



ANDRÉ DIAS CÂNDIDO

**SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DE SOJA POR GORDURA DE
BLACK SOLDIER FLY (GBSF): avaliação de custo, desempenho e
viabilidade econômica na produção de frangos de corte**

LAVRAS-MG

2025

ANDRÉ DIAS CÂNDIDO

**SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DE SOJA POR GORDURA DE *BLACK SOLDIER FLY*
(GBSF): avaliação de custo, desempenho e viabilidade econômica na produção de
frangos de corte**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia da Produção Animal para a obtenção do título de Mestre.

Profª. Dra. Luciana de Paula Naves
Orientadora

Profª. Dra. Jaqueline Severino da Costa
Co Orientador

LAVRAS-MG

2025

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cândido, André.

Substituição do óleo de soja por gordura de black soldier fly (GBSF) : Avaliação de custo, desempenho e viabilidade econômica na produção de frango de corte. / André Cândido. - 2025.

53 p. : il.

Orientadora: Luciana Naves

Coorientadora: Jaqueline Costa

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Avicultura. 2. Custeio do ciclo de vida. 3. Ingrediente alternativo . 4. Hermetia illucens . 5. Sustentabilidade. I. Naves, Luciana. II. Costa, Jaqueline. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

ANDRÉ DIAS CÂNDIDO

**SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO DE SOJA POR GORDURA DE *BLACK SOLDIER FLY*
(GBSF): avaliação de custo, desempenho e viabilidade econômica na produção de
frangos de corte**

**SUBSTITUTION OF SOYBEAN OIL WITH BLACK SOLDIER FLY FAT (BSFF):
cost, performance, and economic viability evaluation in broiler production**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia da Produção Animal para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 16 de dezembro de 2024.

Dra. Luciana de Paula Naves – UFLA
Dr. Gustavo Alves de Melo - UFV
Dr. Leonardo da Silva Fonseca – UFVJM

Profª. Dra. Luciana de Paula Naves
Orientadora

**LAVRAS-MG
2025**

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo exemplo e apoio em todos os momentos; à minha esposa e ao meu filho, pelo amor, paciência e inspiração diária; e a toda minha família, pelo incentivo constante.

Agradeço também à minha orientadora Luciana, e à minha coorientadora Jaqueline, pela orientação e confiança ao longo desta jornada.

À UFLA - Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade e estrutura oferecidas, expresso meu sincero agradecimento.

RESUMO

O setor de frango de corte no Brasil apresenta uma grande contribuição econômica e social. O setor é um grande gerador de receitas para a economia brasileira, seja por meio de vendas no mercado doméstico ou por meio das exportações. Por se tratar de proteína animal acessível contribui para a segurança alimentar do país. Assim, para se tornar ainda mais competitivo, muitos estudos buscam compreender de que maneira pode ser possível melhorar o desempenho econômico do setor. Como a alimentação é fator de maior custo para a produção de frango, inovações que permitam fazer substituições e tornar a produção mais eficiente são de grande relevância. Nesse sentido, este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar a viabilidade da substituição do óleo de soja pela gordura oriunda de larvas da mosca soldado negra (GBSF) na dieta de frangos de corte no período de criação entre 22 a 38 dias de idade. Portanto, um experimento foi conduzido com cinco níveis crescentes de substituição do óleo de soja pela GBSF (0, 25, 50, 75 e 100% de substituição). Os resultados mostram os custos envolvidos e as receitas provenientes de cada tratamento (dieta). A partir da combinação de duas ferramentas metodológicas como Custeio do Ciclo de Vida e Análise de Viabilidade Econômica (AVE) foi possível verificar qual sistema é mais eficiente. Os resultados mostram a importância do cálculo dos custos ao longo do Ciclo de Vida do produto. Foi possível observar que à medida em que ocorre a substituição de óleo de soja por GBSF, os custos aumentam em virtude do valor mais elevado da GBSF, demonstrando que a substituição total é mais onerosa. Por outro lado, a dieta 1 contendo 100% de óleo de soja é atualmente a mais viável economicamente. À medida que ocorre a substituição do óleo de soja por GBSF foi possível constatar que a substituição de 25% foi a mais viável economicamente, pois apresentou os maiores valores de VPL, TIR e Taxa de Lucratividade. Portanto, a AVE permitiu aprofundar a análise uma vez que mostrou que entre as cinco dietas analisadas a que apresentou maior potencial de combinação eficiente foi a dieta 2, cuja proporção foi de 75% de óleo de soja e 25% de GBSF. Com o resultado mostrando a baixa viabilidade econômica da substituição foi calculado o valor que a GBSF deveria ter para que a sua utilização fosse viável, pois o custo da mesma limitou economicamente a viabilidade. Utilizando os preços iguais nos dois ingredientes foi encontrada viabilidade nas dietas 4 (75% de GBSF) e 5 (100% de GBSF) superior a dieta 1 (100% óleo de soja) sendo o VPL respectivo de 178,57; 146,75 e 137,20 comprovando a maior viabilidade caso os valores sejam equiparados. Este estudo demonstrou as qualidades da GBSF como ingrediente na dieta de frangos de corte, evidenciando que sua utilização resulta em um melhor rendimento do peito - corte mais valorizado - agregando valor ao produto final. Além disso, a GBSF apresenta vantagens como a redução de custos, menor pegada de carbono e aprimoramento da imunidade dos animais, entre outros benefícios. Dessa forma, comprovou-se a superioridade da GBSF em relação ao óleo de soja, seja em sua substituição parcial ou total, desde que ocorra uma diminuição no custo do produto e seu uso se mostre economicamente viável.

Palavras-chave: avicultura; custeio do ciclo de vida; *Hermetia illucens*; ingrediente alternativo; sustentabilidade.

ABSTRACT

The broiler chicken sector in Brazil makes a significant economic and social contribution. This sector is a major revenue generator for the Brazilian economy, both through domestic sales and exports. As an accessible source of animal protein, it contributes to the country's food security. Therefore, to become even more competitive, many studies seek to understand how to improve the economic performance of the sector. Since feed is the largest cost factor in chicken production, innovations that allow for substitutions and make production more efficient are highly relevant. In this sense, this study was conducted to verify the feasibility of replacing soybean oil with fat from black soldier fly larvae (BSFF) in the diet of broiler chickens during the growing period from 22 to 38 days of age. An experiment was conducted with five increasing levels of substitution of soybean oil with BSFF (0, 25, 50, 75, and 100% substitution). The results show the costs involved and the revenues generated from each treatment (diet). By combining two methodological tools—Life Cycle Costing and Economic Viability Analysis (EVA)—it was possible to determine which system is more efficient. The results highlight the importance of calculating costs over the product's Life Cycle. It was observed that as soybean oil is replaced by BSFF, costs increase due to the higher value of BSFF, demonstrating that total substitution is more burdensome. On the other hand, Diet 1, containing 100% soybean oil, is currently the most economically viable. As soybean oil is substituted with BSFF, it was found that a 25% replacement was the most economically viable, as it showed the highest values for NPV, IRR, and Profitability Rate. Thus, EVA allowed for a deeper analysis, showing that among the five diets analyzed, Diet 2, which consisted of 75% soybean oil and 25% BSFL, presented the greatest potential for efficient combination. With the results indicating the low economic viability of the substitution, the value that BSFF should have for its use to be feasible was calculated, as its cost limited economic viability. By using equal prices for the two ingredients, viability was found in Diets 4 (75% BSFL) and 5 (100% BSFL), surpassing Diet 1 (100% soybean oil), with respective NPVs of 178.57, 146.75, and 137.20, proving greater viability when the values are equated. This study demonstrates BSFF's qualities as an ingredient in broiler chicken diets, showing better breast yield, which is the most valued cut of chicken, and should be considered a value addition. Other advantages include reduced costs, lower carbon footprint, and improved animal immunity, among others, confirming the superiority of BSFF over soybean oil for partial or total substitution, provided there is a reduction in product cost making its use in broiler diets economically viable.

Keywords: alternative ingredient; *Hermetia illucens*; life cycle costing; poultry farming; sustainability.

Impactos sociais, tecnológicos, econômicos e culturais

A substituição do óleo de soja pela gordura da *Black Soldier Fly* (BSF) na alimentação de frangos de corte pode gerar impactos significativos em diferentes esferas sociais, tecnológicas, econômicas e culturais. Do ponto de vista social, essa alternativa promove a inclusão produtiva de comunidades sustentáveis e pequenos produtores, já que a criação das larvas de BSF pode ser realizada com baixo investimento, em sistemas descentralizados e com uso de tecnologias acessíveis, permitindo que diferentes grupos sociais se envolvam na cadeia produtiva. Sob o aspecto tecnológico, a utilização da gordura de BSF representa uma inovação no setor agropecuário, impulsionando pesquisas em nutrição animal, biotecnologia e reaproveitamento de resíduos orgânicos, uma vez que as larvas podem ser alimentadas com subprodutos agrícolas e orgânicos, promovendo um modelo de produção mais eficiente e sustentável. No campo econômico, a proposta contribui para a diversificação de insumos na avicultura, reduzindo a dependência de commodities como a soja, que sofre oscilações de preço e demanda elevado uso de recursos naturais para seu cultivo. A produção local de gordura de BSF pode baratear custos a médio e longo prazo, ao mesmo tempo em que estimula a economia circular e reduz a pressão sobre áreas agrícolas. Culturalmente, a adoção dessa alternativa pode desafiar percepções tradicionais sobre a utilização de insetos no agronegócio, exigindo esforços de conscientização e aceitação por parte dos produtores e consumidores, mas também abrindo espaço para práticas mais alinhadas com princípios ecológicos e éticos. Assim, a substituição do óleo de soja por gordura de BSF na alimentação de frangos de corte representa uma mudança que ultrapassa o campo técnico da nutrição animal, podendo influenciar práticas produtivas, dinâmicas comunitárias e visões culturais sobre a sustentabilidade no setor agroalimentar.

Social, Technological, Economic, and Cultural Impacts

The replacement of soybean oil with Black Soldier Fly (BSF) fat in broiler chicken feed can generate significant impacts across various social, technological, economic, and cultural spheres. From a social perspective, this alternative promotes the productive inclusion of sustainable communities and small-scale producers, as BSF larvae farming can be carried out with low investment, in decentralized systems, and using accessible technologies. This allows different social groups to participate in the production chain.

From a technological standpoint, the use of BSF fat represents an innovation in the agricultural sector, driving research in animal nutrition, biotechnology, and organic waste reuse. Since the larvae can be fed with agricultural and organic by-products, this fosters a more efficient and sustainable production model.

Economically, the proposal contributes to the diversification of inputs in poultry farming, reducing dependence on commodities like soy, which is subject to price fluctuations and requires significant natural resources for cultivation. Local production of BSF fat can lower costs in the medium and long term while promoting the circular economy and reducing pressure on agricultural land.

Culturally, adopting this alternative may challenge traditional perceptions of using insects in agribusiness, requiring awareness and acceptance efforts from both producers and consumers. However, it also paves the way for practices that are more aligned with ecological and ethical principles.

Thus, replacing soybean oil with BSF fat in broiler chicken feed represents a shift that goes beyond the technical field of animal nutrition, potentially influencing production practices, community dynamics, and cultural views on sustainability in the agri-food sector.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Determinação da energia bruta, caracterização e composição química da gordura de Black Soldier Fly e do óleo de soja.....	
Tabela 2 - Ingredientes e composição nutricional, com base na matéria natural, das dietas utilizadas. (Continua)	
Tabela 3 - Parâmetros e valores considerados gerais considerados no experimento	
Tabela 4 - Custos dos ingredientes envolvidos nos experimentos de engorda dos frangos.....	
Tabela 5 - Valores e consumo de ração no período de 22 a 38 dias	
Tabela 6 - Efeitos dos níveis de substituição de óleo de soja por GBSF em dietas de frangos de corte sobre desempenho zootécnico da fase 22 a 38 dias e rendimentos de carcaça e cortes aos 38 dias.....	
Tabela 7 - Inventário para o cálculo do Custeio do Ciclo de Vida	
Tabela 8 - Composição dos custos referentes ao Custeio do Ciclo de Vida	
Tabela 9 - CCV total para todos os sistemas/tratamentos versus ganho de peso.....	
Tabela 10 - Análise de Viabilidade Econômica por cenário	
Tabela 11 - Distribuição de probabilidade e parâmetros dos inputs	
Tabela 12. Análise de sensibilidade	
Tabela 13. Análise de sensibilidade	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mosca Black Soldier Fly (BSF).....	
Figura 2 - Gordura extraída da mosca Black Soldier Fly (BSF)	
Figura 3 - Escopo do Custeio do Ciclo de Vida (CCV).....	
Figura 4 - Fluxos de caixa projetado por cenário	
Figura 5 - Histogramas probabilísticos resultantes da Simulação de Monte Carlo para o cenário ótimo	
Figura 6 - Impacto de inputs da Simulação de Monte Carlo na TIR para o cenário ótimo	
Figura 7 - Impacto de inputs na TIR por percentil	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 Contexto geral da pesquisa
- 1.2 Problema de pesquisa
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Justificativa

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1. Ingredientes alternativos na nutrição de frangos de corte
- 2.2. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)

3. MATERIAL E MÉTODOS

- 3.1. Gordura (GBSF) e óleo de soja utilizados
- 3.2. Delineamento e dietas experimentais para a coleta de dados
- 3.3. Instalações e manejo para a criação de frangos de corte
- 3.4. Comitê de ética
- 3.5. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- 4.1. Desempenho produtivo dos frangos de corte
- 4.2. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)
- 4.3. Valor da GBSF para ser viável financeiramente

5. CONCLUSÕES

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto geral da pesquisa

A importância socioeconômica da avicultura brasileira pode ser medida pelo volume de recursos gerado pelo setor. Em 2023, a produção de frango para corte, no Brasil, apresentou um valor bruto da produção de 92 bilhões de reais. Esse montante deve-se ao fato de o país apresentar, em 2023, um rebanho de aproximadamente 61 milhões de cabeças de frango para abate, 15 milhões superior ao observado em 2013, isto significa que em 10 anos o crescimento no número de matrizes chegou a 32%. Traduzindo esse volume de matrizes em toneladas de carnes produzidas, pode-se observar que ocorreu um acréscimo de 2,5 milhões de toneladas no período de 2013 a 2023, passando de 12,3 milhões de toneladas para aproximadamente 15 milhões de toneladas. Os estados da região sul são os maiores produtores, sendo o Paraná o primeiro no *ranking*, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ABPA, 2023).

