. B.; DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 3, n. 2, p. 105–120, 2017.
- BENZERTIHA, A. et al. Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition. **Animals**, v. 9, n. 3, p. 116, 25 mar. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/3/116>>.
- BENZERTIHA, A. et al. *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 196–206, 2020.
- BIASATO, I. et al. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 6, p. 1104–1112, 1 dez. 2016.
- BIASATO, I. et al. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. **Poultry Science**, v. 97, n. 2, p. 540–548, 2018.
- BIASATO, I. et al. Insects for income generation through animal feed: Effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. **Animals**, v. 9, n. 2, p. 1–19, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1716302>>.
- BORRELLO, M. et al. The Seven Challenges for Transitioning into a Bio-based Circular Economy in the Agri-food Sector. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 39–47, 2016.
- BOVERA, F. et al. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. **British Poultry Science**, v. 56, n. 5, p. 569–575, 2015a.
- BOVERA, F. et al. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. **British Poultry Science**, p. 1–7, 15 out. 2015b. Disponível em: <<https://sci->

hub.tw/https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>. Acesso em: 28 abr. 2020.

BOVERA, F. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 639–647, 12 fev. 2016.

BYRNE, J. “Bacteria beats insects and algae hands down,” Nutrinisic CEO talks up new feed protein source from factory wastewater. 2014. Disponível em: <<https://www.feednavigator.com/Article/2014/08/01/Bacteria-beats-insects-and-algae-hands-down-Nutrinisic-CEO-talks-up-new-feed-protein-source-from-factory-wastewater>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

CAPPELLOZZA, S. et al. A First Attempt to Produce Proteins from Insects by Means of a Circular Economy. **Animals**, v. 9, n. 5, p. 278, 24 maio 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/5/278>>.

CHAALALA, S.; LEPLAT, A.; MAKKAR, H. Importance of insects for use as animal feed in low-income countries. In: **Edible Insects in Sustainable Food Systems**. [s.l.] Springer International Publishing, 2018. p. 303–319.

CHIA, S. Y. et al. Effects of waste stream combinations from brewing industry on performance of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). **PeerJ**, v. 2018, n. 11, p. 1–26, 2018.

CHIA, S. Y. et al. Meal on Growth Performance , Blood Profiles and Economics of Growing Pigs in Kenya. **Animals**, v. 9, n. 705, p. 1–19, 2019a.

CHIA, S. Y. et al. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 41, p. 23–30, 2019b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.003>>.

CIAS. **ICP Frango/Embrapa - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpfrango>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

DE MARCO, M. 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**, v. 209, p. 211–218, nov. 2015. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0377840115300043?token=0983AD14539A77AB270BB5EB38BDA304641340F4D77474577854967B1CA16EC7DF73AEC3840A2843034A0B69F8CBB3ED>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

DE SOUZA-VILELA, J.; ANDREW, N. R.; RUHNKE, I. Insect protein in animal nutrition. **Animal Production Science**, v. 59, n. 11, p. 2029–2036, 2019.

DEVIC, E. et al. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 24, n. 1, p. 416–423, 1 fev. 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/anu.12573>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

DICKE, M. Insects as feed and the Sustainable Development Goals. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 4, n. 3, p. 147–156, 2018.

DOBERMANN, D.; SWIFT, J. A.; FIELD, L. M. Opportunities and hurdles of edible

insects for food and feed. **Nutrition Bulletin**, v. 42, n. 4, p. 293–308, 2017.

ERICKSON, M. C. et al. **Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica Serovar Enteritidis in Chicken Manure by Larvae of the Black Soldier Fly** *Journal of Food Protection*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://meridian.allenpress.com/jfp/article-pdf/67/4/685/1673039/0362-028x-67_4_685.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2020.

