

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**TALITA VITÓRIA BEZERRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETO E  
FARINHA DE VÍSCERAS PARA SUÍNOS**

**RECIFE  
2026**

**TALITA VITÓRIA BEZERRA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETO E FARINHA  
DE VÍSCERAS PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco para obtenção do título de Mestre em  
Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup>. Dra. Camilla Mendonça Silva  
Coorientador(a): Dra. Teresinha Marisa Bertol

**RECIFE  
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

S586a Silva, Talita Vitória Bezerra da.  
Avaliação nutricional de farinhas de inseto e  
farinha de vísceras para suínos / Talita Vitória  
Bezerra da Silva. – Recife, 2026.  
53 f.

Orientador(a): Camilla Mendonça Silva.  
Co-orientador(a): Teresinha Marisa Bertol.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Alimentos alternativos. 2. Mosca-Soldado-  
Negra (*Hermetia illucens*). 3. Digestibilidade. 4.  
Metabolismo I. Silva, Camilla Mendonça, orient. II.  
Bertol, Teresinha Marisa, coorient. III. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHAS DE INSETO E FARINHA DE  
VÍSCERAS PARA SUÍNOS**

Dissertação elaborada por  
TALITA VITÓRIA BEZERRA DA SILVA

Aprovado em: 15 / 07 / 26

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Camilla Mendonça Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Dra. Priscila Antão dos Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Valdir Ribeiro Junior  
Universidade Federal de Sergipe

## DEDICATÓRIA

*Dedico ao meu filhinho de quatro patas Nelsinho que me deixou tão brevemente no meio do desenvolvimento desse trabalho, guardo sempre na memória seus olhinhos carinhosos enquanto descansava sua cabeça no seu ursinho de pelúcia preferido.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me direcionou e permitiu que eu seguisse por esse caminho. Mesmo que o mestrado nunca tenha sido um sonho tão presente no meu coração, hoje sou feliz por essa escolha e por todas as oportunidades que me foram permitidas viver através dele.

À minha família, que foi a base de tudo que construí até agora. Em especial à minha irmã Laíze, que é minha alma gêmea, ela é meu apoio nos momentos difíceis e é sempre a primeira pessoa pra quem quero contar qualquer coisa do meu dia, se a vida se repetisse um milhão de vezes, eu ainda escolheria você como minha irmã, obrigada pelos puxões de orelha e por todo companheirismo. À minha mãe Eneize, que nem sempre concorda com minhas decisões e sempre diz pra eu ser mais “pé no chão” mas que, no final acaba me apoiando e me ajudando a passar pelo processo, acho que o amor é sobre apoiar mesmo sem entender algumas decisões do outro. Ao meu pai Laudenor, que sonha alto comigo e mesmo que com o coração apertado, apoia meu voo pra longe, já conformado que a filha é “bandoleira” e que vai fazer o que for preciso, mesmo que seja a quilômetros de distância de casa. Ao meu tio Miguel, que sempre me apoiou e se orgulhou da sobrinha que se formou em uma universidade pública e agora será mestre na mesma universidade.

Aos amigos que fiz com o passar dos anos, que estão comigo desde a graduação, em especial o pessoal do “Zooque”: Carol, Rodrigo, Lucas, Joás e Nataly. A mudança de rotina e as novas ocupações acabam nos afastando do convívio diário, mas levo vocês sempre comigo e fico feliz com os rápidos encontros não combinados que acontecem no meio da correria do dia a dia.

Aos novos que chegaram e conquistaram um lugar especial, agradeço aos amigos que fiz na pós: Esterfani, Pedro, Marcos, Ygor, Elton, Adrielly, Leandra, Caroline, Rafael, Yasmin, Andréa e Wedja. Vocês tornaram esses dois anos de mestrado mais leves e suportáveis, das aulas às análises cansativas, tudo fica mais fácil quando estamos próximos a pessoas que deixam o processo mais agradável.

Aos amigos que fiz em Concórdia: Dona Guirminda, Melissa, Daiane, Bela, Mari e Eduardo, obrigada pelas comidinhas gostosas, casacos emprestados, passeios e bingos, e principalmente por me acolherem na família fazendo-me sentir em casa.

Aos amigos que fiz na Embrapa, em especial o pessoal do biogás (Victor, Kisão e Akim, Eliane, Maíra, Gabriel, Elias e Jaque), que me acolheram nos cafezinhos com

fofoca do dia a dia, despedidas, trilhas e festas juninas. À Gabriela que sempre me acompanhava nos dias de coleta aos finais de semana. Ao pessoal da granja (Valdir, Kiko, Claiton, Leudir, Édio, Mirgon, Müller, Vitor, Shell) que compartilharam seu conhecimento com paciência e dedicação e executaram com tanto zelo tudo que foi proposto no projeto. Sou muito grata pelas conversas, risadas, cafés e torresmos.

À minha orientadora, Camilla Mendonça, pelos ensinamentos indiretos ao longo desta trajetória, especialmente aqueles relacionados à resiliência, à adaptação diante de adversidades e à capacidade de avançar com autonomia diante dos desafios inerentes à pesquisa acadêmica, e à minha coorientadora, Teresinha Bertol, cuja dedicação, disponibilidade e cuidado foram muito além das obrigações acadêmicas. Seu apoio e preocupação genuína foram fundamentais para a conclusão desta etapa, principalmente durante minha estadia na Embrapa.

À UFRPE e, principalmente, ao Departamento de Zootecnia que tem sido casa por todos esses anos além de ser cenário de momentos bons e importantes da minha vida.

E por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta foram instrumento de Deus na minha vida e facilitaram meu trajeto até aqui. Não sei quais caminhos Deus reservou para o meu futuro, mas sigo muito grata e confiante para os próximos capítulos da minha história.

## RESUMO

Com o crescimento populacional e crescente demanda por alimentos, torna-se necessário buscar fontes alternativas de proteína que reduzam a dependência de ingredientes convencionais, como o farelo de soja, cuja produção demanda grandes áreas e compete com a alimentação humana. Nesse contexto, ingredientes como farinhas de insetos e subprodutos de origem animal têm ganhado destaque, especialmente pela sua sustentabilidade, eficiência produtiva e elevado valor nutricional. Objetivou-se com a pesquisa determinar a composição nutricional, digestibilidade e valor energético de farinhas alternativas, como farinha de vísceras e farinha de larvas de mosca-soldado-negro (BSF) integral e desengordurada, para suínos em crescimento. Os teores de energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), aminoácidos, digestibilidade em pepsina e oxidação lipídica dos alimentos testados foram determinados. Posteriormente foi determinada a energia digestível, metabolizável e coeficientes de digestibilidade utilizando 32 suínos machos castrados com  $46 \pm 3,9$  kg de peso corporal. A farinha de vísceras apresentou 63,29 % de PB, 14,35 % de EE e 17,23 % de CZ, enquanto a farinha de BSF desengordurada apresentou 57,22% de PB, 9,69% de EE e 7,18 % de CZ. Já a farinha de BSF integral apresentou menor teor proteico (45,24 %), porém maior teor lipídico (26,58 %) e menor teor de cinzas (5,44 %). A farinha de vísceras apresentou alto teor proteico e excelente digestibilidade, destacando-se como fonte eficiente de proteína. Já as farinhas de BSF, especialmente a integral, apresentaram maior teor energético (EB) devido ao elevado conteúdo lipídico, embora com menor aproveitamento proteico, possivelmente pela presença de quitina. A forma desengordurada mostrou maior concentração proteica, porém menor digestibilidade global. Além disso, as farinhas de insetos apresentaram maior estabilidade oxidativa em comparação à farinha de vísceras. Em relação aos aminoácidos, a farinha de BSF desengordurada apresentou maiores concentrações de aminoácidos essenciais e não essenciais em comparação à farinha integral, destacando-se leucina, lisina, valina e ácido glutâmico, a farinha de vísceras se destacou-se entre os aminoácidos essenciais, a leucina, a lisina, a valina, a treonina e a fenilalanina. Os ingredientes avaliados possuem potencial na alimentação de suínos, devendo sua utilização considerar o equilíbrio entre proteína, energia e digestibilidade para otimizar o desempenho animal, como conclusão, as farinhas avaliadas apresentaram valores elevados de energia metabolizável corrigida para nitrogênio ( $EMA_n$ ), com destaque para a farinha de BSF integral (4.653 kcal/kg MS), seguida pela farinha de BSF desengordurada (3.640 kcal/kg MS) e farinha de vísceras (3.529 kcal/kg MS).

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentos alternativos, BSF, digestibilidade, energia metabolizável, metabolismo.