Esse crescimento foi puxado em parte pelo aumento da demanda doméstica, onde foi verificado um aumento de 7,9% no consumo *per capita* em um período de 10 anos, passando de 41,8 kg/hab, em 2013, para 45,1 kg/hab em 2023. O outro fator que proporcionou esse crescimento foi o aumento no volume das exportações brasileiras, ou seja, um aumento no consumo pelo resto do mundo por esse tipo de proteína. Assim, em 2013, esse montante era de 3,8 milhões de toneladas e em 2023 foi de 5 milhões de toneladas, fator que faz do Brasil o maior exportador mundial e China o maior comprador desse tipo de proteína (ABPA, 2023).

O fato de o Brasil também ser o maior produtor de soja e o terceiro maior produtor de milho no mundo possibilita ao setor produtor de carne de frango ser mais competitivo em relação aos outros países, uma vez que os custos de produção são menores e por isso da carne brasileira apresentar maior competitividade em relação aos demais produtores (Abiove, 2024, USDA, 2024).

Os custos com soja e milho representam em média 93% dos custos envolvidos na ração consumida pelos animais na fase de engorda do frango. Assim, qualquer mudança na composição da ração utilizada na dieta das aves que possibilite uma redução nos custos de produção e/ou ganho de peso pela ave poderia tornar a carne brasileira ainda mais competitiva tanto no mercado doméstico quanto no mercado internacional.

Nesse contexto, o surgimento da possibilidade da utilização de um novo componente como a larva da mosca-soldado negra (BSF) pode ser considerada uma inovação no setor de rações para alimentação de frangos de corte. Neste contexto, a relevância de pesquisas sobre

o uso de BSF na nutrição de frangos de corte justifica-se pela necessidade emergente de ingredientes sustentáveis na nutrição avícola com o intuito de colaborar para o provimento futuro de alimento em quantidade e qualidade adequadas para a população humana que não para de crescer.

A *black soldier fly* (BSF) pode ser produzida de maneira controlada e segura utilizando-se biomassa como substrato. Portanto, resíduos orgânicos gerados pelas agroindústrias do setor alimentício podem ser aproveitados para o cultivo de BSF, favorecendo a reciclagem de nutrientes e economia circular, transformando resíduos orgânicos de baixo valor comercial em proteína animal (carne) de alto valor agregado.

A partir da mosca BSF é extraída a gordura que foi utilizada como uma fonte de alimento alternativa na ração dos frangos de corte. Durante a produção da farinha de BSF, grande quantidade de gordura é gerada (de 30 a 40% com base na matéria seca) como coproduto. Estudos demonstram que a gordura de BSF (GBSF) é um ingrediente energético bem aproveitado do ponto de vista nutricional por frangos de corte de linhagens modernas industriais. Em geral, as pesquisas comprovam que o desempenho produtivo e a qualidade da carne dos frangos são mantidos quando as dietas são formuladas com níveis adequados de substituição do óleo de soja pela GBSF (Schiavone et al., 2017). Todavia, embora seja crescente o número de pesquisas sobre o desempenho zootécnico de frangos alimentados com dietas contendo ingredientes provenientes de BSF, ainda são escassos os estudos que analisam os aspectos econômicos do uso da GBSF. Neste contexto, análises econômicas interessam a toda cadeia produtiva, sendo fundamental para a indústria produtora de ração e avicultores.

2.

3. 1.2 Problema de pesquisa

Com o crescimento da população mundial e um aumento da renda em países em desenvolvimento como China, Índia, Brasil, entre outros, há um aumento da demanda por alimentos em escala global. O efeito disso é um aumento da produção, principalmente de proteína animal como bovinos, suínos e frangos, que por sua vez pressionam o uso cada vez maior dos recursos naturais. O efeito dessa pressão já pode ser sentido por meio das mudanças climáticas que já são perceptíveis em razão da quantidade de desastres cada vez mais recorrente no mundo.

Nesse contexto, a ciência vem buscando encontrar novas fontes de alimentos que possam ser utilizadas na alimentação dos animais como a gordura extraída da mosca *black soldier fly* (BSF), porém sem acrescer nos custos de produção da carne. Essa gordura vem

sendo testada como uma alternativa viável para a alimentação de frangos de corte na medida em que possa substituir outros ingredientes tradicionais observados na alimentação desses animais com óleo de soja, milho e soja.

Como milho, soja e óleo de soja compõem a maior parte da ração utilizadas pelos frangos, sendo responsáveis por mais de 90% dos custos de produção a pergunta que se faz é: a utilização da GBSF como uma alternativa alimentar para frangos de corte possibilita aumentos de ganhos de peso, redução de custos e tem viabilidade econômica?

4.

5. 1.3 Objetivos

Objetivo Geral:

Verificar a viabilidade de utilizar a substituição do óleo de soja por GBSF na dieta de frangos de corte no período de engorda entre o 22º e 38º dias de idade, período este caracterizado pelo alto consumo relativo de alimento pelas aves durante o ciclo produtivo.

Objetivos específicos:

- 1) Elaborar um experimento considerando a substituição com níveis crescentes do óleo de soja pela GBSF na alimentação dos frangos de corte no período de 22 a 38 dias de idade;
- 2) Contabilizar todos os custos fixos e variáveis envolvidos na produção de frangos de cortes observados no experimento;
- 3) Medir o desempenho produtivo dos frangos no período avaliado (22 a 38 dias) e analisar economicamente os resultados, utilizando-se metodologias de Custeio do Ciclo de Vida e Análise de Viabilidade Econômica

6.

7. 1.4 Justificativa

A pecuária de frango de corte, no Brasil, é competitiva em relação aos demais países do mundo, sendo o país o maior produtor mundial e exportador desse tipo de proteína. Desta forma, a utilização de fontes de alimentos alternativos na alimentação de frangos de corte pode reduzir ainda mais os custos de produção, que por sua vez podem elevar ainda mais a demanda mundial. Consequentemente pode haver ainda mais pressão sobre os sistemas de produção, aumentando a demanda por soja e milho na alimentação desses animais, que por sua vez pode elevar o montante de emissões de gases poluentes no setor e contribuir para aumento das mudanças climáticas.

Alternativas alimentares inovadoras que reduzam essa pressão são extremamente salutaras, principalmente se possibilitar maior ganho de peso pelos animais, sem necessariamente aumentar custos de produção são essenciais para tornar essa fonte proteica mais sustentável, garantindo a segurança alimentar em escala global.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ingredientes alternativos na nutrição de frangos de corte

A avicultura de corte é uma atividade essencial no setor agropecuário brasileiro, com o país se destacando como um dos principais produtores e o maior exportador mundial de carne de frango. No entanto, a crescente demanda por alimentos e a necessidade de práticas mais sustentáveis têm impulsionado transformações significativas na condução dessa atividade (EMBRAPA, 2021).

A sustentabilidade na avicultura de corte é promovida por meio de tecnologias limpas, manejo adequado de resíduos, bem-estar animal, valorização dos trabalhadores e práticas que minimizem os impactos ambientais e sociais. Essas ações também buscam aumentar a eficiência produtiva, assegurar a saúde dos animais e oferecer produtos seguros e de alta qualidade aos consumidores (Garcia et al., 2020; Igreja et al., 2017; Soares et al., 2018).

Práticas sustentáveis amplamente utilizadas incluem sistemas integrados de produção agropecuária, como a integração lavoura-pecuária-floresta, que ajudam a recuperar áreas degradadas e a reduzir emissões de gases de efeito estufa. Tecnologias de monitoramento e gestão, como sensores e softwares, também contribuem para a redução de custos e o aumento da eficiência produtiva (Pizzolato et al., 2019; Soares et al., 2018).

O bem-estar animal ocupa posição relevante nesse modelo sustentável. A adoção de boas práticas de manejo, como a oferta de alimentação balanceada, a manutenção de ambientes limpos e confortáveis e a garantia de espaço adequado, reduz o estresse e a mortalidade das aves, além de melhorar a qualidade final da carne (Teixeira et al., 2020; Zanella et al., 2020).

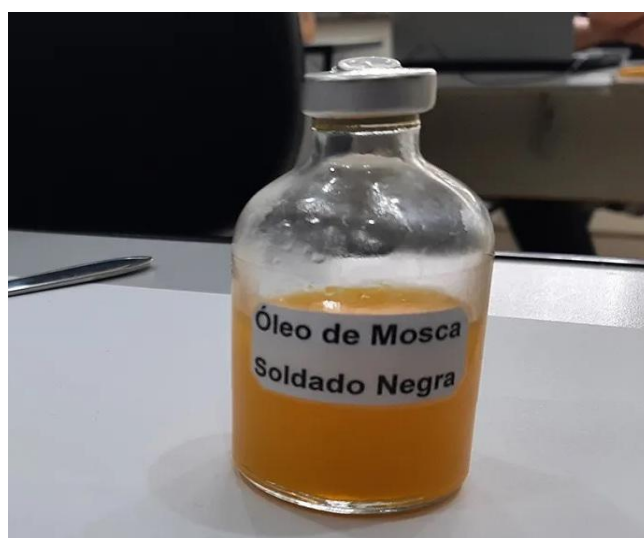
No âmbito nutricional, o uso de ingredientes alternativos, como a larva da *mosca Black Soldier Fly (BSF)* (Figura 1), destaca-se como uma solução inovadora e promissora na alimentação das aves. Rica em proteínas e nutrientes essenciais, a BSF pode substituir parcial ou totalmente insumos tradicionais, como soja e milho, reduzindo custos de produção e os impactos ambientais associados à agricultura convencional (Schiavone et al., 2018, Li et al., 2018).



1. Figura 1 - Mosca Black Soldier Fly (BSF)

Fonte: Viscon Group (2024)

A extração da gordura das larvas de BSF gera dois produtos de alto valor nutritivo: a gordura (Figura 2) e a farinha desengordurada. O processo de extração envolve etapas como o cultivo das larvas em condições controladas, a alimentação com substratos orgânicos e a colheita no estágio ideal de desenvolvimento. Após a colheita, as larvas são secas para remoção da umidade e, em seguida, submetidas à prensagem a frio para extrair a gordura, preservando nutrientes sensíveis ao calor. O óleo extraído é então refinado, passando por processos como filtração, para remover impurezas e garantir a qualidade final do produto (Chia et al., 2022).



2. Figura 2 - Gordura extraída da mosca *Black Soldier Fly* (BSF)

Fonte: Do autor (2023)

A gordura da BSF é rica em ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, como ácido oleico e ácido linoleico, apresentando cerca de 38,4% de ácido oleico, 22,8% de ácido linoleico, 16,2% de ácido palmítico e 6,7% de ácido esteárico. Esses componentes tornam a gordura da BSF comparável ao óleo de soja, destacando-se como uma fonte de ácidos graxos essenciais na nutrição animal. Além disso, a gordura contém vitaminas e minerais como vitamina E, vitamina B12, zinco e ferro, que melhoram a eficiência alimentar e a imunidade dos animais. Estudos demonstraram benefícios significativos ao incorporar a BSF em rações, sem prejudicar a saúde ou a qualidade dos produtos (Crippa et al., 2019; dos Santos et al., 2019; Li et al., 2018; Schiavone, 2017, 2018).

Além do uso na alimentação animal, a gordura da BSF apresenta aplicações industriais, como na produção de biocombustíveis, resinas, polímeros e poliuretanos, devido à sua alta concentração de ácido oleico. Em dietas para aves, suínos e peixes, sua rica composição em ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 proporciona impactos positivos no desempenho e na saúde dos animais (Crippa et al., 2019; dos Santos et al., 2019; Li et al., 2018).

Estudos com frangos de corte demonstraram que a inclusão da gordura da BSF nas rações melhora a eficiência alimentar e reduz a deposição de gordura abdominal, sem comprometer o crescimento, a saúde ou a qualidade da carne. Esses resultados reforçam sua viabilidade como ingrediente sustentável em dietas para os animais (dos Santos et al., 2019; Schiavone, 2018).

A utilização da gordura da BSF também contribui para a sustentabilidade do sistema produtivo, pois aproveita resíduos orgânicos no processo de criação das larvas. Estudos indicam que o desempenho produtivo e a qualidade da carne dos frangos são mantidos quando a substituição do óleo de soja pela gordura da BSF é feita de forma balanceada (Chen et al., 2022; Chia et al., 2022; Kieronczyk et al., 2022b; Kim et al., 2021; Schafer et al., 2023; Smetana et al., 2021).