F. BOVERA, R. LOPONTE, S. MARONO, G. PICCOLO, G. PARISI, V. IACONISI, L. GASCO, A. N. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutri. **Academic.Oup.Com**, v. 94, n. 2, p. 639–647, 2016. Disponível em: <[https://academic.oup.com/jas/article-abstract/94/2/639/4701579%0Ahttps://iris.unito.it/retrieve/handle/2318/1530124/317766/Use of TM meas as protein in broiler %28Bovera et al 2016%29.pdf](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/94/2/639/4701579%0Ahttps://iris.unito.it/retrieve/handle/2318/1530124/317766/Use%20of%20TM%20meas%20as%20protein%20in%20broiler%20Bovera%20et%20al%202016%29.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2020.

FENG, P. et al. Effect of dietary *Tenebrio molitor* protein on growth performance and immunological parameters in *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 511, p. 734247, set. 2019. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S004484861832533X?token=B08352361332AE13F3DFF9A9DEEF45C9D49B604946B8AEBA0E9F2FD986D3936980E00BC8740AD1FE47E934C5777D12D0>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

GAHUKAR, R. T. **Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops**. [s.l.] Elsevier Inc., 2016.

GAMEIRO, A. H. Análise Econômica aplicada à Zootecnia: avanços e desafios. In: **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção Animal**. [s.l.: s.n.]p. 31.

GASCO, L. et al. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 34–45, 1 out. 2016.

GASCO, L.; BIANCAROSA, I.; LILAND, N. S. From waste to feed: a review of recent knowledge on insects as producers of protein and fat for animal feeds. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.003>>.

GERBER, P. J. et al. Nutrient use efficiency: A valuable approach to benchmark the sustainability of nutrient use in global livestock production? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 9, p. 122–130, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.007>>.

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

GRAU, T., VILCINSKAS, A., & JOOP, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. **Zeitschrift Für Naturforschung C**, v. 72 (9-10), p.337–349. 2017.

HENRY, M. et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and

future | Elsevier Enhanced Reader. **Animal Feed Science and Technology**, v. 203, p. 1–22, 2015. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0377840115000802?token=5AE7E44B39E0934EB8B56D0B9ED51A67453A6F98055A92A7D01E982A99DB985C45ECD994C9347BD243C8BC447A86B525>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

HOLMAN, B. W. B.; MALAU-ADULI, A. E. O. *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, n. 4, p. 615–623, ago. 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-0396.2012.01328.x>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

HWANGBO, J. et al. **Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens**. [s.l: s.n.].

IACONISI, V. et al. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). **Aquaculture**, v. 476, p. 49–58, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.007>>.

IPIFF. The European insect sector today: challenges, opportunities and regulatory landscape: IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030. 2018. Disponível em: <http://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/2019IPIFF_VisionPaper_updated.pdf>.

JEZIERNY, D.; MOSENTHIN, R.; BAUER, E. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 157, n. 3–4, p. 111–128, maio 2010. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0377840110000684?token=587D2EDBECAE329F4DB2F9158E63ABBD9CD02C72969E30BCE6624064179254A827CD01CBFB76FD3394CAF6D7607EA49F>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

JÓZEFIAK, A. et al. Improvement of Cecal Commensal Microbiome Following the Insect Additive into Chicken Diet. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 577, 2020.

JÓZEFIAK, D. et al. Insects - A Natural Nutrient Source for Poultry - A Review. **Annals of Animal Science**, v. 16, n. 2, p. 297–313, 2016.

JÓZEFIAK, D.; ENGBERG, R. M. Insects as poultry feed. **20TH European Symposium on Poultry Nutrition**, n. August, p. 24–27, 2015.

KARSTENSEN, J.; PETERS, G. P.; ANDREW, R. M. Attribution of CO₂ emissions from Brazilian deforestation to consumers between 1990 and 2010. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 2, p. 024005, 1 jun. 2013. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024005>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

KHAN, S. et al. Worm meal: A potential source of alternative protein in poultry feed. **World's Poultry Science Journal**, v. 72, n. 1, p. 93–102, 2016.

KHAN, S. H. Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 1144–1157, 2018.