## **ABSTRACT**

With population growth and the increasing demand for food, it becomes necessary to seek alternative protein sources that reduce dependence on conventional ingredients, such as soybean meal, whose production requires large land areas and competes with human food consumption. In this context, ingredients such as insect meals and animal by-products have gained prominence, particularly due to their sustainability, production efficiency, and high nutritional value. The objective of this study was to determine the nutritional composition, digestibility, and energy value of alternative protein meals, such as poultry by-product meal and black soldier fly (BSF) larval meal (full-fat and defatted), for growing pigs. The gross energy (GE), crude protein (CP), crude fiber (CF), ash, ether extract (EE), pepsin digestibility, and lipid oxidation of the tested feeds were determined. Subsequently, digestible energy, metabolizable energy, and digestibility coefficients were evaluated using 32 castrated male pigs with an average body weight of  $46 \pm 3.9$  kg. Poultry by-product meal presented 63.29 % CP, 14.35 % EE, and 17.23% ash, while defatted BSF meal showed 57.22 % CP, 9.69 % EE, and 7.18 % ash. In contrast, full-fat BSF meal had a lower protein (45.24 %) and ash content (5.44 %), but higher lipid content (26.58 %). Poultry by-product meal exhibited high protein content and digestibility, standing out as an efficient protein source. BSF meals, especially the full-fat form, showed higher energy content (GE), due to their elevated lipid levels, although with lower protein utilization, possibly due to the presence of chitin. The defatted form had a higher protein concentration but lower overall digestibility. Additionally, insect meals showed greater oxidative stability compared to poultry by-product meal. Regarding amino acids, defatted BSF meal showed higher concentrations of essential and non-essential amino acids than full-fat BSF meal, with leucine, lysine, valine, and glutamate being the most abundant amino acids, poultry-by-product stood out for its levels of leucine, lysine, valine, threonine and phenylalanine. The evaluated ingredients show potential for use in swine diets; their utilization should take into account the balance between protein, energy, and digestibility to optimize animal performance. In conclusion, the evaluated meals exhibited high values of nitrogen-corrected metabolizable energy (EMAn), notably whole BSF meal (4,653 kcal/kg DM), followed by defatted BSF meal (3,640 kcal/kg DM) and viscera meal (3,529 kcal/kg DM).

**KEYWORDS:** Alternative feeds, BSF, digestibility, metabolizable energy, metabolism.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Composição da dieta referência .....                                                                                                                            | 26 |
| <b>Tabela 2.</b> Composição centesimal e energética da farinha de vísceras, farinha de larvas de BSF desengordurada e farinha de larvas de BSF integral (% MS) .....             | 27 |
| <b>Tabela 3.</b> Composição do perfil de aminoácidos totais dos ingredientes avaliados, farinha de vísceras, farinha de BSF desengordurada, Farinha de BSF integral (% MS) ..... | 29 |
| <b>Tabela 4.</b> Coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras das farinhas de vísceras, BSF desengordurada e BSF integral (% MS) .....                       | 32 |
| <b>Tabela 5.</b> Média e desvio padrão da proteína solúvel em pepsina (PSP) e digestibilidade proteica das farinhas de vísceras, BSF desengordurada e BSF integral .....         | 37 |
| <b>Tabela 6.</b> Valores encontrados na avaliação da oxidação lipídica das farinhas (TBARS) .....                                                                                | 38 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                | <b>12</b> |
| <b>2. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                                       | <b>14</b> |
| 2.1. MOSCA-SOLDADO-NEGRO ( <i>Hermetia illucens</i> ) .....                                                               | 14        |
| 2.1.1. O mercado da mosca-soldado-negro .....                                                                             | 15        |
| 2.1.2. Composição nutricional das farinhas de larvas de BSF .....                                                         | 16        |
| 2.1.3. Utilização de farinha de larvas de mosca-soldado-negro ( <i>Hermetia illucens</i> ) na alimentação de suínos ..... | 16        |
| 2.1.4. Utilização da farinha de larvas de mosca soldado-negro como aditivo ..                                             | 18        |
| 2.2. FARINHA DE VÍSCERAS DE AVES .....                                                                                    | 19        |
| 2.2.1. O mercado da farinha de vísceras .....                                                                             | 19        |
| 2.2.2. Composição nutricional da farinha de vísceras .....                                                                | 20        |
| 2.2.3. Utilização de farinha de vísceras na alimentação animal .....                                                      | 20        |
| 2.3. A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA PARA SUÍNOS .....                                                                           | 21        |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                                                       | <b>23</b> |
| 3.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS .....                                                                           | 23        |
| 3.2. ORIGEM DOS ALIMENTOS TESTADOS .....                                                                                  | 23        |
| 3.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES .....                                                                            | 23        |
| 3.4. DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM PEPSINA .....                                                                            | 24        |
| 3.5. OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS FARINHAS .....                                                                                 | 24        |
| 3.6. ENSAIO DE METABOLISMO .....                                                                                          | 25        |
| 3.7. ANÁLISE DOS DADOS .....                                                                                              | 27        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                                                                   | <b>27</b> |
| 4.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ENERGÉTICA DOS ALIMENTOS TESTADOS .....                                                      | 27        |
| 4.2. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE E VALORES DE ENERGIA DOS ALIMENTOS .....                                             | 32        |
| 4.3. AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM PEPSINA DAS FARINHAS .....                                                  | 37        |
| 4.4. AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS FARINHAS (TBARS) .....                                                            | 38        |
| <b>5. CONCLUSÃO .....</b>                                                                                                 | <b>40</b> |
| <b>6. REFERENCIAIS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                                               | <b>41</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional observado nas últimas décadas, associado à crescente escassez de recursos hídricos e de áreas agricultáveis, tem intensificado a necessidade de sistemas alimentares mais sustentáveis e eficientes. Nesse cenário, torna-se imprescindível a busca por alternativas nutricionais que promovam o uso racional dos recursos naturais, ampliem a eficiência da produção de alimentos e sejam capazes de atender à crescente demanda por proteína, sendo benéficos nutricionalmente, ambientalmente e financeiramente.

A soja, uma das principais fontes proteicas empregadas na alimentação animal no Brasil, também possui ampla utilização na alimentação humana, o que acentua a competição por essa matéria-prima e eleva a pressão sobre as áreas destinadas à sua produção. Além disso, a elevada demanda por esse grão contribui para recorrentes oscilações de mercado, refletindo diretamente no aumento dos custos de produção e na redução de sua viabilidade econômica em determinados períodos. Nesse contexto, a utilização de fontes alternativas de proteína representa uma estratégia promissora para reduzir a dependência da soja, aumentar a resiliência dos sistemas produtivos frente às flutuações de preços e favorecer a sustentabilidade da produção animal.

Há muito tempo, o consumo de insetos por seres humanos de algumas regiões do planeta se dissemina principalmente por questões culturais e de escassez de alimentos. Esse recurso também vem sendo introduzido no mercado pet e aquicultura, além de ser objeto de estudo na avicultura e suinocultura (Liceaga et al., 2022). Diversos estudos têm evidenciado o potencial dos insetos como fonte alternativa de proteína, indicando que sua concentração proteica pode ser comparável à de carnes tradicionais, como bovina, suína e de aves, tanto na fase de ninfa quanto na fase adulta. No entanto, tais comparações devem ser interpretadas com cautela, considerando diferenças na base de cálculo e variações metodológicas entre os estudos (Hancz et al., 2024).

Além disso, pesquisas tem demonstrado que as farinhas produzidas da biomassa de insetos em geral apresentam boa aceitabilidade para aves e suínos e esse ingrediente pode substituir de forma parcial ou total o farelo de soja ou farinha de peixes, dependendo da espécie estudada (Biasato et al., 2019; Makkar et al., 2014; Nascimento Filho et al., 2020; Ruhnke et al., 2017). Neste contexto, a farinha de larvas de mosca-soldado-negro (BSFL) tem surgido como fonte alternativa promissora de proteína para dietas de suínos, por apresentar composição nutricional semelhante ao farelo de soja. Em um estudo realizado por Lu et al. (2022), foi relatado que essa farinha pode apresentar teores de

proteína entre 27 e 55 % na matéria seca e lipídios entre 8 e 57 % dependendo do processamento e das condições de cultivo.

Outro alimento alternativo que vem ganhando destaque na alimentação de animais não ruminantes é a farinha de vísceras. De acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2023), a farinha de vísceras é o resultado da cocção, prensagem e moagem de vísceras de aves, podendo conter cabeça e pés, mas excluindo penas, resíduos de incubatórios ou quaisquer materiais e microrganismos patogênicos estranhos à sua composição.

A farinha de vísceras é amplamente utilizada como ingrediente proteico na nutrição de não ruminantes, destacando-se pelo elevado teor de proteína e pela boa concentração de aminoácidos essenciais. No geral, esse ingrediente apresenta proteína bruta em média de 60 % (em MN), valores que variam conforme o processamento e a proporção de tecidos incluídos. A digestibilidade dos nutrientes também costuma ser elevada, estudos mostram que farinhas de vísceras bem processadas apresentam coeficientes de digestibilidade ileal padronizada (SID) de aminoácidos essenciais superiores a 80 %, incluindo lisina, metionina e treonina, o que reforça seu potencial como fonte proteica de alta eficiência para suínos. No que se refere à energia, esse ingrediente apresenta valores expressivos de energia metabolizável (EM), podendo chegar a quase 4.000 kcal/kg, contribuindo de forma significativa para o aporte energético das dietas (Kerr et al., 2019; Rostagno et al., 2024).

Além do valor nutricional, o aproveitamento de subprodutos de abatedouro otimiza a sustentabilidade e a eficiência das cadeias de proteína animal. Essa prática transforma o que seria um passivo ambiental (toneladas de resíduos) em matéria-prima de baixo custo, reduzindo o impacto ecológico e aumentando a rentabilidade do produtor.

Diante do contexto descrito, torna-se essencial a determinação da composição nutricional, assim como o valor energético e a digestibilidade de ingredientes alternativos ao farelo de soja, uma vez que essa informação é fundamental para a formulação de dietas mais eficientes para suínos. Nesse sentido, a avaliação da energia digestível e metabolizável desses insumos permite maior precisão no atendimento das exigências nutricionais dos animais. Assim, o presente estudo tem como objetivo determinar a composição nutricional, energética e os coeficientes de digestibilidade de alimentos alternativos, como a farinha de larvas de mosca-soldado-negro e a farinha de vísceras, voltados à alimentação de suínos em crescimento.