No entanto, embora haja avanços significativos na avaliação do desempenho zootécnico, ainda são escassos os estudos que abordam a viabilidade econômica do uso da gordura da BSF em larga escala. Considerando que os custos com alimentação representam cerca de 70% do total da produção de frangos, é essencial aplicar metodologias como o Custeio do Ciclo de Vida (CCV), que permite avaliar os custos associados a todas as etapas de produção, desde a criação das larvas até sua incorporação nas rações. Essa abordagem, combinada com análises de viabilidade econômica, oferece uma visão integrada sobre os

custos e benefícios dessa alternativa, determinando sua aplicabilidade de forma ampla e sustentável para os produtores.

2.2. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)

O Custeio do Ciclo de Vida (CCV) é uma metodologia que avalia os custos totais associados a um produto ou processo ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a aquisição de matérias-primas até o descarte final. O conceito central é que o ciclo de vida inclui não apenas os custos de produção, mas também os custos de manutenção, operação, e até mesmo os impactos de descarte, permitindo uma visão abrangente sobre o impacto financeiro completo de um projeto ou produto (Gluch, Baumann, 2004; Rebitzer et al., 2004; Guinée, 2002).

A importância da utilização dessa metodologia de Custo do Ciclo de Vida reside em sua capacidade de fornecer uma visão integrada dos custos, ajudando a identificar oportunidades de redução de custos em diferentes fases do ciclo de vida. Ao considerar os custos em longo prazo, os gestores podem tomar decisões mais sustentáveis e alinhadas aos objetivos estratégicos da organização, evitando que decisões de curto prazo levem a aumentos de custos futuros. Por meio dessa abordagem, é possível antecipar e planejar adequadamente os custos associados à operação, manutenção e descarte, o que pode resultar em otimização financeira e ambiental (Asiedu, Gu, 1998; Hunkeler et al., 2008; Kaddoura et al., 2019).

Do ponto de vista gerencial, a Análise de Custo do Ciclo de Vida auxilia na tomada de decisão estratégica, proporcionando informações críticas sobre onde estão os principais gargalos referentes aos custos de produção e onde existem oportunidades de otimização. Gestores podem usar esses dados para escolher entre diferentes alternativas de design de produtos ou processos, priorizar investimentos em tecnologias mais eficientes e planejar melhorias na gestão de recursos. Além disso, ao incluir variáveis como custos de descarte e impactos ambientais, essa metodologia permite decisões mais alinhadas com práticas sustentáveis e de longo prazo, que atendem a normas regulatórias e padrões internacionais de sustentabilidade (Asiedu, 1998; Woodward, 1997; Korpi, Ala-Risku, 2008).

A análise de viabilidade econômica é uma metodologia amplamente utilizada para avaliar a sustentabilidade financeira de projetos e investimentos. Seu objetivo é determinar se os recursos aplicados garantem o retorno esperado, considerando custos, receitas e outros fatores econômicos. Fundamentada em métricas como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), Taxa Mínima de Atratividade e índice de Lucratividade, essa

abordagem fornece uma visão abrangente da rentabilidade e dos riscos associados a um projeto. A compreensão dessas ferramentas é essencial para calcular o impacto financeiro de decisões estratégicas e de planejamento de longo prazo (Brealey et al., 2020).

A análise de viabilidade econômica desempenha papel relevante nas mais diversas áreas do conhecimento. Ao considerar tanto aspectos financeiros quanto operacionais e planejamento, essa metodologia auxilia na alocação eficiente de recursos e na identificação de gargalos que poderiam comprometer o sucesso de projetos. Essa ferramenta permite ainda elaborar cenários mais realistas no sentido de reduzir incertezas que permeiam horizontes de tempo. Assim, a relevância da análise não se limita à viabilidade inicial, mas também ao monitoramento do sucesso do projeto ao longo do tempo (Damodaran, 2012). A metodologia, portanto, não apenas orienta o processo decisório, mas também oferece maior transparência e credibilidade para atrair investidores e outras partes interessadas (Gallo, 2020).

A evolução das análises de viabilidade econômica, de abordagens determinísticas para métodos probabilísticos, marca um avanço significativo na capacidade de lidar com incertezas. Métodos probabilísticos, como a análise de Monte Carlo, permitem incorporar variáveis estocásticas e avaliar cenários diversos minimizando riscos vinculados ao horizonte de tempo, contribuindo para um retorno mais seguro do investimento (Brealey et al., 2020).

O custeio do ciclo de vida (CCV) e a análise de viabilidade econômica (AVE) são ferramentas interligadas que se complementam na avaliação de projetos e produtos. O CCV foca em contabilizar todos os custos associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço, enquanto a AVE avalia a viabilidade financeira com base em receitas e custos previstos.

A relação entre ambas surge da necessidade de integrar custos diretos e indiretos em análises econômicas para determinar a sustentabilidade de um projeto a longo prazo. O CCV permite que tomadores de decisão tenham uma visão ampla dos custos cumulativos, que podem ser inseridos na AVE para avaliar o retorno financeiro com maior precisão (Gluch e Baumann, 2004).

O uso combinado dessas ferramentas permite maior precisão na projeção de custos futuros e na identificação de riscos financeiros dado que a incerteza aumenta à medida que o horizonte de tempo aumenta. Ao incorporar custos do ciclo de vida, a AVE adquire maior consistência e aderência à realidade operacional do projeto (Wouters et al., 2016). Ademais, a análise probabilística, por exemplo, pode incorporar dados do CCV para prever cenários de custo ao longo do tempo, tornando a AVE mais acurada e adaptada a incertezas (Ness et al., 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido com frangos de corte no Setor de Avicultura da Universidade Federal de Lavras. Os dados experimentais foram registrados e posteriormente utilizados com o objetivo de analisar economicamente as substituições parciais e total do óleo de soja por GBSF em dietas para frangos de corte, no período de criação de 22 a 38 dias de idade.

3.1. Gordura (GBSF) e óleo de soja utilizados

A gordura de BSF (lote de código PRD00007) foi adquirida comercialmente da empresa BSF Nutrição e Biotecnologia Ltda (CYNS[®], Piracicaba, São Paulo, Brasil). Segundo protocolos de ambiência, sanidade e nutrição padronizados da empresa, as larvas de BSF foram criadas até atingirem idade aproximada de 14 dias e peso médio entre 150 mg. As larvas foram abatidas por fervura, secas em estufa a 85°C por 2 horas e prensadas a frio obtendo-se a GBSF. Já o óleo de soja comum foi comprado do mercado local em Lavras, Minas Gerais, Brasil. A energia bruta, caracterização e composição química da GBSF e óleo de soja (Tabela 1).

1. **Tabela 1 – Determinação da energia bruta, caracterização e composição química da gordura de *Black Soldier Fly* e do óleo de soja.**

	Gordura de <i>black soldier fly</i>	Óleo de soja
Energia bruta (kcal/kg) ¹	9.054	9.379
Acidez em ácido oleico (%) ²	0,53	0,19
Índice de peróxido (meq/kg) ³	8,41	2,57
Matéria seca (g/kg) ⁴	998,8	999,9
Extrato etéreo (g/kg) ⁵	999,3	991,9
Perfil de ácidos graxos (%) ⁶		
C6:0	<0,0003	0,01
C8:0	0,01	<0,0003
C10:0	0,78	<0,0003
C11:0	0,01	<0,0003

C12:0	35,21	0,01
C14:0	7,15	0,09
C14:1	0,10	<0,0003
C15:0	0,12	0,02
C16:0	17,75	12,01
C16:1n-7	2,48	0,10
C17:0	0,35	0,11
C18:0	3,55	2,03
C18:1n-9 cis	16,94	29,08
C18:1n-9 trans	0,05	0,06
C18:2n-6 cis	13,79	49,84
C18:2n-6 trans	0,01	0,01
C18:3n-3	0,76	5,58
C18:3n-6	0,05	0,02
C20:0	0,09	0,48
C20:1n-9	0,06	0,24
C20:2	0,03	0,04
C20:3	0,03	<0,0003
C20:4n-6	0,26	<0,0003
C20:5n-3	0,19	<0,0003
C21:0	0,12	0,04
C22:0	0,03	0,59
C22:1n-9	0,01	<0,0003
C23:0	<0,0003	0,06
C24:0	<0,0003	0,21
ΣAGS	65,17	15,65
ΣAGMI	19,63	29,48
ΣAGPI	15,13	55,49
ΣAGIT	34,76	84,97
ΣAGtrans	0,06	0,07
Σw-3	0,95	5,58
Σw-6	14,14	49,87
Σw-9	17,06	29,39
Relação Σw-6/ Σw-3	14,88	8,94

Fonte: Do autor (2023)

AGS: ácidos graxos saturados; AGMI: ácidos graxos monoinsaturados; AGPI: ácidos graxos poliinsaturados; AGIT: ácidos graxos insaturados totais; AG*trans*: ácidos graxos *trans*.

¹Determinada em bomba calorimétrica (modelo C200, IKA[®], Stauten, Germany). ²Método n° 28 (CBAA, 2013). ³Método n° 32 (CBAA, 2013). ⁴Método 934.01 (AOAC, 2005). ⁵Procedimento Am 5-04 (AOCS, 2017). ⁶Método 996.06 (AOAC, 2005). Ácidos graxos em concentração abaixo do limite de quantificação (<0,0003) na GBSF e óleo de soja: (C4:0), (C13:0), (C15:1), (C17:1), (C22:2*n*-6), (C22:6*n*-3) e (C24:1*n*-9).

3.2. Delineamento e dietas experimentais para a coleta de dados

Um lote de pintainhos de corte Cobb-500 de um dia de idade foi adquirido de incubatório comercial (660 animais) e alojado em um galpão convencional para frangos, onde as aves permaneceram até os 21 dias de idade. Este período foi denominado de pré-experimental, durante o qual os frangos foram manejados conforme o padrão recomendado pelo manual da linhagem (COBB, 2018). Água e ração farelada foram fornecidas *ad libitum*, sendo o plano alimentar constituído de rações formuladas para atender as exigências nutricionais nas fases pré-inicial (1 a 7 dias) e inicial (8 a 21 dias) (Tabela 2).

No 22° dia de idade, os frangos foram pesados individualmente e selecionados por faixa de peso. Em seguida, 500 animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, sendo avaliados cinco níveis de substituição do óleo de soja pela GBSF (0, 25, 50, 75 e 100%) em rações fareladas (Tabela 2). Cada dieta foi avaliada em dez repetições, sendo cada repetição (box; unidade experimental) constituída de 10 frangos cada. O peso médio inicial dos frangos foi semelhante entre as unidades experimentais (8,434 Kg $\pm$ 0,032).

A ração basal sem GBSF foi formulada considerando-se a composição dos alimentos relatada por Rostagno et al. (2017) e as exigências nutricionais do manual da linhagem (COBB, 2022). As demais rações foram formuladas com níveis crescentes de substituição do óleo de soja pela GBSF, considerando-se o valor de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) determinado previamente (Guimarães, 2024). Água e as rações experimentais foram fornecidas *ad libitum* no período de 22 a 38 dias, sendo este período avaliado neste trabalho porque nesta fase os frangos exibem alto consumo relativo de alimento em relação ao ciclo total de produção.

2. Tabela 2 - Ingredientes e composição nutricional, com base na matéria natural, das dietas utilizadas. (Continua)

Ingredientes (g/kg)	Período experimental (22 a 38 dias de idade)						
	Período pré-experimental		Substituição do óleo de soja pela GBSF (%)				
	1 a 7 dias de idade	8 a 21 dias de idade	0	25	50	75	100
Milho	553,49	623,61	635,46	634,2	632,5	631,3	629,5
				4	0	3	9
Farelo de soja, 45%	377,34	320,87	299,23	300,5	302,3	303,6	305,5
				8	9	9	0
Óleo de soja	22,88	16,21	29,39	22,00	14,70	7,35	0,00
Gordura de <i>Black Soldier Fly</i>	0,00	0,00	0,00	7,35	14,70	22,00	29,40
Fosfato bicálcico, 18,5%	25,68	16,30	14,86	14,85	14,84	14,83	14,81
Calcário calcítico	5,08	7,40	6,94	6,93	6,92	6,92	6,91
Sal comum	5,46	5,47	5,48	5,48	5,48	5,48	5,48
DL-Metionina, 99%	3,56	3,39	3,00	2,99	2,97	2,96	2,94
L- Lisina HCL, 99%	2,52	2,90	2,30	2,26	2,20	2,16	2,11
L-Treonina, 98,5%	1,24	1,10	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51
Suplemento vitamínico ¹	1,00	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Suplemento mineral ²	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cloreto de colina, 60%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Salinomicina, 24%	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 2 – Ingredientes e composição nutricional, com base na matéria natural, das dietas utilizadas no Experimento II.