KHEMPAKA, S.; CHITSATCHAPONG, C.; MOLEE, W. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in

broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, n. 1, p. 1–11, mar. 2011. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1056617119311377?token=12AEE5A8D836D2CF0BAD60DFF963CD3FF33FCB8F1CBBBE88B74871914758E7AC805E241B2D612C58F8EA5B9D4A6AE01E>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

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

LIU, Q. et al. Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Reduce *Escherichia coli* in Dairy Manure. **Environmental Entomology**, v. 37, n. 6, p. 1525–1530, 2008.

LOPONTE, R. et al. Growth performance, blood profiles and carcass traits of Barbary partridge (*Alectoris barbara*) fed two different insect larvae meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*). **Research in Veterinary Science**, v. 115, n. December 2016, p. 183–188, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.04.017>>.

MAKKAR, H. P. S. et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, 2014a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>>.

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

MAPA. Relatório de atividades do serviço de inspeção federal. v. 1, n. 2, p. 1–12, 8 maio 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/Relatorio_atividades2_SIF_COVID_08.05.2020_.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2020.

MARONO, S. et al. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science**, v. 96, n. 6, p. 1783–1790, 2017.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. **Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 401–415, 24 abr. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10021-011-9517-8>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

MENEGUZ, M. et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 15, p. 5776–5784, 1 dez. 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.9127>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

MIGLIETTA, P. P. et al. Mealworms for food: A water footprint perspective. **Water (Switzerland)**, v. 7, n. 11, p. 6190–6203, 2015.

MOTTET, A.; TEMPIO, G. Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 2, p. 245–256, 2017.

MWANIKI, Z. N.; KIARIE, E. Standardized ileal digestible amino acids and apparent metabolizable energy content in defatted black soldier fly larvae meal fed to broiler chickens 1. v. 217, n. September 2018, p. 211–217, 2019.

MWANIKI, Z.; NEIJAT, M.; KIARIE, E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn-soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age. **Poultry Science**, v. 97, n. 8, p. 2829–2835, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey118>>.

MYERS, H. M. et al. Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Fed Dairy Manure. **Environmental Entomology**, v. 37, n. 1, p. 11–15, 2008.

MYLONAKIS, E. et al. Diversity, evolution and medical applications of insect antimicrobial peptides. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 371, n. 1695, p. 20150290, 26 maio 2016. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2015.0290>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

OECD-FAO. **OECD-FAO Agricultural 2019-2028.pdf**. Rome: Paris, 2019.

OLDFIELD, T.; WARD, S.; HOLDEN, N. **The “circular economy” applied to the agriculture (livestock production) sector-discussion paper Animal biometrics View project CONSUS (Crop Optimisation through Sensing, Understanding & viSualisation) View project**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/328638161>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

ONSONGO, V. O. et al. Insects for income generation through animal feed: Effect of dietary replacement of soybean and fish meal with black soldier fly meal on broiler growth and economic performance. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 4, p. 1966–1973, 2018.

ODS 2020. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS ONU. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 16 jul 2020.

OONINCX, D. G. A. B.; DE BOER, I. J. M. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - A Life Cycle Assessment. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. 1–5, 2012.

PREMALATHA, M. et al. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 9, p. 4357–4360, dez. 2011. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032111003625?token=0D1D0373FD B445892CD12978C36BBA98A831BE8013DE9D3A4ED2DEF3A3447C8E3924D058 8D1BDC0EA60EBB9ED4272D31>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

RAHNAMAEIAN, M. et al. Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against Gram-negative bacteria. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1806, p. 20150293, 7 maio 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2015.0293>orviahttp://rspb.royalsocietypublishing.org>. Acesso em: 28 abr. 2020.

RAMOS-ELORDUY, J. et al. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 1, p. 214–220, 1 fev. 2002. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jee/article-lookup/doi/10.1603/0022-0493-95.1.214>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

RAMOS-ELORDUY, J. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability.