## 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1. MOSCA-SOLDADO-NEGRO (*Hermetia illucens*)

A mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*) popularmente conhecida como BSF (do inglês Black-soldier-fly), é um inseto saprófito que se alimenta principalmente de resíduos orgânicos, como, resíduos alimentares, subprodutos agrícolas ou esterco animal. Na sua fase adulta, as moscas não se alimentam e devido a isso, as larvas precisam acumular uma grande quantidade de gordura tanto para o desenvolvimento larval quanto para a sobrevivência na fase adulta. Nesse processo intensivo de alimentação, as larvas podem reduzir em até 50% o volume de resíduos orgânicos, como resíduos de restaurantes, resíduos de incubatório e até mesmo esterco animal. Em adição a isso, diferentemente das outras espécies de mosca, a BSF não transmite patógenos e tem eficiência comprovada contra *Escherichia coli* e *Salmonella* devido aos peptídeos antimicrobianos presentes em sua composição (Lu et al., 2022; Pimchan et al., 2024; Sheppard et al., 1994).

Seu ciclo de vida é de aproximadamente 40 dias, sendo dividido em quatro fases: ovo, larva, pupa e mosca adulta (Siddiqui et al., 2025). Liu et al. (2017), avaliaram as alterações metabólicas na composição nutricional da BSF nos diferentes estágios e foi observado um aumento no teor de gordura bruta entre os dias 4 e 14 de desenvolvimento larval com o valor máximo de 28,4 % na matéria seca. Em relação a proteína bruta, apresentou uma contínua redução nas mesmas fases, com nível mínimo de 38 % na fase larval (12 dias) e valor máximo de 46,2 % no início da fase de pupa. Ocorreu uma queda acentuada no teor de gordura bruta do estágio de pré-pupa inicial (24,2 %) para pupa tardia (8,2 %), mas a proteína bruta alcançou seu valor máximo de 57,6 % no estágio adulto pós-morte com teor de gordura de 21,6 %. Em relação aos aminoácidos, uma grande variedade foi sintetizada em todas as fases de desenvolvimento, trazendo destaque para a lisina, que geralmente é um aminoácido limitante na maioria das proteínas de origem vegetal, o mesmo se apresentou relativamente abundante ao longo de todo ciclo de vida (19,0 - 29,8 g/kg/MS).

O processamento da farinha de larvas de BSF passa por algumas etapas, começando com a retirada do substrato e a depuração dos insetos, seguida pelo abate, que geralmente ocorre por escaldamento rápido, para inativar enzimas e reduzir a carga microbiana. Em seguida, as larvas são secas, (comumente em estufas de ar quente a 60 – 70 °C ou por liofilização) até atingir baixo teor de umidade. Para produzir a farinha integral, o material seco é moído e peneirado. Já para obter a farinha desengordurada, o

produto seco passa primeiro por um processo de remoção de óleo, que pode ser feito por prensagem mecânica (método mais comum), extração com solventes ou CO<sub>2</sub> supercrítico; após a extração, o material é moído, padronizado e embalado. Esse conjunto de etapas define o grau de extração lipídica, a composição final da farinha e suas propriedades nutricionais e digestíveis (Hurtado-Ribeira et al., 2023; Son et al., 2023; Marasca et al., 2025).

### 2.1.1. O mercado da mosca-soldado-negro

Na entomocultura zootécnica, uma das principais espécies utilizadas na alimentação animal é a mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*). O interesse por essa espécie tem crescido principalmente pelo alto valor nutricional e pelos benefícios ambientais associados a sua produção, além do aumento significativo de investimentos por parte de grandes empresas do setor em incentivos para a sua utilização (Globo rural, 2024).

Antes da década de 60, essa espécie de mosca era vista como praga, a partir desse período começaram a surgir estudos demonstrando seu potencial como recicladora de resíduos orgânicos (Miller; Shaw et al., 1969). Logo em seguida, na década de 70, iniciaram-se ensaios testando seu potencial na alimentação animal com estudos realizados por Hale (1973), que testou a inclusão de larvas secas como aditivo alimentar para aves, em sequência, esses estudos foram expandidos para outras espécies com Newton et al. (1977), investigando seu uso na alimentação de suínos e Bondari e Sheppard (1981), na alimentação de peixes. Essa evolução histórica culminou na consolidação da BSF como solução sustentável para a gestão de resíduos sólidos e produção de ração, com a comercialização ganhando força a partir dos anos 2000 e a liberação regulatória para uso em rações no Brasil ocorrendo em 2020 a partir da implementação do decreto de nº110/2020 do MAPA.

Segundo uma pesquisa realizada pelo SkyQuest Technology Consulting (2022), o mercado global da mosca-soldado-negro era avaliado em US\$ 175,76 milhões em 2021 e é previsto que atinja o valor de US\$ 1.437,56 milhões até 2028. Os estudos realizados em 20 fazendas comerciais distribuídas em seis países (Brasil, Camboja, China, Gana, Quênia e Vietnã) mostraram que a mosca pode ser produzida de forma lucrativa em larga escala, com um custo estimado de US\$ 0,60-0,70 por kg/MS, tornando-a uma das fontes de proteínas mais econômicas mundialmente.

### 2.1.2. Composição nutricional das farinhas de larvas de BSF

A farinha de larvas da mosca-soldado-negro (BSF) apresenta, em média, de 35 a 60 % de proteína bruta (PB) e de 7 a 48 % de extrato etéreo (EE), variando conforme o tipo de substrato utilizado na alimentação das larvas, estágio de desenvolvimento, condições de criação e método de processamento. Esses valores são comparáveis e por vezes superiores aos observados em ingredientes convencionais, como a farinha de peixe (75,4 % de PB e 11 % de EE, na matéria seca) e o farelo de soja (49,5 % de PB e 1,9 % de EE). (Barragán-Fonseca et al., 2017; Caligiani et al., 2019; Palma et al., 2019; Rachmawati et al., 2010; Santos, 2022; Slimen et al., 2023).

Além do alto teor proteico, a farinha de BSF possui bom perfil de aminoácidos totais, com destaque para valina (3,45 %), leucina (3,33 %), alanina (3,24 %), tirosina (2,90 %) lisina (2,78 %) e arginina (2,36 %), além de elevados teores minerais, especialmente cálcio (1,21 – 4,39 %) e fósforo (0,74 – 0,95 %). Em comparação, o farelo de soja apresenta 2,65 % de valina, 4,20 % de leucina, 2,43 % de alanina, 1,93 % de tirosina, 3,42 % de lisina e 4,03 % de arginina, além de 0,39 % de cálcio e 0,71 % de fósforo. Esses dados evidenciam o potencial nutricional da farinha de BSF como alternativa proteica para formulação de rações (Barragán-Fonseca et al., 2017; Feedipedia, 2012).

Atualmente, na suinocultura, são utilizados três tipos de farinha de larvas da mosca-soldado-negro (BSF): integral, semi-desengordurada e desengordurada. A principal diferença entre elas está no método de processamento, que influencia diretamente nos teores de extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) do produto final. A farinha integral apresenta variações de 35,9 a 48,1 % de PB e de 36,8 a 48,1 % de EE; a semi-desengordurada contém, em média, 59 % de PB e 8,97 % de EE; enquanto a desengordurada apresenta teores médios de 40,8 a 60,7 % de PB e de 7,9 a 12,3 % de EE (Hong; Kim, 2022).

Observa-se na literatura a ausência de padronização na classificação da farinha de BSF, com critérios frequentemente inconsistentes entre estudos. Isso resulta em sobreposição de características, de modo que farinhas desengorduradas podem apresentar teores lipídicos semelhantes aos de farinhas semi-desengorduradas. Além disso, as tabelas brasileiras não apresentam dados de valor nutricional dessas farinhas.

### 2.1.3. Utilização de farinha de larvas de mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens*) na alimentação de suínos



Como fonte de proteína alternativa, as larvas das moscas-soldado-negro (BSFL) têm se destacado devido a sua alta taxa de conversão alimentar, ciclo reprodutivo curto (em média 40 dias) e alto teor de gordura, proteína, minerais e vitaminas; além disso, essas larvas são altamente sustentáveis, pois, podem ser produzidas em alta escala através do consumo de resíduos orgânicos (Lu et al, 2022). Outro aspecto relevante para a sua utilização refere-se ao potencial antimicrobiano atribuído à sua composição lipídica, com destaque para a presença de ácidos graxos de cadeia média, como o ácido láurico, o que também possibilita sua aplicação como suplemento alimentar (Kim; Rhee, 2016).

Um estudo realizado por Phaengphairee et al. (2023), avaliando a inclusão de farinha de larvas de BSF integral sozinha (12 %) ou em associação com probióticos demonstrou que a farinha de BSF integral pode ser utilizada como uma alternativa viável aos promotores de crescimento nas dietas de leitões desmamados, especialmente no período crítico pós desmame, reduzindo a incidência de diarreia e promovendo a manutenção da integridade intestinal, evidenciada por melhora nos parâmetros histomorfológicos, como altura de vilosidades e relação vilo:cripta, em adição, também promoveu a modulação positiva da microbiota intestinal. Além disso, a associação com probióticos pode trazer um efeito de sinergia fortalecendo a imunidade e a microbiota intestinal, contribuindo também para o desempenho desses animais.

Somado a isso, Zhu et al. (2022) avaliaram a inclusão de 4 e 8 % de farinha de larvas de BSF buscando observar o efeito no desempenho e qualidade da carne após 113 dias de experimento. Os resultados encontrados demonstraram que a adição da farinha de larvas em substituição da farinha de peixe para suínos em crescimento aumentou o conteúdo de alguns aminoácidos livres e promoveu alterações significativas no perfil de metabólitos lipídicos do músculo, impactando positivamente o crescimento dos animais e a qualidade da carne.