(Continuação)							
Ingredientes (g/kg)	Período pré-experimental		Período experimental (22 a 38 dias de idade)				
	1 a 7 dias de idade	8 a 21 dias de idade	Substituição do óleo de soja pela GBSF (%)				
			0	25	50	75	100
Composição nutricional calculada ³ e determinada ⁴ (g/kg)							
EMA _n calculada (kcal/kg) ⁵	2.950	3.000	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
Extrato etéreo determinado	47,30	35,10	55,90	56,00	57,10	57,40	57,90
Proteína bruta calculada	220,00	200,00	190,00	190,46	191,07	191,52	192,30
Proteína bruta determinada	220,00	210,00	193,00	194,10	196,90	197,10	198,50
Lisina digestível calculado	12,60	11,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60
Met + Cys digestível calculado	9,40	8,80	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
Treonina digestível calculado	8,60	7,80	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00

Triptofano	2,10	1,80	2,09	2,09	2,09	2,09	2,09
digestível							
calculado							
Matéria	61,00	50,10	46,70	49,60	46,60	41,80	49,50
mineral							
determinada							
Cálcio total	9,60	8,00	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
calculado							
Fósforo	5,80	4,00	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70
disponível							
calculado							
Sódio total	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
calculado							

Fonte: Do autor (2024)

¹Níveis por kg de suplemento: ácido fólico (902,5 mg), ácido pantotênico (12,0 g), biotina (77,0 mg), niacina (40,0 g), selênio (349,60 mg), vitamina A (8.800.000,0 UI), vitamina B₁ (2.499,0 mg), vitamina B₁₂ (16.200,0 mcg), vitamina B₂ (5.704,0 mg), vitamina B₆ (3.998,4 mg), vitamina D₃ (3.000.000,0 UI), vitamina E (30.000,0 UI), vitamina K₃ (2.198,1 mg). ²Níveis por kg de suplemento: cobre (7,0 g), ferro (50,0 g), iodo (1.500,0 mg), manganês (67,5 g), zinco (45,6 g). ³calculado baseado no manual da linhagem (COBB, 2022). ⁴Determinado em laboratório utilizando-se as metodologias de códigos 920.39, 990.03, e 942.05 para a determinação dos teores de extrato etéreo, proteína bruta e matéria mineral, respectivamente (AOAC, 2005). ⁵Considerando-se o valor de EMA_n determinado para a GBSF no Experimento I.

3.3. Instalações e manejo para a criação de frangos de corte

Um galpão semiautomatizado convencional para frangos de corte foi utilizado, o qual internamente é dividido em boxes (unidades experimentais; repetições). Cada box (2,0 x 1,5 m) teve o piso coberto com maravalha nova e foi equipado com um bebedouro pendular, um comedouro tubular e uma lâmpada de infravermelho (250 W incandescente, Kian, China) que foi ligada para o aquecimento do ambiente sempre que necessário, até o empenamento dos frangos.

O programa de luz adotado consistiu em 0h de escuro (1 a 7 dias de idade), 12h de escuro (8 a 15 dias de idade), 10h de escuro (16 a 23 dias de idade) e 8h de escuro (24 a 38 dias de idade). O manejo dos ventiladores e das cortinas laterais foi realizado manualmente, conforme necessário, baseando-se no preconizado pelo manual da linhagem para a manutenção da correta ambiência.

3.4. Comitê de ética

Todos os procedimentos experimentais utilizados nesta pesquisa foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras, sob o protocolo nº 7434150823.

3.5. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)

O CCV considera os custos totais associados ao ciclo de vida de um sistema, desde sua concepção até o fim de sua vida útil. O CCV inclui custos com investimentos e operacionais, bem como perdas financeiras por interrupções. Essa abordagem permite selecionar a alternativa mais econômica e financeiramente viável, além de realizar análises de sensibilidade para avaliar impactos. Como o ciclo de vida pode depender do horizonte de tempo, então os custos precisam ser ajustados ao conceito do valor do dinheiro no tempo.

A realização de um CCV compreende as seguintes etapas, a saber: definição da unidade a ser estudada; estimativa do ciclo de vida; elaboração do inventário e atualização financeira e composição dos custos totais. Ao se utilizar a metodologia CCV é possível fazer comparações entre dois ou mais processos sobre sua viabilidade, possibilitando às empresas escolherem qual alternativa é mais atrativa ao longo do tempo. Nesse sentido, a definição da unidade a ser estudada é relevante, pois ela define os limites do sistema. No caso deste estudo,

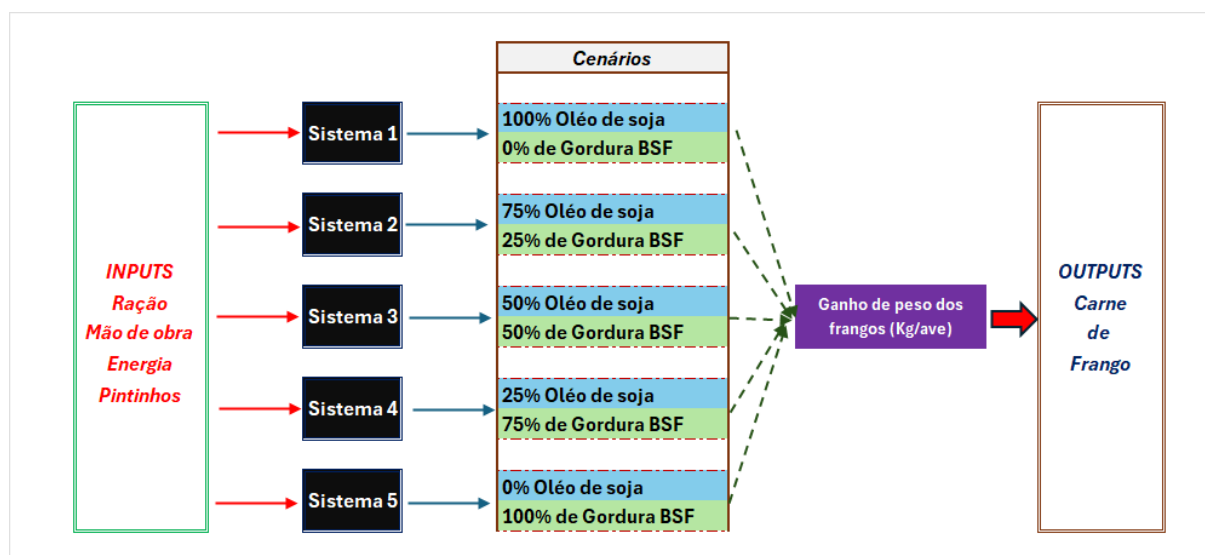
foi abrangida a etapa de engorda do frango que vai do 22º aos 38º dias.

A metodologia do Custeio do Ciclo de Vida (CCV) é útil para mensurar os custos totais de produção inerentes ao ciclo de vida de produtos, projetos e/ou serviços (Li et al., 2019). Esse método envolve quatro fases básicas, a saber: objetivo e escopo, análise de Inventário, avaliação de impacto e interpretação de resultados.

A pecuária aviária considerada neste estudo envolve três etapas dentro do ciclo de vida da produção de frango. Neste caso, o ciclo considerado neste estudo foi do 1º ao 38º, isto do primeiro dia de nascimento até o último dia para o abate, ou seja, do alojamento ao frango pronto para o abate. A primeira etapa envolve o período que vai do 1º ao 7º dia, a segunda etapa ocorre entre o 8º e o 21º dia e a última vai do 22º dia ao 38º dia.

Contudo, o escopo deste trabalho busca avaliar a última etapa (22º ao 38º dia), visto que o experimento buscou alterar a composição da ração disponibilizada durante esta fase de criação dos frangos com objetivo de verificar se nesse processo de substituição de dois insumos haveria alteração no desempenho produtivo dos frangos.

O Custeio do Ciclo de Vida consistiu em estimar a vida econômica da unidade objeto do estudo na etapa de engorda dos frangos (22º ao 38º dia de idade) considerando as cinco dietas experimentais, sendo cada dieta nomeada de “Sistema” na Figura 3.



3. Figura 3 - Escopo do Custeio do Ciclo de Vida (CCV)

Fonte: Do autor (2024)

Os sistemas (dietas) comparados foram: dieta 1 (usa-se 100% de óleo de soja e 0% de gordura BSF), dieta 2 (usa-se 75% de óleo de soja e 25% de gordura BSF), dieta 3 (usa-se

50% de óleo de soja e 50% de GBSF), dieta 4 (usa-se 25% de óleo de soja e 75% de GBSF) e dieta 5 (usa-se 0% de óleo de soja e 100% de GBSF).

A atualização financeira e composição dos custos totais consiste em levar em consideração o custo do dinheiro no tempo, uma vez que muitos projetos podem ocorrer em diferentes horizontes de tempo, e por isso é necessário trazer todos os custos incorridos nos sistemas a valor presente.

A equação a seguir mostra a relação entre todos os custos envolvidos no CCV:

$$CCV = CA + CI + \sum_1^n \frac{CO}{(1+r)^n} + \sum_1^n \frac{(CR-VR)}{(1+r)^n} + \sum_1^n \frac{(CP)}{(1+r)^n} \quad (1)$$

Em que: CCV =Custeio do Ciclo de vida; CA = Custos iniciais de Aquisição; CI =Custos de Fabricação e/ou Instalação; CO =Custos Operacionais e Manutenção; $\sum \frac{(CR-VR)}{(1+r)^n}$ = Custos líquidos de reposição; $\sum \frac{(CP)}{(1+r)^n}$ = Custos de produção perdida; n =período de tempo e r = taxa de juros real; CR = custo de reposição da unidade; VR = valor residual da unidade e CP = custo da produção perdida.

Os custos de aquisição (CA) referem-se aos custos dos materiais ou produtos comprados.

Os custos de fabricação ou instalação (CI) referem-se aos custos indiretos ou relacionados à manutenção de instalações e equipamentos necessários para o manejo. Caso durante o ciclo de vida não seja observado, este pode ser considerado zero.

Custos Operacionais e de Manutenção (CO) estão relacionados e tem como objetivo assegurar o funcionamento contínuo das operações. Estes consistem na soma dos custos calculados para as inspeções, manutenções planejadas ou corretivas e outros custos variáveis devido ao material ou produto em análise, tais como mão de obra, frequência das manutenções e limpeza etc.

Custos de reposição (CR) são aqueles que são indispensáveis caso aconteça alguma avaria e que seja necessário a substituição sob pena de parar a produção. Quando o material dura todo o ciclo de vida do sistema, CR é igual a zero e permanece a receita líquida obtida pela venda do material (ou valor residual).

Valor Residual (VR) é o valor da sucata do material ou produto utilizado, após a sua vida útil.

Custo da produção perdida (CP) refere-se às perdas incorridas durante o período do ciclo de vida considerado. Este custo está relacionado ao que se deixou de ganhar devido às

horas paradas para manutenção, perdas de produtos, reposição ou limpeza; bem como os possíveis danos técnicos, pessoais ou profissionais ao público usuário.

Os custos operacionais e de manutenção, custo líquido de reposição e custo de produção perdida dependem da taxa de juros real e do período considerado.

Após considerar todos os custos envolvidos, por meio da metodologia do CCV, a segunda etapa incluiu a AVE. A AVE é um método utilizado para examinar diferentes cenários de investimento em projetos. Para sua aplicação, é essencial identificar e contabilizar todos os custos associados ao projeto, possibilitando a elaboração do fluxo de caixa projetado. O fluxo de caixa representa todas as receitas, despesas e retornos que ocorrem durante um período de análise previamente definido.

A AVE começa com a definição de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL). A TMA corresponde ao percentual mínimo que um investidor pretende receber ao investir. Para calcular a TMA dos sistemas considerados, somaram-se o Custo de Oportunidade e o Risco do Negócio à Taxa Selic. O custo de oportunidade é o valor de remuneração de capital observado para alternativas de investimento. O risco do negócio pode ser determinado pelo próprio mercado e por estipulações de cenários. A Taxa Selic é a taxa básica de juros utilizada para realizar investimentos.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi elaborada a partir da taxa real ou efetiva (i), partindo-se de um valor (taxa nominal) composta pelos pilares: custo de oportunidade; risco do negócio e taxa Selic, considerando o período (M) de 16 dias. As estimativas da taxa real são feitas com base na equação 2, a seguir:

$$i = \left(1 + \frac{r}{M}\right)^M - 1 \quad (2)$$

Para descontar a inflação da taxa de juros, foi utilizado a equação 3. A Taxa de juros sem inflação (i'), onde i é a taxa real ou efetiva menos a taxa da inflação (π). A TMA considerou o valor da Taxa de juros sem inflação (i') conforme cálculo observado na equação 3 a seguir:

$$i' = i - (\pi) \quad (3)$$

Posteriormente, iniciaram-se os cálculos das técnicas do Valor Presente Líquido (VPL) conforme a equação (4):

$$VPL = FC_1 + \sum_{n=1}^k \frac{FC_{n+1}}{(1+K)^n} = 0; n = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

Em que o VPL se refere ao valor presente líquido; FC_1 representa fluxo de caixa na data zero; FC_n representa o fluxo de caixa na n -ésima data; n é o prazo de análise do projeto; K é a Taxa de Desconto (TD) ou Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Além da TMA, foram calculadas a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a Taxa de Lucratividade do projeto. A TIR refere-se ao percentual de remuneração do projeto, sendo que se a $TIR \geq TMA$, então o projeto é interessante e consequentemente indicam a aceitação da alternativa de investimento. A TIR pode ser definida como a taxa de desconto, real e não negativa, útil para a avaliação de viabilidade de projetos. Já a taxa de lucratividade do projeto corresponde ao valor de remuneração de cada unidade monetária investida no projeto.

A Análise de viabilidade econômica apresenta resultados determinísticos, isto é, o VPL, TIR e Taxa de Lucratividade apresentam um único valor possível. Contudo, muitas vezes chegar em um único valor pode limitar todas as possibilidades que um projeto pode apresentar. Por isso busca ampliar a possibilidade de um projeto apresentando várias possibilidades que possam apresentar viabilidade econômica. Para tal, foram identificados os *inputs* e *outputs* necessários para a execução da simulação de Monte Carlo. Os *inputs* considerados vieram dos indicadores determinísticos da análise tradicional, que no contexto probabilístico são representados por distribuições de probabilidade. Já os *outputs* referem-se a indicadores de desempenho do projeto, como o VPL, TIR e a Taxa de Lucratividade. A simulação de Monte Carlo foi realizada com um total de 5000 interações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desempenho produtivo dos frangos de corte

A Tabela 2 apresenta dados sobre os ingredientes e a composição nutricional das dietas experimentais usadas para frangos durante a fase de engorda (22 a 38 dias de idade), com foco na substituição progressiva do óleo de soja pela GBSF. O experimento mostra uma substituição gradual do óleo de soja, que começa em 0% e vai até 100%, com a introdução completa de GBSF. À medida que o nível de substituição do óleo de soja pela GBSF aumenta, a composição dos principais ingredientes (milho e farelo de soja) permanece relativamente estável, mesmo com a variação dos níveis de GBSF e óleo de soja.