Entomological Research, v. 39, n. 5, p. 271–288, set. 2009. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para suínos e aves**. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SELALEDI, L.; MBAJIORGU, C. A.; MABELEBELE, M. The use of yellow mealworm (*T. molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 1, p. 7–16, 2020.

SIEGRIST, M. Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, n. 11, p. 603–608, nov. 2008. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0924224408000423?token=26B56D2DF41D7E45ABA31473625BD8CB9B2266D0381C7586088B89B155467A6F635657D19FAF7AD88203A84F45E294CF>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

SISTEMA DE REGISTRO DE PRODUTOS E ESTABELECIMENTOS - SIPE 2000 Disponível em: <<http://mapas.agricultura.gov.br/sipe2000/index3.asp>>. Acesso em: 26 set 2020.

SMETANA, S. et al. Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 741–751, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>>.

SOGARI, G. et al. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 1–15, 2019.

SPRANGERS, T. et al. Nutritional composition of black soldier fly (*L. delphinae*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 97, p. 2594–2600, 2017.

SPRING, P.; SWITZERLAND, B. **The challenge of cost effective poultry and animal nutrition: Optimizing existing and applying novel concepts**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <www.indexmundi.com>. Acesso em: 27 abr. 2020.

ST-HILAIRE, S. et al. Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 2, p. 309–313, 1 jun. 2007. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SYPNIEWSKI, J. et al. Replacement of soybean oil by *Hermetia illucens* fat in turkey nutrition: effect on performance, digestibility, microbial community, immune and physiological status and final product quality. **British Poultry Science**, v. 0, n. 0, p. 1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1716302>>.

TEIGISEROVA, D. A.; HAMELIN, L.; THOMSEN, M. Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. **Science of The Total Environment**, v. 706, p. 136033, mar. 2020. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0048969719360292?token=3900D4DE92EF76DD0F3BDCE518276C7FAAD73372EA7ACB97A1DFAB9FB206CA7845094F694F8DA7DD3EA0C59263BB1DEF>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

USDA. **World Agricultural Production**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 28 abr.

2020.

VAN DIJK, H. et al. Determinants of stakeholders' attitudes towards a new technology: nanotechnology applications for food, water, energy and medicine. 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rjrr20>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

VAN HUIS, A ET AL. **Edible insects. Future prospects for food and feed security.** [s.l: s.n.]v. 171

VAN HUIS, A.; OONINCX, D. G. A. B. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 37, n. 5, 2017.

VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 6, n.1, p. 27-44, 2020.

VAN PASSEL, S. et al. Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency. **Ecological Economics**, v. 62, n. 1, p. 149–161, 1 abr. 2007.

VAN ZANTEN, H. H. E. et al. From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 362–369, set. 2015. Disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615004813?token=0D7E2C2320407C3908951E69DA6619469553C8080ECD8DDD9DA003966DC6BEDC9B46CBF3B3821120F1895E0380303EB9>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

VELDKAMP, T. et al. **Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.livestockresearch.wur.nl>>. Acesso em: 27 abr. 2020a.

VELDKAMP, T. et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets : a feasibility study = Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens- en pluimveevoeders : een haalbaarheidsstudie. **Food Chemistry**, v. 50, n. October, p. 192–195, 2012b.

VELDKAMP, T.; BOSCH, G. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. **Animal Frontiers**, v. 5, n. 2, p. 45–50, 2015.

WALLER, A. **Economic Approach to Broiler Production.** [s.l: s.n.].

APÊNDICE A



Figura 2. Boxes experimentais
Fonte: Própria autoria.



Figura 3. Dietas experimentais com diferentes níveis de farinha de insetos.
Fonte: Própria autoria.

Tabela 11. Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações para frangos de corte.