Crosbie et al. (2020) realizaram dois experimentos para avaliar a digestibilidade ileal padronizada (DIP) de aminoácidos e o valor energético de duas amostras de farinha de larvas de mosca-soldado-negro (BSF), uma integral (42,5 % PB) e outra desengordurada (40,8 % PB), na alimentação de suínos em crescimento. Ambas apresentaram alta digestibilidade para a maioria dos aminoácidos, sem diferenças significativas para a proteína bruta e a lisina apresentando a digestibilidade ileal aparente de proteína bruta de 71,2 % (integral) e 71,0 % (desengordurada). No entanto, a farinha integral apresentou valores superiores de energia digestível (4.927 kcal/kg), metabolizável (4.569 kcal/kg) e líquida (3.477 kcal/kg) em comparação à desengordurada

(3.941, 3.396 e 2.640 kcal/kg, respectivamente), destacando-se como uma fonte energética mais eficiente e promissora na nutrição de suínos.

Liu et al. (2023) realizaram um estudo avaliando as diferentes inclusões da farinha de BSF em substituição ao farelo de soja. Foi observado que a inclusão de 25 % de BSF na dieta resultou em melhorias no ganho de peso diário, ingestão alimentar e na morfologia intestinal evidenciada pelo aumento da razão altura de vilosidade/profundidade de cripta no duodeno. Além disso, foi observada uma elevação nos níveis de imunoglobulinas no íleo e maior abundância de bactérias benéficas produtoras de ácidos graxos de cadeia curta, como *Ruminococcaceae* e *Faecalibacterium*. No entanto, a substituição total do farelo de soja (100 %) aumentou o peso dos rins, sendo um possível indicativo de estresse fisiológico e favoreceu a proliferação de bactérias potencialmente patogênicas. Esses resultados indicam que a inclusão da farinha de BSF pode promover benefícios ao desempenho e à saúde intestinal dos suínos, desde que utilizada em níveis moderados.

#### **2.1.4. Utilização da farinha de larvas de mosca soldado-negro como aditivo**

Além de ser um possível substituto proteico, a farinha de larvas de BSF pode ser utilizada como aditivo melhorador de desempenho. Em sua composição é possível encontrar alguns ácidos graxos como ácido láurico (21 – 43 %), ácido palmítico (11 – 16 %), ácido oleico (12 – 32 %) e ômega-3 (0,2 – 3 %), variando de acordo com o substrato fornecido (Makkar et al., 2014).

Esses ácidos, principalmente o ácido láurico, atuam como agentes antimicrobianos prevenindo e tratando gastroenterites como observado por Yu et al. (2019), ao suplementar suínos com uma inclusão de 4 % de larvas de BSF notou-se um aumento de *Lactobacillus*, *Pseudobutyrvibrio*, *Roseburia* e *Faecalibacterium*, beneficiando o fortalecimento da barreira intestinal, redução da inflamação crônica, melhoria do sistema imunológico e auxílio na digestão e absorção de nutrientes. Ao mesmo tempo ocorreu a redução da quantidade de *Streptococcus*. Saidani et al. (2025) encontraram resultados semelhantes trabalhando com frangos de corte, ao incluir 5 % de larvas de BSF na fase inicial e 10 % na fase de crescimento, observando uma redução de bactérias nocivas como *Enterobacteriaceae* e aumento de bactérias benéficas como *Lactobacillus* spp. na microbiota cecal das galinhas, importantes para a produção de ácido láctico e consequentemente redução do pH intestinal, inibindo o crescimento de patógenos como a *Salmonella* (Cruz et al., 2022).

Outros constituintes presentes em grande quantidade nos insetos são a quitina e a quitosana, polissacarídeos naturais presentes principalmente no exoesqueleto desses animais. Embora leitões possuam a enzima quitinase endógena, responsável pela degradação da quitina, a atividade dessa enzima pode ser limitada em animais jovens, podendo comprometer o aproveitamento dos nutrientes presentes na farinha de insetos. (Kawasaki et al., 2023).

Apesar da baixa digestibilidade, pesquisas com animais mais velhos têm mostrado que a inclusão da quitina na dieta pode promover efeitos benéficos a saúde animal. Por atuar como substrato não digerível, a quitina exerce um efeito prebiótico que estimula o crescimento de micro-organismos benéficos no trato gastrointestinal, como *Firmicutes*, *Clostridiales*, *Tenericutes*, *Actinomycetes*, bactérias quitinolíticas e *Lactobacilos*. Essa modulação microbiana resulta no aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais têm propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias. Além disso, a quitina pode ativar o sistema imunológico inato via receptores de reconhecimento de patógenos (PRRs). Em suínos, a quitina presente em *Hermetia illucens* (BSF) tem sido associada ao aumento da expressão do receptor TLR-4, à elevação de citocinas pró-inflamatórias, e à indução de marcadores anti-inflamatórios, como IL-10, bem como ao incremento das concentrações séricas de globulinas, IgA e SIgA (Abenain; Conti, 2025; Yu et al., 2019; Yu et al., 2020).

## 2.2. FARINHA DE VÍSCERAS DE AVES

### 2.2.1. O mercado da farinha de vísceras

A reciclagem animal é uma prática amplamente adotada em escala global e desempenha um papel essencial na sustentabilidade da cadeia produtiva de proteína animal, contribuindo tanto para a redução dos impactos ambientais quanto para a geração de valor econômico. No Brasil, a produção de farinha de vísceras tem aumentado significativamente, impulsionada principalmente pelo crescimento da avicultura e pela alta demanda por alimentos destinados à nutrição animal. Conforme dados do anuário publicado em 2024 pela Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA), o país produziu aproximadamente 711,8 mil toneladas desse ingrediente no ano de 2023.

Com a implementação do Decreto nº 12.106, de 10 de julho de 2024, que regulamenta os incentivos fiscais destinados à cadeia produtiva da reciclagem, o setor de reciclagem animal passou a se beneficiar de novas oportunidades para o fortalecimento da economia em alinhamento com a sustentabilidade. A medida possibilita a dedução de

impostos e estimula a realização de pesquisas, programas de capacitação e investimentos em infraestrutura, agregando maior valor aos resíduos e promovendo um ciclo produtivo mais sustentável.

### **2.2.2. Composição nutricional da farinha de vísceras**

A composição nutricional da farinha de vísceras pode variar de acordo com a origem da matéria-prima e as condições de processamento. Apresenta valores médios de 57,4 % de proteína bruta (PB), 16,5 % de matéria mineral (MM) e 4957 kcal/kg de energia bruta (EB), com os valores expressos em base de matéria natural (Rostagno et al., 2024).

Pozza et al. (2008) avaliaram a composição química e energética de cinco farinhas de vísceras e notou-se que os índices de proteína e energia metabolizável variam bastante entre si devido a diversidade na composição. Os teores de proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e energia metabolizável variaram de 52,77 a 62,47 %, 10,94 a 15,25 %, 1,27 a 1,71 %, 3.151 a 4.293 kcal/kg, respectivamente.

Em avaliação de 70 amostras de farinha de vísceras de aves, Silva et al. (2020), observaram teores médios de aminoácidos essenciais e não essenciais destacando-se lisina (2,6 %), metionina (0,88 %), treonina (1,75 %), triptofano (0,38 %), valina (2,13 %), leucina (3,1 %), isoleucina (1,70 %), fenilalanina (1,70 %), histidina (1,00 %), arginina (3,30 %) e cisteína (0,60 %). Dessa forma, pode-se dizer que a farinha de vísceras apresenta uma equilibrada composição proteica e potencial para uso em dietas para suínos desde que seu processamento seja controlado e a formulação seja ajustada para corrigir as possíveis deficiências.

Os subprodutos de origem animal apresentam propriedades nutricionais que resultam em falta de uniformidade dos ingredientes. A variabilidade inerente ao processamento, especialmente pressão e tempo de cocção, pode afetar a qualidade final, podendo reduzir a digestibilidade da lisina por reações de Maillard ou aumentar o teor de cinzas quando ocorre a inclusão excessiva de ossos (Mavromichalis, 2021).

### **2.2.3. Utilização de farinha de vísceras na alimentação animal**

A maior parte dos estudos que avaliam farinhas de vísceras utiliza matérias-primas heterogêneas, frequentemente combinando vísceras com penas, e partes da carcaça. Essa ampla variação na composição dificulta a caracterização específica da farinha de vísceras e, conseqüentemente, a interpretação de seus efeitos nutricionais. Quando se considera,

ainda, sua aplicação em dietas para suínos, o número de estudos disponíveis torna-se ainda mais limitado, evidenciando uma lacuna significativa na literatura.

Um estudo com frangos de corte conduzido por Bellaver et al. (2001) mostrou que a substituição do farelo de soja por farinha de vísceras em 20 % na fase inicial e 25 % na fase de crescimento de frangos melhora o desempenho até 21 dias de idade, sem comprometer o desempenho até os 42 dias, além disso, ocorreu um aumento de gordura nas carcaças.

Nguyen et al. (2024), investigaram o efeito da substituição do farelo de soja por diferentes inclusões de farinha de subprodutos de aves (FSA) - 0g/kg, 37 g/kg, 85g/kg e 111g/kg - na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação. O estudo avaliou o comportamento alimentar, desempenho zootécnico, rendimento de carcaça e qualidade da carne. Os resultados indicaram que na maioria dos parâmetros avaliados não teve efeito significativo com a inclusão da FSA, com exceção da conversão alimentar que foi maior para suínos alimentados com a inclusão de 37g/kg de farinha de subprodutos avícolas. Além disso, músculos do lombo dos suínos alimentados com altos níveis de FSA apresentaram maior teor de cinzas.