O milho, que constitui a maior parte da dieta, apresenta valores que variam de 629,58 g/kg a 635,46 g/kg entre as diferentes dietas, enquanto o farelo de soja, outro componente chave, varia de 299,23 g/kg a 305,50 g/kg. Isso demonstra que, apesar da troca entre os dois ingredientes (óleo de soja e GBSF), estes dois componentes continuam os mais importantes na dieta das aves. Esse fator permite avaliar o impacto dessa substituição sobre a composição nutricional e o desempenho dos frangos, já que o óleo de soja é completamente substituído na dieta com 100% de GBSF (29,40 g/kg).

A Tabela 3 apresenta os parâmetros gerais utilizados no experimento com as aves, destacando o custo inicial por pintinho, peso médio e preço de venda final. O preço inicial do pintinho foi fixado em R\$ 4,50 por ave, enquanto o preço de venda de cada frango aos 38 dias foi de R\$ 11,00.

1. Tabela 3 - Parâmetros e valores considerados gerais considerados no experimento

Parâmetro	Valor considerado
Preço do pintinho adquirido com 1 dia de idade	R\$ 4,50/ave ¹
Preço de venda do frango vivo aos 38 dias de idade	R\$ 11,00/ave ²
Peso médio do pintinho de 1 dia de idade	43,20 g/ave ³
Peso médio do frango com 21 dias de idade	533,23g/ave
Peso médio final do frango aos 38 dias de idade	
Tratamento 1 – 0% de substituição	2,671 kg/ave ⁴
Tratamento 2 – 25% de substituição	2,667 kg/ave ⁴
Tratamento 3 – 50% de substituição	2,693 kg/ave ⁴
Tratamento 4 – 75% de substituição	2,667 kg/ave ⁴

Fonte: do autor (2024)

¹Comércio varejista localizado no município de Machado, Sul de Minas Gerais, Brasil. ²Preço praticado pelo frigorífico, considerando-se lote de origem experimental, localizado no município de Santana do Jacaré, Sul de Minas Gerais, Brasil.

³Informação proveniente do experimento realizado, sendo que o peso médio inicial dos pintinhos foi semelhante entre todas as repetições (unidades experimentais) de todos os cinco tratamentos (dietas) avaliados. ⁴Informação proveniente do experimento realizado, sendo que o peso médio final dos frangos registrado em balança. Corresponde ao peso da unidade experimental dividido pelo número de frangos que a constitui.

O peso médio do pintinho com 1 dia de vida foi de 43,20 gramas. Aos 21 dias de idade, o peso médio foi de 533,23 g por ave. Esses valores oferecem uma base para análise econômica, considerando o investimento inicial e o retorno potencial com a venda. No experimento, cinco tratamentos/dietas foram avaliados, variando de 0% a 100% de substituição de óleo de soja pela GBSF. Os pesos finais aos 38 dias variaram pouco entre os tratamentos, com médias de aproximadamente 2,674 kg por ave, não havendo diferença estatística entre as médias de peso.

A Tabela 4 apresenta os valores médios de aquisição dos ingredientes utilizados nas formulações das dietas. Os componentes que mais pesam na alimentação das aves são o milho e o farelo de soja, representando 63% e 29,8%, respectivamente. O óleo de soja e a GBSF que são os dois insumos que foram substituídos proporcionalmente durante o experimento apresentam pequenas variações no valor da ração em virtude das substituições. Vale destacar que atualmente a GBSF supera o valor do óleo de soja em aproximadamente 2,25 vezes em termos de preços. Todavia, é importante ressaltar que se observa avanços na regulamentação legislativa sobre o uso de BSF na nutrição animal. Ações recentes do Ministério da Agricultura e Pecuária como, por exemplo, o Ofício-Circular nº 33/2023/CGI/DIPOA/SDA/MAPA (BRASIL, 2023) e MAPA nº 4/2023 de 7/7/2023, junto à demais órgãos regulatórios e de fiscalização podem impulsionar o aumento da produção industrial no Brasil de larvas de BSF e seus produtos derivados colaborando, consequentemente, para aumentar a oferta e reduzir o preço de mercado da GBSF, tornando-a cada vez mais competitiva e economicamente viável com potencial para que isto ocorra em futuro próximo.

2. Tabela 4 - Custos dos ingredientes envolvidos nos experimentos de engorda dos frangos

Parâmetro	Valor considerado
Milho	R\$ 1,18/Kg ¹
Farelo de soja	R\$ 2,74/Kg ¹
Óleo de soja	R\$ 6,66/L ¹
Gordura da BSF	R\$ 15,00/Kg ²
Fosfato bicálcico	R\$ 4,80/Kg ¹
Calcário calcítico	R\$ 1,90/Kg ¹
Sal comum	R\$ 0,72/Kg ¹
Metionina	R\$ 24,40/Kg ¹
Lisina	R\$ 23,80/Kg ¹
Treonina	R\$ 19,80/Kg ¹
Suplemento vitamínico	R\$ 27,80/Kg ¹
Suplemento mineral	R\$ 16,00/Kg ¹
Cloreto de colina	R\$ 30,32/Kg ¹
Salinomicina	R\$ 28,00/Kg ¹

Fonte: do autor (2024)

¹Comércio varejista localizado no município de Lavras, Sul de Minas Gerais, Brasil.

²Empresa BSF Nutrição e Biotecnologia Ltda (CYNS[®], Piracicaba, São Paulo, Brasil).

De acordo com a Tabela 5 é possível observar que existe uma pequena variação em razão da substituição do óleo de soja pela GBSF.

3. Tabela 5 - Valores e consumo de ração no período de 22 a 38 dias

Tratamentos	Valores das rações experimentais (em R\$)¹	Consumo de ração de 22 a 38 dias de idade (em
--------------------	--	--

		kg/ave) ²
Tratamento 1 – 0% de substituição	115,739	2,808 kg/ave
Tratamento 2 – 25% de substituição	115,728	2,803 kg/ave
Tratamento 3 – 50% de substituição	115,740	2,767 kg/ave
Tratamento 4 – 75% de substituição	115,728	2,698 kg/ave
Tratamento 5 – 100% de substituição	115,739	2,770 kg/ave

Fonte: do autor (2024)

¹Calculado considerando-se os preços dos ingredientes descritos na Tabela 4 e a composição das rações experimentais descritas na Tabela 2. ²Informação proveniente do experimento realizado, sendo o consumo de ração calculado considerando-se a quantidade de ração fornecida no 22º dia de idade subtraída das sobras pesadas no 38º dia de idade dos frangos.

Com relação ao peso dos animais, não houve diferença estatística, assim considerando todos iguais.

A Tabela 6 contém resultados do desempenho zootécnico dos frangos. Não houve diferença entre as dietas experimentais ($P>0,05$) para consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, deposição de gordura abdominal e rendimentos de carcaça, coxa + sobrecoxa e asa. Entretanto, o percentual de peito apresentou diferença, com valores variando de 36,13% a 38,43%, sugerindo que a substituição de óleo de soja por GBSF impactou significativamente o rendimento de peito. Este resultado merece atenção, pois o peito é uma das partes mais valorizadas do frango. Em resumo, a substituição do óleo de soja por GBSF não parece afetar significativamente a maioria dos parâmetros de desempenho e carcaça, com exceção do rendimento de peito, que apresentou uma diferença estatisticamente relevante.

4. Tabela 6 - Efeitos dos níveis de substituição de óleo de soja por GBSF em dietas de frangos de corte sobre desempenho zootécnico da fase 22 a 38 dias e rendimentos de carcaça e cortes aos 38 dias.

Item	Substituição do óleo de soja pela GBSF (%)					P-valor	CV %
	0	25	50	75	100		
Peso aos 21 dias (kg)	0,843	0,836	0,843	0,843	0,843	0,9953	5,44
Consumo de ração (kg)	2,81	2,80	2,77	2,70	2,77	0,8712	9,00
Ganho de peso (kg)	1,83	1,84	1,85	1,83	1,83	0,9908	11,06
Conversão alimentar (kg:kg)	1,55	1,55	1,51	1,49	1,54	0,9591	13,45
Rendimentos de:							

Carcaça (%)	69,57	70,50	68,78	69,20	69,40	0,5490	3,28
Peito (%)	36,81 ^{ab}	36,27 ^{ab}	36,13 ^b	36,24 ^b	38,43 ^a	0,0231	4,67
	*						
Coxa + Sobrecoxa (%)	30,17	30,60	30,68	30,36	30,04	0,9361	6,32
Asa (%)	10,75	10,46	10,73	10,70	10,56	0,8607	6,56
Gordura abdominal (%)	0,85	1,13	1,08	1,02	1,01	0,4513	33,50

Fonte: Do autor (2024)

*Regressão: $y=0,4079x^2 - 2,1261x + 38,668$

4.2. Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Análise de Viabilidade Econômica (AVE)

A elaboração do inventário consiste em uma fase crucial para as estimativas do CCV. Esta fase busca detalhar todos os custos que impactam nos sistemas de produção. Esta fase é complexa em razão do detalhamento da base de dados levantada. A partir dos experimentos foi possível levantar os principais custos envolvidos nos sistemas de produção (Tabela 7).

5. Tabela 7 - Inventário para o cálculo do Custeio do Ciclo de Vida

Inventário do Custeio do Ciclo de Vida	
Custo de Aquisição dos pintinhos (R\$ por pintinho)	
Custo médio da ração (1-21dias) por Kg	
Custo total da ração diário (22º-38º dias)	
Milho (saco 50kg)	
Farelo de soja (saco de 50kg)	

<i>Óleo de soja (frasco de 900ml)</i>
<i>Gordura da BSF (o kg)</i>
<i>Calcário (saco de 50kg)</i>
<i>Fosfato (saco de 35kg)</i>
<i>Sal (saco de 25kg)</i>
<i>Premix vitamínico saco de 25kg)</i>
<i>Premix mineral saco de 25kg)</i>
<i>Metionina (saco de 25kg)</i>
<i>Lisina (saco de 25kg)</i>
<i>Treonina (saco de 25kg)</i>
<i>Cloreto de colina (saco de 25kg)</i>
<i>Salinomicina</i>
Custo com mão de obra (R\$/ kg vivo)
Custo com energia (por R\$/kg)
Custos com mortes de pintinhos (em R\$)

Fonte: Do autor (2024)

A Tabela 8 apresenta uma análise dos custos envolvidos na criação de aves, dividindo-os em categorias como custos de aquisição, custos de implantação, custos de reposição, custos com perdas, custos operacionais comuns e específicos dos diferentes tratamentos aplicados considerando a metodologia do CCV.

Os Custos de Aquisição (*CA*), que incluem a compra de pintinhos(660 animais) , somam R\$2.929,50. Esse valor é constante para todos os tratamentos, ou seja, representa um custo fixo no início do ciclo de produção. A compra de pintinhos é um dos principais investimentos iniciais, juntamente com capital de giro, pois a qualidade e a saúde das aves adquiridas impactam diretamente no desempenho produtivo e na lucratividade ao longo de todo o ciclo de vida. Assim, é crucial garantir que esse custo seja justificado por uma boa gestão das aves desde o início, minimizando riscos futuros como mortalidade e ineficiências (Tabela 8).

No entanto, perdas ocorrem durante o processo de criação das aves e podem ser contabilizados pelos Custos com Perdas (*CP*). Esse valor totalizou R\$955,50 incluindo perdas por mortalidade e valores correspondentes à depreciação.

6. Tabela 8 - Composição dos custos referentes ao Custeio do Ciclo de Vida

Custos	Insumos/Materiais	Valores (em R\$)
Custos de Aquisição (CA) comuns a todos os tratamentos		
	<i>Compras de pintinhos</i>	2.929,50
	Total	2.929,50
Custos com perdas (CP) comuns em todos os tratamentos		
	Total	955,97
Custos Operacionais (CP) comuns a todos os tratamentos		
<i>1 a 7</i>	<i>Ração</i>	228,00
<i>Custo com MO</i>	<i>Operacional</i>	265,78
<i>Custo com Energia</i>	<i>Manutenção</i>	146,18
	Total	639,96
Custos Operacionais (CP) na fase de 7 a 21 dias por sistemas/dieta		
<i>Dieta 1</i>	<i>Ração</i>	1.738,04
<i>Dieta 2</i>	<i>Ração</i>	1.921,00
<i>Dieta 3</i>	<i>Ração</i>	1.921,00
<i>Dieta 4</i>	<i>Ração</i>	1.970,89
<i>Dieta 5</i>	<i>Ração</i>	1.970,89
Custos operacionais (CO) na fase de 22° a 38° por sistemas/dieta		
<i>Dieta 1</i>	<i>Ração</i>	2.971,26
<i>Dieta 2</i>	<i>Ração</i>	2.976,26
<i>Dieta 3</i>	<i>Ração</i>	3.129,73
<i>Dieta 4</i>	<i>Ração</i>	3.208,96
<i>Dieta 5</i>	<i>Ração</i>	3.288,19

Fonte: Do autor (2024)

Nota: Nesta tabela todos os custos operacionais e custos com perdas apresentaram atualizações financeiras utilizando a taxa real de juros.