<i>Itens</i>	Pré-inicial (1 – 7 dias)				Inicial (8 – 21 dias)				Crescimento (22 – 35 dias)			
	0%	4%	8%	12%	0%	4%	8%	12%	0%	4%	8%	12%
Ingredientes, %												
Milho	42,9	45,92	48,96	48,83	44,69	47,73	50,76	53,80	48,15	51,19	54,22	57,26
Farelo de soja	47,6	42,70	37,76	33,39	45,07	40,13	35,19	30,25	41,11	36,17	31,23	26,30
Óleo de soja	5,2	3,14	1,03	-	6,34	4,24	2,14	0,03	7,17	5,06	2,96	0,86
Farinha de inseto	-	4,0	8,0	12,0	-	4,0	8,0	12,0	-	4,0	8,0	12,0
Inerte	-	-	-	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	1,98	1,92	1,87	1,83	1,73	1,68	1,62	1,57	1,50	1,45	1,39	1,34
Calcário calcítico	0,94	1,01	1,07	1,13	0,85	0,92	0,98	1,04	0,81	0,87	0,94	1,00
Sal comum	0,54	0,53	0,52	0,51	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48
DL-Metionina	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,31
Suplemento Vitamínico¹	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl 77%	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14
Cloreto de Colina 70%	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
Salinomicina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento Mineral²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-Treonina	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada³												
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3000				3100				3200			
Proteína bruta (%)	25,31				24,30				22,80			
Cálcio (%)	1,01				0,91				0,82			
Fósforo disponível (%)	0,48				0,43				0,38			
Sódio (%)	0,23				0,22				0,21			
Lisina digestível (%)	1,36				1,31				1,23			
Met + Cist digestível (%)	0,99				0,97				0,91			
Treonina digestível (%)	0,88				0,86				0,81			

¹ DSM Nutritional Products, Composição por kg da dieta: Vit. A – 11,700 UI; Vit. D₃ - 3,250 UI; Vit. E - 26 UI; Vit. K₃ - 3.25 mg; Vit. B₁ – 2.6 mg; Vit. B₂ – 7.8 mg; Vit. B₆ - 3.9 mg; Vit. B₁₂ - 19.5 µg; Ácido nicotínico - 45.5 mg; Ácido Pantotênico – 23.4 mg; Biotina - 0.13 mg; Ácido Fólico - 1.95 mg; Selênio - 0.325 mg.

² DSM Nutritional Products, Composição por kg da dieta: Manganês - 80 mg; Ferro - 50 mg; Zinco - 50 mg; Cobre - 10 mg; Cobalto - 1 mg; Iodo - 1 mg.

³ Composição calculada de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2017).

Tabela 12. Desempenho produtivo de frangos de corte suplementados com diferentes níveis de farinha de tenébrio.

Variáveis ¹	<i>Inclusão da Farinha de Inseto</i>				EPM ²	CV ³	p-valor ⁸
	Controle	4%	8%	12%			
1-21 dias							
PV, Kg	1,056	1,111	1,072	1,093	22,5	8,0	0,210
CR, Kg	1,206	1,267	1,266	1,281	28.3	5.4	0.193
GP, Kg	1,007	1,071	1,040	1,036	24.9	5.8	0.258
CA	1.199	1.184	1.218	1.239	0.02	3.6	0.276
1-35 dias							
PV, Kg	2,637 b	2,791 a	2,649 b	2,668 b	42,1	3,9	0,069
CR, Kg	3,482	3,589	3,536	3,548	48.2	3.3	0.431
GP, Kg	2,610 b	2,750 a	2,666 ab	2,659 ab	36.6	3.3	0.034
CA	1.334	1.305	1.326	1.334	0.01	1.7	0.249
Viabilidade, %	95	95	93	94	1.91	5.0	0.731
IEP	537 ab	578 a	5284 b	538 ab	15.0	6.7	0.081

¹PV= peso vivo; CR = consumo de ração; GP= ganho de peso; CA = conversão alimentar; IEP = índice de eficiência produtiva.

²EPM = Erro padrão médio; ³CV = coeficiente de variação (%)

^{a,b} Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de SNK (P < 0,05).