Fontinha et al. (2021), em um estudo utilizando peixes, demonstraram que a farinha de peixe pode ser substituída em até 83% pela farinha de vísceras na dieta de juvenis de dourada sem comprometer seu crescimento. Além disso, essa substituição promoveu maior diversidade da microbiota intestinal e melhorou a eficiência econômica das dietas.

### 2.3. A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA PARA SUÍNOS

Segundo Blakemore et al. (2002), o termo metabolismo compreende ao conjunto de transformações químicas que ocorrem no organismo e permitem tanto a utilização dos nutrientes para gerar energia quanto a síntese de novos componentes celulares. Essas transformações envolvem desde a conversão de moléculas simples em estruturas mais complexas até a degradação de compostos orgânicos durante funções específicas do corpo.

Sendo assim, no organismo duas grandes vias metabólicas são reconhecidas: o catabolismo, no qual substâncias são quebradas para liberar energia ou para abastecer outras reações, e o anabolismo, responsável pela construção de moléculas essenciais, como proteínas e ácidos nucleicos. Quando os processos anabólicos superam os

catabólicos, ocorre incremento de tecido corporal, resultando em crescimento ou aumento de peso, (Blaxter; Boyne, 1978).

O principal determinante do desempenho produtivo e do custo da alimentação em sistemas de suinocultura é a energia. A energia fornecida pela dieta pode ser expressa em diferentes formas: Energia Bruta (EB), Energia Digestível (ED), Energia Metabolizável (EM) e Energia Líquida (EL). A EL é considerada a mais adequada para formulação de dietas modernas, pois contabiliza perdas relacionadas à fermentação e ao metabolismo animal, oferecendo uma estimativa mais precisa da energia disponível para manutenção e produção (Noblet, 2007).

A energia é essencial para diversas funções fisiológicas dos suínos, como termorregulação, atividade física, manutenção dos órgãos, crescimento e deposição de carne e gordura. Dietas com densidade energética inadequada implicam em menor desempenho, enquanto dietas com energia insuficiente limitam ganho de peso e eficiência alimentar, dietas excessivamente energéticas favorecem a deposição de gordura (Hulshof et al., 2017; Noblet, 2007).

A relação entre energia e proteína dietética é crítica pois, para que os aminoácidos da dieta sejam eficientemente utilizados para síntese proteica e crescimento, a oferta de energia deve ser adequada. Em situações de deficiência energética, aminoácidos podem ser desviados para produção de energia, reduzindo a eficiência da retenção proteica. Por outro lado, o excesso de energia pode estimular a lipogênese e aumentar a deposição de gordura corporal, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes para deposição de proteína (Nam; Aherne, 1994; Smith et al., 1999).

As fontes de energia comumente utilizadas nas rações de suínos incluem cereais ricos em amido (milho, sorgo, trigo) e ingredientes com maior teor lipídico (óleos, gorduras animais/vegetais). Ingredientes alternativos como farinhas de insetos ou de vísceras, também podem ser utilizados, os quais representam elevada densidade energética devido ao seu teor de gordura e proteína. A digestibilidade e composição desses ingredientes influenciam diretamente seu valor energético real e a eficácia da dieta (Noblet; Van Milgen, 2004).

Quiniou e Noblet (2012), avaliaram como diferentes concentrações de energia líquida na dieta (variando de 1.937 a 2.653 kcal/kg) afetam o comportamento alimentar e desempenho de suínos em crescimento e terminação. Os resultados do estudo mostraram que os animais ajustam o consumo de ração conforme a densidade energética, comendo menos quando a dieta é mais energética, além disso, aumentar a concentração de energia

líquida na ração melhora o ganho de peso, a eficiência alimentar e algumas características da carcaça, sendo a ingestão total dessa energia o fator mais determinante do desempenho.

As exigências energéticas dos suínos variam conforme a fase de desenvolvimento, refletindo mudanças na taxa de crescimento, composição corporal e demandas fisiológicas. Leitões em crescimento apresentam maior necessidade de energia para sustentação da síntese proteica e desenvolvimento muscular, enquanto animais em terminação direcionam maior parte da energia excedente para deposição de gordura, exigindo ajustes na densidade energética da dieta. Em matrizes gestantes, a energia deve atender tanto à manutenção quanto ao desenvolvimento fetal, e, durante a lactação, as exigências aumentam significativamente devido ao elevado custo energético da produção de leite. Dessa forma, a formulação de dietas deve considerar a fase produtiva para garantir desempenho adequado, evitar desperdícios e otimizar o uso dos nutrientes (Patience et al., 2015; Paul et al., 2007; Tokach et al., 2019; Zhang et al., 2014).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE sob o protocolo CEUA nº 4474190224, e CEUA Embrapa Suínos e Aves protocolo nº 28/2023.

#### 3.1. LOCAL DE REALIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

O ensaio de metabolismo dos ingredientes testes para suínos foram realizados no Campo Experimental de Suínos da Embrapa Suínos e Aves situada em Concórdia/SC.

#### 3.2. ORIGEM DOS ALIMENTOS TESTADOS

As diferentes farinhas de larvas de insetos utilizadas nos experimentos foram obtidas comercialmente na empresa Cyns (CYNS Copyright, Piracicaba, SP, Brasil), e a farinha de vísceras de aves foi obtida por doação na agroindústria da Seara - JBS (Passo Fundo, RS, Brasil).

#### 3.3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES

No laboratório de análises físico-químicas da Embrapa Suínos e Aves, foi determinada a composição química dos ingredientes, avaliando os teores de matéria seca (IAL 012/IV), cinzas (Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal – método nº 36),

proteína bruta (AOAC 990.03 / AOAC 992.15 / AOAC 992.23 / AOAC 993.13), fibra bruta (AOAC Ba 6a-05), extrato etéreo (AOCS Am 5-04) e energia bruta (ISO 9831).

O perfil de aminoácidos foi determinado no laboratório de tecnologia de alimentos (NUBIOTEC-UFRPE) por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detecção por fluorescência UV-Vis após hidrólise ácida e derivatização pré-coluna utilizando o reagente AccQ-Fluor® (Waters, Milford, MA, EUA) seguindo metodologia adaptada do fabricante (Waters Corporation). O triptofano foi analisado separadamente por HPLC após hidrólise alcalina seguindo também a metodologia da Waters.

### 3.4. DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM PEPSINA

A digestibilidade proteica das amostras foi determinada por meio de ensaio *in vitro* utilizando pepsina, conforme descrito no Comunicado Técnico 402 da Embrapa, com adaptações.

Para a análise, aproximadamente 1,0 g de cada amostra foi pesada e submetida à digestão em solução de pepsina em meio ácido, simulando as condições do trato gástrico. Após incubação em condições controladas de temperatura e tempo, a reação foi interrompida, e o resíduo não digerido foi separado para posterior determinação do nitrogênio remanescente.

A quantificação do nitrogênio foi realizada pelo método de Kjeldahl, conforme o método 984.13 da AOAC. O teor de proteína bruta foi calculado a partir do nitrogênio total, utilizando o fator de conversão 6,25.

A proteína digerida após o tratamento com pepsina foi determinada de forma análoga. A digestibilidade proteica *in vitro* foi calculada pela relação entre a proteína digerida e a proteína bruta total da amostra, expressa em porcentagem. As análises foram conduzidas em duplicata para cada repetição experimental, sendo os resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão ( $n = 2$ ).

### 3.5. OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS FARINHAS

A oxidação lipídica das farinhas foi avaliada utilizando o método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) descrito por Vyncke (1970), com modificações, em que 10 gramas de amostra foram adicionados a 50 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA) à 7,5%. As amostras foram transferidas para tubos de centrífuga de 50 ml, posteriormente para tubos de ensaio em alíquota de 5 ml e adicionados 5 ml da solução de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a 0,02 M. A curva padrão utilizou-se solução



Tetraetoxipropano (TEP), a curva de analítica foi elaborada pela transferência de alíquotas de solução TEP, água e solução de TBA. Os tubos (amostra e pontos da curva de analítica) foram fechados, agitados em vórtex e colocados em banho-maria fervente por 45 minutos para o desenvolvimento da cor. Após resfriamento em banho de água gelada por 15 minutos, a absorbância foi lida em espectrofotômetro de feixe duplo UV-VIS (Cary 1E, Varian) em 538nm. Os resultados obtidos de acordo com as diferentes concentrações de TEP foram plotados em gráfico de dispersão, com regressão linear, obtendo-se assim a equação de uma reta. A partir da equação, os valores das substâncias reativas ao TBA foram calculados, com resultado expresso em mg TEP/kg da amostra.

### 3.6. ENSAIO DE METABOLISMO

Para determinar os valores de energia metabolizável foi conduzido um ensaio de digestibilidade no Campo Experimental de Suínos da Embrapa Suínos e Aves, utilizando 32 suínos machos castrados, descendentes de macho terminal MS115 cruzados com fêmeas F1 (Large White x Landrace), com peso corporal médio de  $46 \pm 3,9$  kg.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, tipo “PEKAS” (Pekas, 1968), durante um período experimental de 7 dias de adaptação às dietas e gaiolas e 5 dias para coleta de fezes e urina.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) de acordo com o peso inicial, com quatro tratamentos, oito repetições, tendo a gaiola como unidade experimental. Os tratamentos foram categorizados como:

- T1 - Dieta referência padrão (DR);
- T2 – 80 % de DR + 20 % de farinha de vísceras de aves;
- T3 – 80 % de DR + 20 % de farinha de larvas de BSF desengordurada;
- T4 – 80 % de DR + 20 % de farinha de larvas de BSF integral.