Já a depreciação reflete a perda de valor de equipamentos e infraestrutura ao longo do tempo. Embora esse valor seja relativamente baixo comparado a outros custos, a depreciação

afeta a capacidade de longo prazo da operação e precisa ser gerida adequadamente, garantindo que os equipamentos sejam mantidos em boas condições de funcionamento (Tabela 8).

Os Custos Operacionais (CO) comuns a todas as fases de criação antes do 22º dia totalizam R\$639,96 e estão subdivididos em várias categorias. Os custos com ração são especialmente significativos, sendo R\$228,00 para a fase de 1 a 7 dias e R\$1.738,04 para a fase de 8 a 21 dias. Esses números confirmam que a alimentação é o principal fator de custo na criação de aves, representando a maior parte dos custos operacionais (Tabela 8).

A eficiência alimentar, portanto, é um elemento crítico para melhorar a lucratividade do projeto. Qualquer variação nos preços dos ingredientes da ração ou no desempenho das aves pode impactar drasticamente o custo final de produção, em especial quando relacionados aos insumos milho e soja, visto que estes ingredientes são os que mais pesam na alimentação dos animais (Tabela 8).

Custos Operacionais (CO) incluem custos com mão de obra (MO), que totalizam R\$265,78, refletindo o trabalho envolvido nas operações diárias. Os custos com energia somam R\$146,18, sendo um indicador do uso de eletricidade para iluminação, ventilação e controle de temperatura, elementos essenciais para garantir o bem-estar das aves e o desempenho produtivo adequado (Tabela 8).

A parte relevante da análise concentra-se nos custos operacionais específicos por tratamento, relacionados à fase de criação entre o 22º e o 38º dia. Nesta fase, a principal variável analisada é o custo da ração, uma vez que é variável durante os cinco tratamentos, principalmente em razão da substituição do óleo de soja pela gordura. É possível observar que existe um aumento progressivo nos custos à medida que vai aumentando a proporção de substituição de óleo de soja por GBSF (Tabela 8).

Vale ressaltar que o CCV ainda contempla mais dois custos que são: Custo de Implantação (CI) e Custo de Reposição (CR). No caso deste estudo, estes dois custos não entraram no cálculo final do CCV devido ao fato de a infraestrutura (galpão, bebedouros, comedouros, bombas, rede elétrica etc.) para criação já existir. Além disso, o estudo também não teve custo com reposição (CR), visto que não foram observados reposição de aves e equipamentos durante todos os experimentos (Tabela 8).

A Tabela 9 apresenta o CCV total para os cinco diferentes tratamentos/dietas, distribuindo os custos em três categorias principais: Custo de Aquisição (CA), Custos Operacionais (CO) e Custos com Perdas (CP). Esses valores são comparados ao Ganho de Peso Médio (GP) por ave em cada sistema. A análise se concentra em como esses custos

variam entre os sistemas e como eles se relacionam com o ganho de peso, fornecendo uma visão importante sobre a eficiência econômica de cada sistema.

Quando analisamos o Custeio do Ciclo de Vida (CCV) total, que soma os custos de aquisição, operacionais e perdas, o Sistema 5 apresenta o valor mais elevado, totalizando R\$ 9.784,52, enquanto o Sistema 1 tem o menor CCV, com R\$ 9.234,74. Essa diferença de R\$549,78 entre os dois sistemas sugere que o Sistema 1 é mais eficiente em termos de custo-benefício, porém o Sistema 5 apresenta um ganho de peso maior apresentando custo-benefício maior em termos de ganho de peso. O Sistema 5, por outro lado, apresenta o maior custo total, sem um ganho de peso proporcional que justifique o aumento de despesas (Tabela 9).

7. Tabela 9 - CCV total para todos os sistemas/tratamentos versus ganho de peso

Sistemas (dietas)	Custeio do Ciclo de Vida (CCV) em R\$	Custo de Aquisição (CA) em R\$	Custos Operacionais (CO) em R\$	Custos com Perdas totais (CP) em R\$	Ganho de Peso médio (GP) em kg/ave
Sistema 1	9.234,74	2.929,50	5.349,27	955,97	2,808
Sistema 2	9.417,69	2.929,50	5.532,22	955,97	2,803
Sistema 3	9.576,16	2.929,50	5.690,69	955,97	2,767
Sistema 4	9.705,29	2.929,50	5.819,82	955,97	2,698
Sistema 5	9.784,52	2.929,50	5.899,05	955,97	2,770

Fonte: Do autor (2024)

Nota: * Utilizou-se a taxa de juros reais de 0,20% ao dia para fazer as atualizações financeira

O Custo de Aquisição (CA) é constante para todos os sistemas, totalizando R\$2.929,50 por ave. Esse valor representa os custos iniciais associados à compra dos pintinhos e, por ser um custo fixo, não varia com o tratamento. Da mesma forma ocorre com os Custos com Perdas (CP), visto que estes estão relacionados principalmente à mortalidade e à depreciação

de ativos, são constantes para todos os sistemas, somando R\$955,97. Isso indica que os tratamentos não influenciaram significativamente a mortalidade das aves ou a depreciação dos equipamentos e instalações. Embora sejam custos relevantes, a falta de variação sugere que esses custos impactam, mas não alteram os valores dos sistemas/experimento. Isso sugere que quaisquer diferenças de custo entre os sistemas devem-se exclusivamente aos Custos Operacionais (*CO*) e às Perdas (*CP*), bem como ao desempenho produtivo em termos de ganho de peso (Tabela 9).

Os Custos Operacionais (*CO*) variam entre os sistemas, sendo o menor no Sistema 1, com R\$5.349,27, e o maior no Sistema 5, com R\$5.899,05. Esses custos incluem gastos com ração, mão de obra, energia e outros fatores operacionais necessários para a manutenção das aves. A variação entre os sistemas, ainda que não muito acentuada, indica que diferentes estratégias de manejo e alimentação estão sendo empregadas em cada tratamento. O Sistema 1, que apresenta o menor custo operacional, utiliza a dieta onde é utilizado 100% de óleo de soja e 0% de GBSF, enquanto o Sistema 5, com o maior custo operacional onde é utilizado 0% de óleo de soja e 100% de GBSF. Esse crescimento progressivo dos custos ocorrem a medida em que vai substituído óleo de soja por GBSF decorre do fato de a gordura ter um custo maior se comparado ao óleo de soja (Tabela 10).

Em termos comparativos entre custos e ganho de peso, pode-se observar que o Sistema 1 apresenta o menor CCV total, de R\$9.234,74, e um ganho de peso médio de 2,651 kg/ave. Apesar de ter o menor custo operacional, o desempenho técnico em termos de ganho de peso está muito próximo dos sistemas mais onerosos, indicando uma eficiência relativa interessante. Por outro lado, o Sistema 5, com o maior CCV total de 9.784,52, atinge o maior ganho de peso médio, com 2,673 kg/ave, mas ao custo de um aumento significativo nos custos operacionais, que atingem R\$5.899,05. Essa diferença de R\$549,78 no CCV entre os Sistemas 1 e 5 resulta em um incremento de apenas 0,038 kg/ave no ganho de peso médio, levantando dúvidas sobre a proporcionalidade do retorno econômico desse sistema (Tabela 9).

O Sistema 2, com um CCV total de R\$9.417,69, apresenta um ganho de peso médio de 2,623 kg/ave, o menor entre os sistemas. Esse desempenho técnico inferior, associado a um CCV total superior ao Sistema 1, sugere um uso menos eficiente dos recursos operacionais. Em contrapartida, o Sistema 3, com um CCV total de R\$9.576,16, atinge um ganho de peso médio de 2,663 kg/ave, destacando-se como uma alternativa mais equilibrada em termos de custo e desempenho técnico (Tabela 9).

O Sistema 4, com um CCV total de R\$ 9.705,29, apresenta um ganho de peso médio de 2,625 kg/ave, valor semelhante ao do Sistema 2, mas com um custo operacional superior

(R\$ 5.819,82) ao Sistema 2 (R\$ 5.532,22). Essa configuração o posiciona como uma opção menos atrativa em termos de custo-benefício em comparação aos outros sistemas (Tabela 9).

De maneira geral, os sistemas com maior CCV total, como o Sistema 5, tendem a proporcionar um ganho de peso ligeiramente superior. Contudo, a diferença máxima de 0,038kg/ave no ganho de peso entre os sistemas indica que os custos operacionais adicionais não se traduzem em aumentos proporcionais no desempenho técnico. Por exemplo, o Sistema 1, com o menor CCV total, apresenta um ganho de peso apenas 0,038 kg/ave inferior ao Sistema 5, enquanto mantém custos operacionais significativamente mais baixos.

Essa análise evidencia que a decisão sobre qual sistema adotar deve considerar não apenas os custos diretos e o ganho de peso, mas também outros fatores como a sustentabilidade, a margem de lucro esperada e as condições específicas de produção. O equilíbrio entre custos operacionais e ganho de peso deve ser cuidadosamente avaliado para maximizar a eficiência econômica e técnica do sistema escolhido. Em conclusão, a análise da Tabela 8 destaca a importância de equilibrar custos operacionais com o ganho de peso das aves. Sistemas que conseguem otimizar a conversão alimentar e minimizar os custos de insumos são os mais eficientes economicamente. O Sistema 1 se sobressai nesse aspecto, enquanto o Sistema 5 apresenta desafios em justificar seus custos mais elevados em termos de ganho de peso.

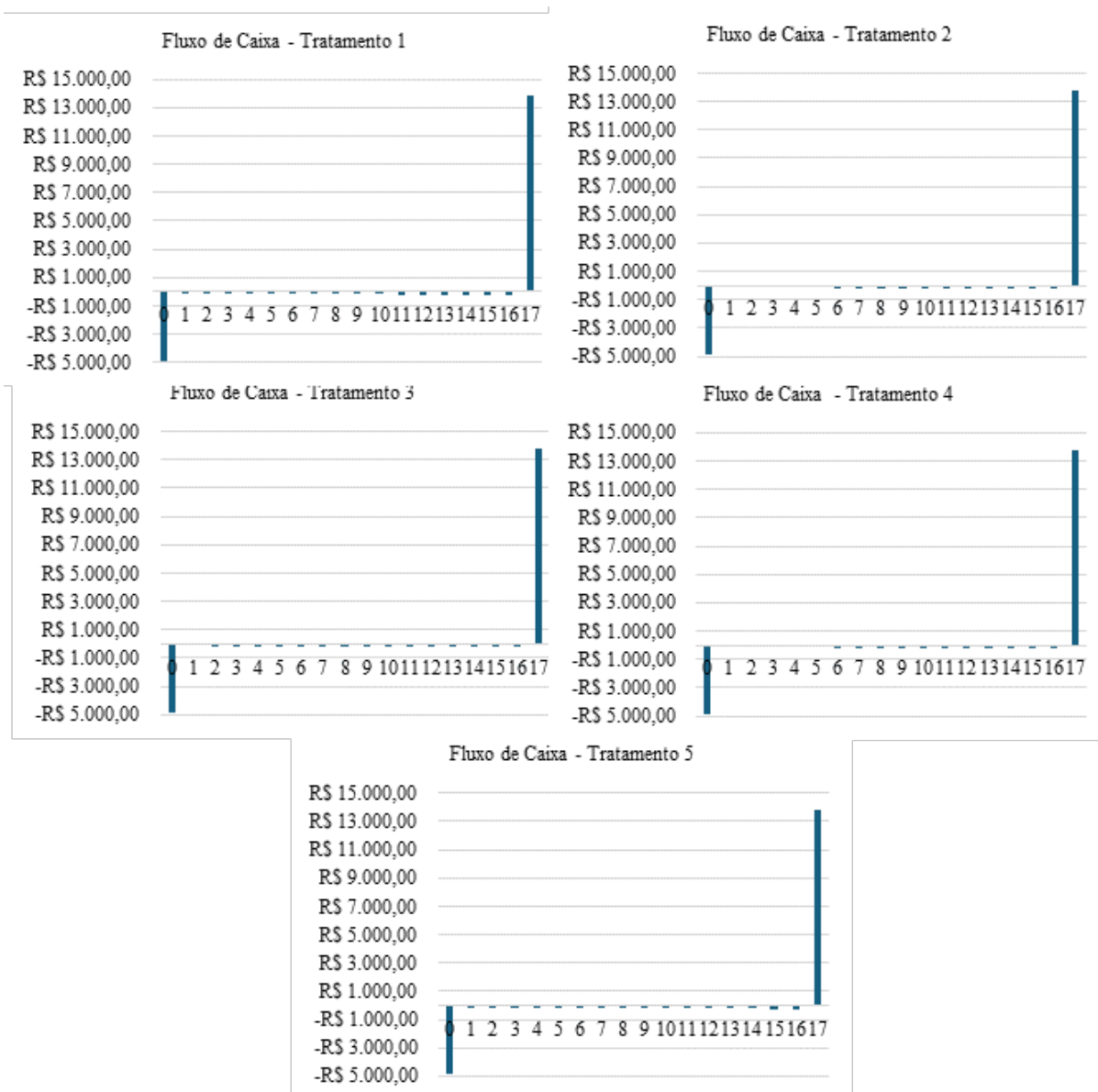
A partir das conclusões obtidas por meio da análise do CCV e do ganho de peso médio (GP), é importante reconhecer as limitações inerentes ao uso exclusivo do CCV para determinar a eficiência dos sistemas avaliados. O CCV, por sua natureza, fornece uma visão estática dos custos associados a cada sistema, sem incorporar diretamente fatores econômicos mais amplos, como a receita gerada pelo ganho de peso, as flutuações nos preços de mercado ou os impactos financeiros de longo prazo.

Nesse contexto, a AVE é uma ferramenta complementar, permitindo uma avaliação mais holística. Ao considerar indicadores como VPL, TIR e Taxa de lucratividade, essa abordagem ajuda a identificar não apenas o sistema eficiente ou com maior desempenho técnico, mas aquele que proporciona o melhor equilíbrio entre custos e resultados financeiros.

Com base nos custos estimados para o CCV é possível aplicar a AVE. A Figura 4 apresenta os fluxos de caixa projetados por diferentes cenários, fornecendo uma visualização das variações de receitas e despesas ao longo do tempo. Esses fluxos de caixa são essenciais para avaliar o desempenho econômico de cada sistema considerado, ajudando a identificar períodos de maior lucratividade e possíveis momentos de déficit. Ao comparar os cenários, pode-se observar oscilações nas entradas e saídas financeiras, o que pode ser indicativo de

diferentes estratégias de manejo, custos variáveis ou condições de mercado que afetam o ciclo de produção. Além disso, é possível que essas variações estejam relacionadas a mudanças nas condições econômicas, como flutuações no preço dos insumos e demanda por produtos avícolas.

A Figura 4 ilustra os fluxos de caixa projetados para cada sistema. As entradas se referem à venda dos frangos no final de 38 dias. As saídas se referem a distribuição diária de todos os custos estimados no inventário do CCV subdivididos por sistemas. Já o retorno corresponde à diferença entre entradas e saídas por período. O investimento inicial considerado refere-se a todos os gastos ocorridos até o primeiro dia do fluxo até a entrada de caixa. Todos os gastos efetuados correspondem a compra de pintinhos, compra de rações, custos operacionais, custos de manutenção e capital de giro. O capital de giro contemplou eventuais gastos que ocorrem ao longo do processo.



4. Figura 4 - Fluxos de caixa projetado por cenário

Fonte: Do Autor (2024)

A Tabela 10 sintetiza a análise de viabilidade econômica no plano determinísticos dos cinco sistemas analisados, utilizando indicadores-chave como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a Taxa de Lucratividade, considerando uma TMA de 4,09% a. a. No que se refere ao VPL, o Sistema 1 se destaca como o mais rentável, com um valor de R\$137,32, seguido pelos sistemas 2, 3 e 4, que apresentam resultados mais modestos. Já o Sistema 5 apresenta um VPL negativo, o que sugere que esse sistema não seria economicamente viável, dado que o retorno esperado é inferior ao investimento inicial.

1. Tabela 10 - Análise de Viabilidade Econômica por cenário

Indicadores	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
VPL (em R\$)	R\$ 137,32	R\$ 75,20	R\$ 56,87	R\$ 63,69	-74,07
TIR	4,23%	4,17%	4,15%	4,16%	0,040133832
Taxa de Lucratividade (em R\$)	2,25	2,23	2,22	2,22	2,19

Fonte: Do Autor (2024)

Quando analisamos a TIR, todos os sistemas, exceto o Sistema 5, apresentam taxas relativamente semelhantes, em torno de 4%, o que indica uma performance moderada e pouco diferenciada entre eles. No entanto, a TIR do Sistema 5 é baixa, reforçando a inviabilidade deste sistema. Já a Taxa de Lucratividade também segue uma tendência de proximidade entre os sistemas, variando entre 2,19 e 2,25, o que sugere que, apesar das variações no VPL e TIR, a margem de lucratividade é relativamente estável entre os sistemas mais viáveis. Contudo, quando se analisa os sistemas em que há substituição de óleo de soja por GBSF percebe-se que o Sistema 2 se destaca uma vez que apresenta os maiores valores de VPL, TIR e Taxa de Lucratividade (Tabela 10).

Assim, o estudo avançou para a próxima etapa do cálculo, que representa a análise no plano probabilístico a partir da simulação de Monte Carlo. Para tanto foram identificados os *inputs* e *outputs* do processo para a realização desta próxima etapa. Os *inputs* corresponderam aos indicadores determinísticos da AVE, a saber, Capital de Giro (R\$), Óleo de Soja (R\$/Kg), GBSF (R\$/Kg), Peso Total dos Animais 38 dias (Kg), IPCA (%), WAAC (%), Consumo Diário de Ração (Kg) e Quantidade de Animais vivos. Cabe lembrar que esta simulação se baseou no cenário ótimo identificado pela AVE para ajustes nos parâmetros de distribuição de probabilidade.

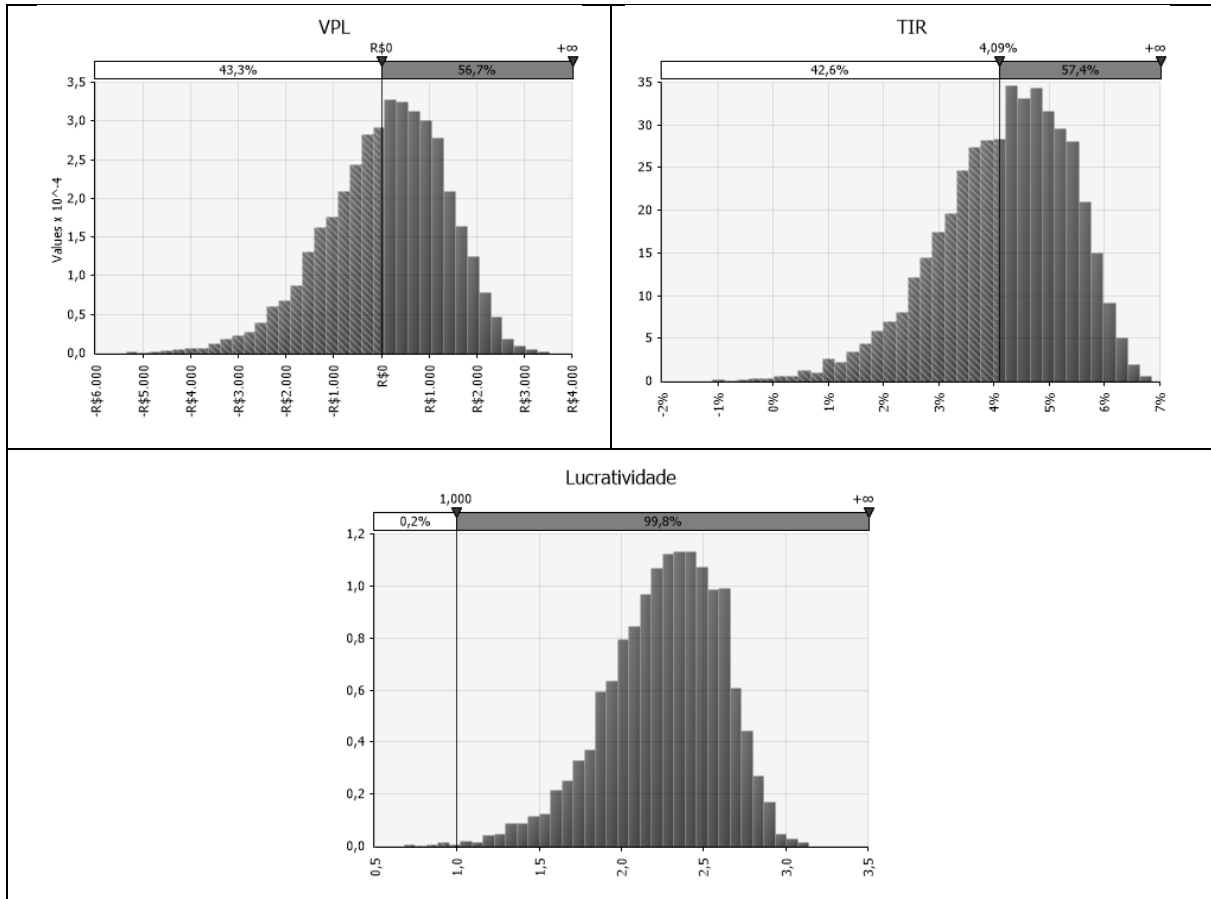
A fim de se realizar a simulação de Monte Carlo para o contexto de análise é necessário, após a identificação dos *inputs* e *outputs* do processo, a definição dos parâmetros e distribuições de probabilidade de cada *input* considerado. As distribuições de probabilidade foram escolhidas com base no melhor ajuste observado em cada variável considerada, conforme representado na Tabela 11.

2. Tabela 11 - Distribuição de probabilidade e parâmetros dos *inputs*

<i>Input</i>	Distribuição de probabilidade	Parâmetro
Capital de Giro (R\$)	Uniforme	(-2160,477; -1767,663)
Óleo de soja (R\$/Kg)	Pert	(0,13176;0,1464;0,16104)
Gordura da BSF (R\$/Kg)	Pert	(0,09855;0,1095;0,12045)
Peso total dos animais (38dias) (Kg)	Pert	(1196,028;1328,92;1461,812)
IPCA (%)	Pert	(0,0405;0,045;0,0495)
WACC (%)	Pert	(0,077625;0,08625;0,094875)
Consumo diário de ração (21-38 dias) (Kg)	Weibull	(0,164;0,033)
Quantidade de animais vivos	Triangular	(400;474;651)

Fonte: Do Autor (2024)

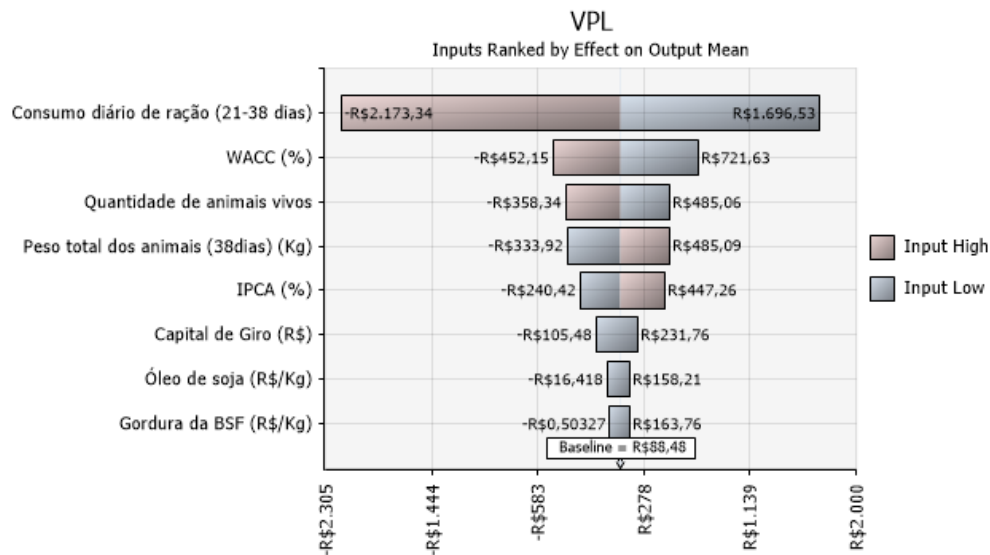
Com base nestas informações foi possível a realização da simulação de Monte Carlo com 5.000 iterações, conforme elucidado na Figura 5. Os resultados da simulação de Monte Carlo apontaram uma probabilidade de 56,7% de haver um VPL positivo e diferente de zero. No caso da TIR, há uma probabilidade de 57,4% desta ser superior ao valor da TMA (11, 25%) verificado na AVE. Já para a Taxa de Lucratividade, a simulação indicou uma probabilidade de 99,8% de ocorrência de taxas de lucratividades superiores à taxa de lucratividade indicada pela AVE (1,0).



5. Figura 5 - Histogramas probabilísticos resultantes da Simulação de Monte Carlo para o cenário ótimo

Fonte: Do autor (2024)

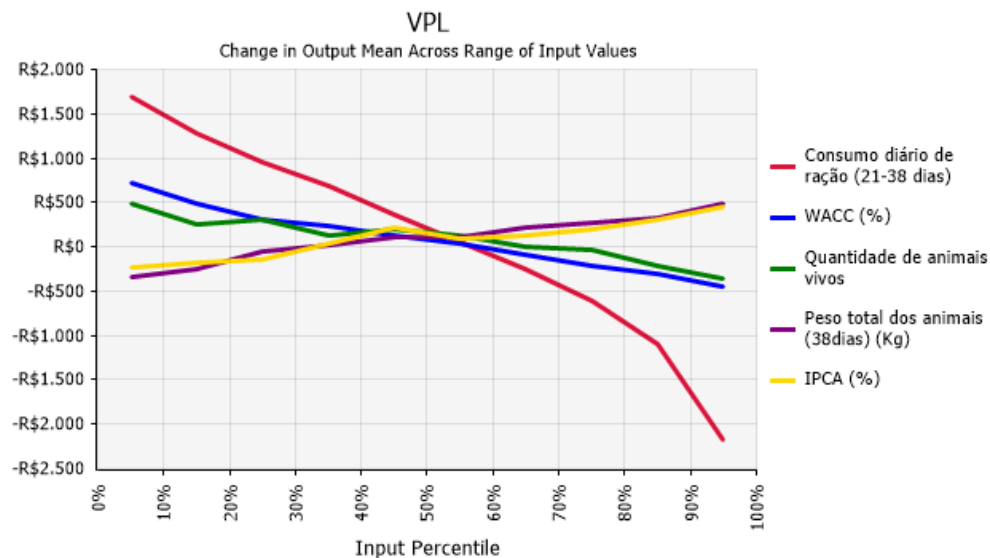
A partir destes resultados, busca-se pela otimização dos Custeio do Ciclo de Vida na produção de frango de granja. Para tanto, em uma nova análise da Figura 6 pode-se identificar com clareza quais inputs do processo impactam de maneira mais expressiva a TIR do projeto. As variáveis mais impactantes na TIR do projeto foram os *inputs*: consumo diário de ração, WACC e quantidade de animais vivos. No entanto, pensar em alternativas como reduzir os custos diários com ração e reduzir a mortalidade das aves pode ser significativo para minimizar os custos do projeto e assim obter resultados mais favoráveis. Nesse sentido, substituir óleo de soja por GBSF pode ser interessante no futuro, desde que esse insumo seja produzido em larga escala a um custo mais atrativo.