A DR (dieta referência) foi formulada segundo Rostagno et al. (2024), para suprir as exigências nutricionais correspondentes ao peso e fase (crescimento) dos suínos contendo ingredientes recomendados para a idade/peso dos animais sendo, principalmente, baseada em milho e farelo de soja suplementada com minerais e vitaminas, como descrita na tabela 1.

473 **Tabela 1.** Composição da dieta referência\*\*

| Descrição                 | %      |
|---------------------------|--------|
| Milho                     | 76,29  |
| Farelo de Soja            | 20,31  |
| Fosfato Bicálcico         | 1,45   |
| Calcário Calcítico        | 0,77   |
| Sal comum                 | 0,47   |
| L-Lisina                  | 0,30   |
| DL – Metionina            | 0,04   |
| L – Treonina              | 0,04   |
| Premix vitamínico-mineral | 0,30   |
| Total                     | 100,00 |
| Composição analisada      |        |
| Matéria seca (%)          | 87,55  |
| Cinzas (%)                | 4,55   |
| Proteína Bruta (%)        | 17,50  |
| Energia Bruta (kcal/kg)   | 3787   |

474 \*\* Composição do premix; conteúdo por kg de dieta: Cu 85,05 mg (Como Sulfato de Cobre); Fe 90,45 mg  
 475 (Como Sulfato Ferroso); Zn 80,55 mg (Como Óxido de Zinco); Mn 30,30 mg (Como Sulfato de Manganês);  
 476 I 0,83 mg (Como Iodato de Cálcio); Se 0,20 mg (Como Selenito de Sódio); vitamina A 6.750 UI; vitamina  
 477 D<sub>3</sub> 1.350 UI; vitamina E 15 UI; vitamina K<sub>3</sub> 0,90 mg; ácido fólico 0,342 mg; ácido pantotênico 9,04 mg;  
 478 biotina 0,09 mg; niacina 16,79 mg; vitamina B<sub>1</sub> 1,01 mg; vitamina B<sub>12</sub> 16,87 µg; vitamina B<sub>2</sub> 2,83 mg;  
 479 vitamina B<sub>6</sub> 1,12 mg; colina 0,05 g; etoxiquina 0,75 mg.

481 Todas as dietas experimentais foram oferecidas duas vezes ao dia (08:00 e 15:00).  
 482 A quantidade de ração fornecida foi calculada com base no peso metabólico (kg<sup>0,75</sup>) de  
 483 cada animal e no consumo médio registrado no período de adaptação. A água foi  
 484 fornecida *ad libitum*.

485 Os procedimentos experimentais como fornecimento das dietas, coleta de fezes e  
 486 urina foram baseados em Sakomura e Rostagno (2016). Foi utilizado como marcador  
 487 fecal o óxido de ferro (0,5 % de Fe<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) para determinar o período inicial e final da coleta.

488 As fezes foram coletadas diariamente e armazenadas em freezer. Ao final desse  
 489 período, as fezes de cada unidade experimental foram homogeneizadas e uma amostra de  
 490 aproximadamente 500 g foi coletada, colocada em estufa de ar forçado (55 °C por 48 h)  
 491 para determinação da pré-matéria seca. As amostras parcialmente secas foram então  
 492 moídas em um moinho tipo faca em peneira de 1 mm e encaminhadas ao laboratório.

493 A urina foi coletada diariamente em baldes contendo 20 mL de HCl a 50 %. O  
 494 volume diário de urina foi equalizado para 4 L e uma alíquota de 200 mL foi coletada  
 495 diariamente para compor uma amostra por unidade experimental, a qual foi  
 496 acondicionada em geladeira até o final do período de coleta para análises posteriores.

Foi determinada a composição centesimal das amostras de fezes, urina e dietas experimentais. Assim, com base nestes resultados foram calculados os valores de energia digestível e metabolizável, seguindo as equações preconizadas por Sakomura e Rostagno (2016) e calculados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da energia bruta (CDEB), da proteína bruta (CDPB), da matéria orgânica (CDMO), o coeficiente de metabolização da energia bruta (CMEB) e os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio ( $EMA_n$ ).

### 3.7. ANÁLISE DOS DADOS

Foram aplicadas medidas de tendência central e de dispersão para descrever os coeficientes de digestibilidade de cada ingrediente avaliado, através da média e do desvio padrão.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E ENERGÉTICA DOS ALIMENTOS TESTADOS

A avaliação da composição centesimal e energética (Tabela 2), somada a composição de aminoácidos das farinhas (Tabela 3), permitiu compreender melhor o potencial nutricional desses ingredientes como alternativas para alimentação de suínos em crescimento.

**Tabela 2.** Composição centesimal e energética da farinha de vísceras, farinha de larvas de BSF desengordurada e farinha de larvas de BSF integral (% MS)

| Composição                 | Ingredientes avaliados |                                         |                                   |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
|                            | Farinha de vísceras    | Farinha de larvas de BSF desengordurada | Farinha de larvas de BSF integral |
| Matéria seca (%)           | 98,25                  | 96,02                                   | 97,75                             |
| Cinzas (%)                 | 17,23                  | 7,18                                    | 5,44                              |
| Proteína bruta (%)         | 63,29                  | 57,22                                   | 45,24                             |
| Fibra bruta (%)            | 2,90                   | 13,22                                   | 23,42                             |
| Extrato etéreo (%)         | 14,35                  | 9,69                                    | 26,58                             |
| Energia bruta (kcal/kg/MS) | 4.969                  | 5.053                                   | 5.729                             |

A análise química demonstra que os teores de cinzas (17,23 %), proteína bruta (63,29 %), extrato etéreo (14,35 %) e energia bruta (4.969 kcal/kg/MS) observados na farinha de vísceras obtidos neste estudo (Tabela 2) se assemelham aos reportados por Rostagno et al. (2024), que encontraram 17,63 %, 61,62 %, 14,96 %, 4.957 kcal de EB/kg, respectivamente. Essa proximidade indica que o ingrediente avaliado apresenta perfil nutricional compatível com aquele tradicionalmente utilizado na alimentação animal, especialmente como fonte proteica de origem animal.

Contudo, o teor de fibra bruta apresentou-se um pouco elevado em comparação aos valores descritos na literatura, atingindo 2,90 %. Em contraste, o NRC (2012) reporta 0,38% de fibra bruta para farinha de vísceras de aves, enquanto o INRA (2018) indica 1%. De forma intermediária, Mutucumarana et al. (2010), obtiveram um teor de fibra acima do descrito pelas tabelas de referência (2,05%), um valor muito próximo ao registrado neste trabalho. Essa variação nos resultados para fibra bruta é comum em subprodutos visto que variações nos processos industriais, como moagem inadequada ou falha na separação de frações também podem impactar a composição do produto final (Dozier et al., 2003).

A composição química da farinha de larvas de BSF apresentou variações entre as amostras desengordurada e integral quando comparadas aos valores de referência disponíveis na literatura. Na farinha desengordurada, o teor de cinzas (7,18 %), apresentou-se inferior aos valores reportados pelo INRA (2018) e pela Feedipedia (2021), que indicaram teores de 12,8 % e 20,6 %, respectivamente, o que pode estar associado à variação na composição mineral das larvas ou diferenças no substrato utilizado durante a criação. O conteúdo de extrato etéreo (9,69 %) também foi inferior ao descrito por essas fontes, embora se mantenha próximo ao valor proposto pelo INRA (12 %), no entanto, isso demonstra a eficiência do processo de desengorduramento e evidencia seu impacto direto na concentração dos demais nutrientes.

Por outro lado, o teor de proteína bruta (57,22 %) foi similar ao valor reportado pelo INRA (56,6 %), o que pode ser explicado pela concentração proteica decorrente da remoção de lipídeos. Esse resultado reforça o potencial da farinha desengordurada como fonte proteica alternativa na alimentação de suínos, especialmente em substituição parcial a ingredientes convencionais. O teor de fibra bruta (13,22%) apresentou valores intermediários em relação as referências (INRA (16,1%), Feedipedia (7%)), evidenciando variações possivelmente relacionadas ao grau de desengorduramento e composição estrutural das larvas, fatores que podem impactar a digestibilidades dos nutrientes (Slimen

et al., 2023). Em relação à energia bruta, o valor determinado (5.053 kcal de EB/kg MS) mostrou-se ligeiramente inferior aos dados reportados pelo INRA (5.180 kcal de EB/kg MS) e pela Feedipedia (5.255,8 kcal de EB/kg MS), mantendo, contudo, proximidade com os valores de referência. No entanto, essa pequena variação não compromete sua aplicabilidade e já é esperada em ingredientes alternativos.

No caso da farinha de larvas de BSF integral, os teores de cinzas (5,44 %), extrato etéreo (26,58 %) e energia bruta (5.729 kcal/kg MS) foram inferiores aos valores de referência estabelecidos pelo INRA (2018) que relata níveis de 11,7 %, 35,5 % e 6170 kcal/kg/MS respectivamente. Esses valores indicam possível influência do substrato alimentar, da idade das larvas e das condições de processamento sobre a deposição de lipídeos e minerais nas larvas. Por outro lado, o teor de proteína bruta (45,24 %) apresentou-se próximo ao relatado pelo INRA de 41,1 %, evidenciando consistência na fração proteica desse ingrediente.

Destaca-se ainda, que o teor de fibra bruta encontrado (23,42%) foi mais que o dobro do valor reportado pelo INRA (9,4%), sugerindo maior proporção de componentes estruturais, como quitina, o que pode impactar negativamente a digestibilidade dos nutrientes e deve ser considerado na formulação de dietas para suínos, no entanto, a fibra é um componente importante em algumas fases de desenvolvimento desses animais como gestação e terminação, sendo muito utilizada como uma forma de manter a saciedade, controlar a taxa de deposição de gordura, reduzir o estresse e proporcionar o bem-estar (Jarret; Ashworth, 2018, Do et al., 2023).

**Tabela 3.** Composição do perfil de aminoácidos totais dos ingredientes avaliados, farinha de vísceras, farinha de BSF desengordurada, farinha de BSF integral em g/100 g (% MS)

| Ingredientes    |                     |                               |                         |
|-----------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Aminoácidos     | Farinha de vísceras | Farinha de BSF desengordurada | Farinha de BSF integral |
| Ácido aspártico | 3,99                | 5,10                          | 3,66                    |
| Serina          | 1,73                | 2,06                          | 1,47                    |
| Ácido glutâmico | 6,43                | 7,09                          | 5,66                    |
| Glicina         | 3,45                | 3,11                          | 1,89                    |
| Histidina       | 0,73                | 1,51                          | 0,89                    |

|              |      |      |      |
|--------------|------|------|------|
| Arginina     | 2,57 | 2,93 | 2,24 |
| Treonina     | 2,06 | 2,86 | 2,30 |
| Alanina      | 0,94 | 1,23 | 0,89 |
| Prolina      | 4,25 | 3,57 | 2,70 |
| Tirosina     | 1,56 | 3,39 | 2,45 |
| Valina       | 2,43 | 3,99 | 2,64 |
| Lisina       | 3,40 | 4,00 | 2,67 |
| Isoleucina   | 1,93 | 2,80 | 2,11 |
| Leucina      | 3,84 | 4,43 | 3,31 |
| Fenilalanina | 2,06 | 2,65 | 2,36 |
| Triptofano   | 0,46 | 0,49 | 0,32 |

---

\* Análises realizadas por HPLC.

A farinha de vísceras apresentou um perfil de aminoácidos compatível com o esperado para esse ingrediente, destacando-se, entre os aminoácidos essenciais, a leucina, a lisina, a valina, a treonina e a fenilalanina, todos importantes para a síntese proteica, deposição de tecido muscular e crescimento dos suínos. Entre os aminoácidos não essenciais, os maiores teores foram observados para o ácido glutâmico, a prolina e a glicina. O elevado teor de ácido glutâmico observado neste estudo está de acordo com o perfil aminoacídico normalmente descrito para ingredientes proteicos de origem animal, nos quais esse aminoácido figura entre os mais abundantes. Por outro lado, as elevadas concentrações de glicina e prolina podem ser atribuídas à presença de proteínas do tecido conjuntivo, especialmente colágeno, decorrentes da participação de pele, cartilagens e outros tecidos conjuntivos na composição da farinha de vísceras (Li; Wu, 2018, 2020).

De modo geral, os valores obtidos neste estudo foram semelhantes aos descritos por Bandegan et al. (2010) e Rostagno et al. (2014), apresentando apenas pequenas variações para mais ou para menos. Essas diferenças são esperadas, uma vez que a composição nutricional das farinhas de origem animal é influenciada pela proporção dos tecidos utilizados na fabricação, incluindo músculos, vísceras, pele e cartilagens, além das condições de processamento, como temperatura, tempo de cocção e eficiência da extração de gordura, fatores que podem alterar a concentração final dos aminoácidos no produto.

A composição de aminoácidos totais das farinhas de BSF evidenciaram a presença de aminoácidos essenciais e não essenciais importantes para a nutrição de suínos. A farinha desengordurada apresentou maiores concentrações de todos os aminoácidos avaliados em comparação à farinha integral. No que se refere aos aminoácidos essenciais, destacaram-se leucina (4,43 g/100 g), lisina (4,00 g/100 g) e valina (3,99 g/100 g) na farinha desengordurada, enquanto na farinha integral os maiores valores foram observados para leucina (3,31 g/100 g), lisina (2,67 g/100 g) e valina (2,64 g/100 g). O ácido glutâmico foi o aminoácido mais abundante em ambas as farinhas, apresentando concentrações de 7,09 e 5,66 g/100 g para as farinhas desengordurada e integral, respectivamente. A remoção da fração lipídica promoveu aumento na concentração de aminoácidos, refletindo a maior densidade proteica da farinha desengordurada.

Os resultados obtidos neste estudo estão de acordo com aqueles reportados por Loho et al. (2023), que determinaram o perfil aminoacídico completo em larvas de BSF e identificaram o ácido glutâmico, o ácido aspártico, a leucina e a lisina entre os aminoácidos mais abundantes. Quando expressos em g/100 g, os autores relataram concentrações de 3,41 g/100 g para ácido glutâmico, 2,15 g/100 g para ácido aspártico, 2,00 g/100 g para leucina e 1,63 g/100 g para lisina, valores inferiores aos observados na farinha desengordurada do presente estudo (tabela 3), assim como os teores de valina (1,65 g/100 g), arginina (1,57 g/100 g), treonina (1,25 g/100 g) e isoleucina (1,23 g/100 g).

Além disso, a revisão conduzida por Lu et al. (2022) demonstrou que a leucina, a lisina e a valina são consistentemente os aminoácidos essenciais predominantes em diferentes produtos de BSF, tanto integrais quanto desengordurados, com teores mais elevados do que os encontrados no farelo de soja (3,86, 3,11 e 2,17 g/100g respectivamente) e até o triptofano que é o aminoácido em menor concentração nas farinhas ainda fica muito próximo aos teores encontrados na farinha de peixe (0,67 g/100g) e no farelo de soja (0,66 g/100g). Os autores destacam ainda que o desengorduramento tende a aumentar a concentração proteica e, consequentemente, a concentração de aminoácidos na matéria seca, o que explica os maiores valores encontrados na farinha desengordurada em comparação à farinha integral.

Apesar das diferenças quantitativas observadas entre os estudos, o padrão de distribuição dos aminoácidos mostrou-se semelhante, evidenciando que a farinha de BSF constitui uma fonte proteica de elevado valor nutricional e com perfil aminoacídico adequado para utilização em dietas de animais monogástricos. Entretanto, a composição

química dessas farinhas pode variar consideravelmente em função de fatores como o substrato utilizado na criação, a idade ou estágio de desenvolvimento das larvas e os métodos de processamento empregados, especialmente a remoção da fração lipídica.

Essa variabilidade dificulta a padronização dos parâmetros nutricionais e reforça a importância da caracterização química específica de cada lote de ingrediente. Além disso, muitos estudos não informam claramente se a farinha avaliada é integral ou desengordurada, o que limita a comparabilidade dos resultados e pode contribuir para as divergências observadas na literatura.

#### 4.2. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE E VALORES DE ENERGIA DOS ALIMENTOS

Os resultados obtidos (Tabela 4), evidenciam diferenças importantes no aproveitamento energético e nutricional entre os ingredientes avaliados, as quais estão diretamente relacionadas à composição química e ao tipo de processamento empregado. Essas diferenças demonstram que ingredientes com composição química semelhante podem apresentar distintos valores nutricionais para suínos, reforçando a importância da determinação experimental da digestibilidade e da energia metabolizável para formulação precisa de dietas.

**Tabela 4.** Coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras das farinhas de vísceras, BSF desengordurada e BSF integral (% MS)

| Variáveis      | Farinha de vísceras | Farinha de BSF desengordurada | Farinha de BSF integral |
|----------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|
| CDAMO (%)      | 84,86 ± 4,54        | 79,21 ± 3,89                  | 85,94 ± 6,91            |
| CDAMS (%)      | 77,87 ± 4,97        | 77,80 ± 3,79                  | 85,50 ± 7,19            |
| CDAPB (%)      | 88,99 ± 7,39        | 78,01 ± 8,80                  | 80,65 ± 10,70           |
| CDEB (%)       | 83,8                | 89,5                          | 83,6                    |
| CMEB (%)       | 72,0                | 81,2                          | 71,0                    |
| ED (kcal/kg)   | 4152 ± 230          | 4235 ± 211                    | 5125 ± 374              |
| EM (kcal/kg)   | 3621 ± 384          | 3790 ± 220                    | 4862 ± 600              |
| EMAn (kcal/kg) | 3529 ± 394          | 3640 ± 198                    | 4653 ± 543              |
| EM/ED          | 0,87                | 0,89                          | 0,95                    |
| EMAn/ED        | 0,85                | 0,86                          | 0,91                    |

PB=Proteína Bruta; FB=Fibra Bruta; EE=Extrato Etéreo; CDAMO=Coeficiente de digestibilidade aparente de Matéria Orgânica; CDAMS=Coeficiente de digestibilidade aparente de Matéria Seca; CDAPB=Coeficiente de digestibilidade aparente da Proteína Bruta; CDEB =Coeficiente de digestibilidade de Energia Bruta; CMEB=Coeficiente de Metabolização da Energia Bruta; ED=Energia Digestível; EM=Energia metabolizável; EMAn=Energia Metabolizável Corrigida para Nitrogênio.



Para a farinha de vísceras, o valor de energia digestível (4.152 kcal/kg MS) mostrou-se próximo ao valor proposto por Rostagno et al. (2024) de 4.172 kcal de ED/kg MS. Considerando que o coeficiente de digestibilidade de energia bruta foi de 83,8 %, têm-se o indicativo de que a farinha de vísceras apresentou um excelente aproveitamento energético desse ingrediente. Por outro lado, o coeficiente de metabolização da energia bruta (72,0 %), indica uma redução considerável da energia disponível após os processos metabólicos, o que reflete perdas associadas principalmente à excreção urinária.