6. Figura 6 - Impacto de *inputs* da Simulação de Monte Carlo na TIR para o cenário ótimo

Fonte: Do autor (2024)

Vale ressaltar a correlação existente entre estes principais inputs/indicadores e a TIR. Na análise da Figura 7 podem ser visualizadas inclinações descendentes para os *inputs* consumo diário de ração (21-38 dias), WACC e quantidade de animais vivos. Isso indica que com base na simulação realizada, à medida que eram efetuados incrementos nesses insumos foram verificados aumentos na TIR. Por outro lado, o peso total dos animais e o IPCA podem contribuir para o aumento da TIR.



7. Figura 7 - Impacto de *inputs* na TIR por percentil

Fonte: Do autor (2024)

8. 4.3. Valor da GBSF para ser viável financeiramente

A viabilidade econômica em estudo teve o valor da GBSF como limitante para a saúde financeira do projeto, discutido, existem avanços nos sistemas de criação e nas leis do país em prol da produção da BSF possibilitando ter a gordura com valores mais atrativos. Nesse intuito a tabela 12 mostra uma análise de sensibilidade com projeção de quanto deveria ser o valor da GBSF para encontrarmos o mesmo valor de VPL do sistema/dieta 1 que demonstrou a maior viabilidade econômica já que não foi incluída a gordura em substituição do óleo de soja.

Utilizando então o VPL do sistema 1 como referência foi calculado qual seria o menor valor que a gordura poderia ter em cada experimento de modo que todos rendessem o mesmo VPL. O sistema 1 apresentou o menor valor do preço da gordura e o sistema 4 o maior valor.

1. Tabela 12. Análise de sensibilidade

Sistemas	Valor real no experimento (em R\$)	VPL (em R\$/Sistema)	Valor mínimo GBSF (em R\$)	VPL (referência)
Sistema 1	0,20	137,32	0,00	137,20
Sistema 2	0,11	75,20	0,04	137,20
Sistema 3	0,22	56,87	0,13	137,20
Sistema 4	0,33	63,69	0,24	137,20
Sistema 5	0,44	-74,08	0,21	137,20

Fonte: Do Autor (2024)

Na tabela 13 foi feito uma Análise de sensibilidade considerando o valor da GBSF o mesmo valor do óleo de soja e foi utilizado o menor valor encontrado na tabela anterior como

preço da GBSF e em ambos os cálculos foi obtido maior valor de VPL no sistema 4 mostrando uma maior viabilidade econômica na substituição da gordura da BSF pelo óleo de soja na alimentação de frangos de corte quando o preço desses ingredientes tem valores mais competitivos.

2. Tabela 13. Análise de sensibilidade

Sistemas	VPL (considerando valor R\$0,20 para GBSF)	VPL (considerando valor R\$0,04 para GBSF)
Sistema 1	137,20	137,20
Sistema 2	8,56	139,54
Sistema 3	75,51	220,95
Sistema 4	178,57	319,96
Sistema 5	146,75	293,44

Fonte: Do Autor (2024)

5. CONCLUSÕES

O Objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade de utilizar a substituição do óleo de soja por GBSF na dieta de frangos de corte no período de engorda entre 22º ao 38º dia de idade, período este caracterizado pelo alto consumo relativo de alimento pelas aves durante o ciclo produtivo.

Com base nos resultados, o estudo sobre a substituição do óleo de soja pela GBSF na alimentação de frangos demonstrou resultados interessantes e relevantes para a indústria

avícola. A substituição gradual de ingredientes revelou que, apesar de alguns impactos nos custos de produção, como a maior despesa com a GBSF em relação ao óleo de soja, a eficiência no desempenho das aves, em termos de ganho de peso, não variou significativamente entre os tratamentos. O Sistema 1, que manteve o uso exclusivo do óleo de soja, apresentou um custo-benefício mais favorável, enquanto o Sistema 5, que utilizou 100% de GBSF, teve um custo operacional mais elevado sem um aumento proporcional no ganho de peso. Assim, a substituição de 25% do óleo de soja pela GBSF parece ser uma alternativa com maior potencial de ser viável, equilibrando custo e desempenho. No entanto, ainda são necessários mais estudos que permitam que a GBSF seja competitiva em termos de custo de produção para assim ser adotada em larga escala na produção de frangos de corte.

Além disso, a análise do Custeio do Ciclo de Vida (CCV) proporcionou uma compreensão mais profunda sobre os custos fixos e variáveis envolvidos na produção. O estudo evidenciou a importância de otimizar os custos operacionais, especialmente em relação à ração, que representa uma grande parte dos custos totais. No entanto, a análise revelou que, embora a substituição de óleo de soja por GBSF tenha implicações no custo total, o ganho de peso médio não justificou um aumento expressivo nos custos operacionais, especialmente em tratamentos com maior concentração de GBSF. Portanto, é importante que os produtores considerem uma abordagem equilibrada, ajustando as dietas para maximizar a rentabilidade sem comprometer o desempenho técnico.

Os resultados do CCV mostraram que o Sistema 5 apresenta o maior custo observado, porém também apresenta o maior ganho de peso se comparado aos demais sistemas. Esses resultados não permitem verificar qual o sistema mais eficiente. Ao se aplicar a metodologia AVE foi possível verificar que o Sistema 1 foi o de maior potencial de viabilidade, pois apresentou o maior valor para o VPL, TIR e Taxa de Lucratividade. No entanto, no Sistema 1 ocorre o processo tradicional de criação de animais, e não há a inclusão de GBSG na dieta dos animais. À medida que há essa inclusão progressivamente a partir do Sistema 2 até o Sistema 5, é possível verificar que o Sistema 2 foi o mais viável economicamente, pois apresentou os maiores valores de VPL, TIR e Taxa de Lucratividade. Uma explicação para esse resultado é que GBSF apresenta um custo maior se comparado aos demais ingredientes, e ao se aumentar a proporção progressivamente, os custos também aumentam progressivamente.

Apesar das contribuições valiosas do estudo, algumas limitações devem ser consideradas, como por exemplo, a não inclusão de cálculos sobre impactos ambientais decorrentes da substituição do óleo de soja por GBSF. Essa substituição pode ter grande potencial de redução das emissões de carbono, sendo este um fator favorável ao uso da GBSF.

Para futuras pesquisas, seria relevante explorar a viabilidade econômica e ambiental da GBSF em outros contextos de produção, incluindo variações nas condições de manejo e nos preços dos insumos. A investigação de formas de reduzir custos com a GBSF e aumentar sua competitividade no mercado também pode contribuir para a adoção em larga escala, favorecendo a sustentabilidade da produção avícola.

REFERÊNCIAS

ABIOVE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. Estatísticas da cadeia da soja. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas-cadeia-da-soja/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Estatísticas setoriais. Disponível em: <https://abpa-br.org/estatisticas-setoriais/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

AMRUL, N. F.; KABIR AHMAD, I.; AHMAD BARSIL, N. E.; SUJA, F.; ABDUL JALIL, N. A.; AZMAN, N. A. A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, Basel, v. 14, n. 8, p. 4565, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14084565>.

ASIEDU, Y.; GU, P. Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International Journal of Production Research*, Londres, v. 36, n. 4, p. 883-908, 1998.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. *Principles of corporate finance*. 13. ed. New York: McGraw Hill, 2020.

BRUNO, D.; BONELLI, M.; CADAMURO, A. G. et al. The digestive system of the adult *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Morphological features and functional properties. *Cell Tissue Research*, Berlim, v. 378, p. 221-238, 2019.

CARUSO, D.; DEVIC, E.; SUBAMIA, I.; TALAMOND, P.; BARAS, E. *Technical handbook of domestication and production of Diptera black soldier fly (Hermetia illucens), Stratiomyidae*. Jakarta: IRD, 2014.

CRIPPA, L.; SILVA, L. T.; BUZZETTI, W. A.; SOARES, M. A.; SARMENTO, C. M. Insect oil production by black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed with different substrate: Fatty acid composition, chemical properties, and estimated cost of production. *Journal of Insects as Food and Feed*, Wageningen, v. 5, n. 1, p. 35-43, 2019.

DAMODARAN, A. *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2012.

DICLARO II, J. W.; KAUFMAN, P. E. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). *UF/IFAS Extension EENY 461*. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/in830>. Acesso em: 3 dez. 2023.

DOS SANTOS, M. C.; KESSLER, A. M.; PEREIRA, M. N.; DE SOUZA, N. E.; DRIEMEIER, D. Black soldier fly larvae meal as a source of protein and amino acids in diets for broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 48, p. e20180028, 2019.

EMBRAPA. Avicultura de corte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-avicultura/avicultura-de-corte>. Acesso em: 31 mar. 2023.

FERNANDES, R. T. V.; VASCONCELOS, N. V. B.; LOPES, F. de F.; ARRUDA, M. V. de. Aspectos gerais sobre alimentos na nutrição de aves. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v. 7, n. 5, p. 66-72, 2012.

FLANAGAN, R.; NORMAN, G.; CHAPMAN, R. *Life cycle costing: Theory and practice*. Oxford: Blackwell Science, 1989.

FULLER, S. K.; PETERSEN, S. R. *Life-cycle costing manual for the federal energy management program*. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, 1996.

GALLO, A. *HBR guide to building your business case*. Boston: Harvard Business Review Press, 2020.

GARCIA, R. G.; DE LIMA, V. M.; DE OLIVEIRA, G. A. P.; SANTOS, R. S. Sustentabilidade na avicultura de corte: Revisão. *Research, Society and Development*, Brasília, v. 9, n. 9, p. e129997186, 2020.

GEORGESCU, B.; STRUTI, D.; PĂPUC, T.; LADOSI, D.; BOARU, A. Body weight loss of black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) during development in non-feeding stages: Implications for egg clutch parameters. *European Journal of Entomology*, Praha, v. 117, p. 216-225, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2020.023>.

GLUCH, P.; BAUMANN, H. The life cycle costing (LCC) approach: A conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making. *Building and Environment*, Oxford, v. 39, n. 5, p. 571-580, 2004.

GUINÉE, J. B. (Ed.). *Handbook on life cycle assessment: Operational guide to the ISO standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

HUNKELER, D.; LICHTENVORT, K.; REBITZER, G. (Eds.). *Environmental life cycle costing*. Boca Raton: CRC Press, 2008.

HU, H.; ZHANG, X.; WU, Y.; ALI, A. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as feedstuff for sustainable animal production: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, London, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2020.

IGREJA, E.; SANTOS, E. C.; BRAGA, J. M.; MACHADO, F. S.; PARDO, P. E. Sustentabilidade na avicultura de corte: Revisão de literatura. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Passo Fundo, v. 21, n. 2, p. 180-188, 2017.

KADDOURA, M.; ELSHRKAWY, M.; RAJAMANI, L. Life cycle cost analysis for sustainable buildings: A review. *Energy and Buildings*, Amsterdam, v. 199, p. 301-315, 2019.

KORPI, E.; ALA-RISKU, T. Life cycle costing: A review of published case studies. *Managerial Auditing Journal*, Bradford, v. 23, n. 3, p. 240-261, 2008.

LI, Q.; ZHENG, L.; CAI, H.; TOMBERLIN, J. K.; YU, Z.; ZHANG, J. Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, Oxford, v. 72, p. 15-22, 2018.

LIMA, J. R.; et al. Viabilidade econômica do uso de ingredientes alternativos na formulação de dietas para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 42, n. 11, p. 803-811, 2013.

LIMA, V. A. de; SILVA, I. J. O. da. A avicultura de corte e de postura no Brasil vence seus desafios com tecnologia e de forma sustentável. In: *O bem-estar animal no Brasil e na Alemanha: Responsabilidade e sensibilidade*, São Paulo: Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha, 2019. p. 306.

LIU, Q.; TOMBERLIN, J. K.; YU, Z. Perfecting the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae as a waste-to-resource conversion process. *Journal of Insects as Food and Feed*, Wageningen, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2019.

NESS, B.; URBEL-PIIRSALU, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L. Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 60, n. 3, p. 498-508, 2007.

PIZZOLATO, T. M.; FERREIRA, J. T.; FEIDEN, A.; SCHUCH, L. O. B.; FRIES, L. L. M. Sistemas integrados de produção agropecuária como alternativa para a sustentabilidade da avicultura de corte: Uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Campo Grande, v. 9, n. 4, p. 61-70, 2019.

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W. P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D. W. Life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, Oxford, v. 12, n. 3, p. 111-121, 2004.

SCHIAVONE, A.; et al. Partial or total replacement of soybean oil by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) fat in broiler diets: effect on growth performances, feed-choice, blood traits, carcass characteristics, and meat quality. *Italian Journal of Animal Science*, Milan, v. 16, n. 1, p. 93-100, 2017. DOI: 10.1080/1828051X.2016.1249968.

VISCON GROUP. Viscon Group. Disponível em: <https://viscongroup.eu/markets/insects/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

WOUTERS, M.; VAN DER MEER, T.; HENS, L. Life cycle costing and environmental performance of waste-to-energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Oxford, v. 59, p. 1355-1365, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.01.023.

WOODWARD, D. Life cycle costing: Theory and practice. Oxford: Blackwell Science, 1997.