Esse comportamento também é evidenciado pela relação EM/ED de 0,87, indicando que, embora a digestão da energia seja elevada, há uma fração relevante de perdas metabólicas entre a energia digestível e a metabolizável. De forma semelhante, a relação  $EMA_n/ED$  de 0,85 demonstra que a correção pelo balanço de nitrogênio intensifica essa redução, refletindo maior impacto das perdas nitrogenadas sobre a energia disponível. Em relação a energia metabolizável corrigida para nitrogênio, apresentou um valor bem abaixo do relatado pelo INRA (2018) de 4.130 kcal/kg MS, e por Rostagno et al. (2024) de 3.810 kcal/kg MS. Essa diferença pode ser justificada pelas características da amostra analisada que apresentou menor teor de extrato etéreo e elevado teor de cinzas, fatores que reduzem a densidade energética do ingrediente. Além disso, o alto teor de proteína bruta contribui para maior excreção de nitrogênio intensificando o efeito da correção para nitrogênio e, consequentemente, reduzindo o valor de  $EMA_n$  obtido.

Essa variação dos níveis de energia pode estar relacionada a vários fatores como a composição química da farinha, o processamento térmico, tamanho de partícula, composição mineral e variabilidade biológica resultado de diferenças nos lotes entre as matérias primas. A diferença observada entre o CDEB e o CMEB reforça que, embora a digestibilidade energética seja elevada, parte significativa da energia absorvida não é efetivamente convertida em energia metabolizável, especialmente em ingredientes com alto teor proteico. Nesse sentido, a redução observada entre ED e EM reflete as perdas energéticas associadas à excreção urinária, sendo um comportamento esperado para ingredientes ricos em proteína, devido ao custo metabólico da excreção do nitrogênio excedente (Corassa et al., 2022; Morgan et al., 1975; Oliveira et al., 2005).

Do ponto de vista prático, esse comportamento demonstra que a farinha de vísceras constitui uma excelente fonte de proteína e aminoácidos digestíveis para suínos em crescimento. Entretanto, seu elevado teor proteico exige que sua inclusão seja cuidadosamente balanceada com ingredientes energéticos, evitando excesso de nitrogênio na dieta e reduzindo perdas energéticas associadas à excreção urinária.

Em relação a farinha de larvas desengordurada, os valores de energia digestível (4.235 kcal de EB/kg MS) e energia metabolizável (3.790 kcal de EM/kg MS) encontrados foram superiores aos obtidos para farinha de vísceras, o que pode ser explicado pelo menor teor de cinzas observado nesse ingrediente (Tabela 2), visto que a fração mineral não contribui para o fornecimento de energia. Esse maior aproveitamento energético é confirmado pelo elevado CDEB (89,5 %) e CMEB (81,2 %), indicando maior eficiência tanto na digestão quanto na metabolização da energia em comparação aos demais ingredientes avaliados. Elevados coeficientes de digestibilidade permitem maior precisão na estimativa do valor energético dos ingredientes durante a formulação de dietas, reduzindo margens de segurança excessivas e favorecendo melhor eficiência alimentar dos suínos.

Esse comportamento é reforçado pela relação EM/ED de 0,89, que evidencia baixas perdas energéticas entre as etapas digestiva e metabólica, indicando alta eficiência na utilização da energia digestível. Entretanto, a  $EMA_n$  (3.640 kcal/kg) apresentou redução mais acentuada, indicando maior impacto da excreção de nitrogênio sobre o aproveitamento energético, possivelmente associado à menor eficiência de utilização da proteína digestível presente nesse ingrediente. Esse efeito é corroborado pela relação  $EMA_n/ED$  de 0,86, inferior à relação EM/ED, demonstrando que a correção pelo balanço de nitrogênio acentua as perdas energéticas, refletindo maior excreção de compostos nitrogenados e menor retenção de energia na forma metabolizável corrigida.

Apesar dessa redução na  $EMA_n$ , os elevados coeficientes de digestibilidade e metabolização da energia demonstram que a farinha de BSF desengordurada apresenta elevado potencial para utilização em dietas de suínos. Sua elevada concentração proteica pode favorecer formulações com maior aporte de aminoácidos, desde que o balanço entre proteína e energia seja adequadamente ajustado para maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes.

Todavia, o maior valor energético (ED) foi o da farinha de larvas integral (5.125 kcal/kg MS) que está diretamente associado ao seu alto teor de lipídios, o qual apresenta elevada eficiência de utilização energética quando comparado às proteínas e carboidratos como descrito por Van Milgen et al. (2001). Para esse ingrediente, embora o CDEB (83,6 %) seja semelhante ao observado para a farinha de vísceras, o CMEB (71,0 %) indica perdas energéticas mais acentuadas durante o metabolismo quando comparado à forma desengordurada. Entretanto, a elevada relação EM/ED de 0,95 demonstra que a maior parte da energia digestível é efetivamente convertida em energia metabolizável,

evidenciando alta eficiência de aproveitamento metabólico, possivelmente em função do elevado teor lipídico, que está associado a menores perdas na forma de calor e excreções. De forma complementar, a relação  $EMA_n/ED$  de 0,91 indica que, mesmo após a correção pelo balanço de nitrogênio, as perdas energéticas permanecem relativamente baixas, sugerindo menor impacto da excreção nitrogenada sobre o valor energético final quando comparado a ingredientes com maior proporção proteica.

Esses resultados reforçam que, além do teor energético bruto, a eficiência de digestão e metabolização da energia varia de acordo com a composição química e o processamento do ingrediente. Na prática, esse resultado evidencia que a farinha integral de BSF pode atuar como ingrediente com elevada densidade energética, contribuindo para reduzir a necessidade de inclusão de óleos ou outras fontes lipídicas na formulação de dietas. Contudo, sua utilização deve considerar a menor concentração proteica em comparação à farinha desengordurada, permitindo melhor equilíbrio entre energia e aminoácidos conforme a fase de produção dos suínos.

Esse comportamento explica por que a farinha de vísceras, que apresenta alta concentração de proteína bruta, demonstrou maior diferença entre ED e EM, uma vez que o excesso de aminoácidos absorvidos é desaminado, aumentando a excreção de nitrogênio e, conseqüentemente, as perdas energéticas. Por outro lado, ingredientes com maior teor lipídico, como a farinha de larvas de BSF integral, tendem a apresentar maior eficiência de utilização da energia, visto que os lipídios possuem menor incremento calórico e são metabolizados com menor perda relativa de energia.

Adicionalmente, a magnitude das perdas metabólicas também pode estar associada à qualidade da proteína e ao balanço de aminoácidos dos ingredientes. Dietas com perfil aminoacídico inadequado podem levar à oxidação de aminoácidos em excesso, intensificando a excreção de nitrogênio e reduzindo a eficiência de retenção energética (Kim; Chen; Parnsen, 2019).

A farinha de vísceras apresentou elevados coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica (84,86 %) e da proteína bruta (88,99 %), evidenciando seu alto potencial nutricional para suínos. O valor do CDAPB é compatível com a disponibilidade proteica desse ingrediente, atribuída à predominância de proteínas de origem animal com alto valor biológico e baixo teor de fatores antinutricionais. Os altos coeficientes de digestibilidade reforçam a eficiência desse ingrediente como fonte de nutrientes, especialmente proteína.

O coeficiente de digestibilidade da matéria seca da farinha de vísceras (77,87 %) foi semelhante ao observado para a farinha de BSF desengordurada (77,80 %), porém inferior ao valor encontrado para a farinha de BSF integral (85,50 %). Esse resultado sugere que o maior teor de lipídios presente na farinha integral favoreceu o aproveitamento global da matéria seca, uma vez que os lipídios apresentam alta digestibilidade e elevado valor energético para suínos, conforme descrito por Kerr et al. (2015). Esse comportamento é confirmado pelos valores de matéria seca digestível nos quais a farinha de vísceras apresentou 76,5 %, valor próximo ao da farinha de BSF desengordurada (74,7 %) e inferior ao da farinha integral (83,6 %).

Esses resultados indicam que, embora os coeficientes de digestibilidade da matéria seca sejam semelhantes entre alguns ingredientes, a quantidade efetiva de matéria seca aproveitada pelo animal é influenciada diretamente pela composição química, especialmente pelo teor de lipídios e pela presença de componentes menos digestíveis, como minerais e frações fibrosas. Dessa forma, o maior valor de matéria seca digestível da farinha de BSF integral reforça seu potencial como ingrediente energético, enquanto os valores mais moderados observados para a farinha de vísceras e a BSF desengordurada refletem limitações associadas à maior proporção de cinzas e/ou componentes estruturais, que reduzem a fração digestível da matéria seca (Paternostre et al., 2021; Petry et al., 2025).

Em relação às farinhas de larvas de BSF, a forma de processamento influenciou diretamente os coeficientes de digestibilidade. A farinha desengordurada apresentou menores valores de CDAMO (79,21 %) e CDAPB (78,01 %) quando comparada à farinha integral (85,94 % e 80,65 %, respectivamente). Apesar de apresentar os maiores valores de CDAMO (85,94 %) e CDAMS (85,50 %) entre os ingredientes testados, o CDAPB da farinha de BSF integral (80,65 %) foi inferior ao da farinha de vísceras, mesmo assim, evidenciando maior aproveitamento global dos nutrientes, especialmente em função do seu maior teor lipídico.

Esses resultados estão de acordo com observações de estudos anteriores realizados por Schiavone et al. (2017), Traksele et al. (2021) e Bonomini et al. (2024), que indicam que a quitina associada as proteínas do exoesqueleto das larvas, podem ocasionar a redução da acessibilidade das enzimas digestivas às ligações peptídicas, além disso, o processo de desengorduramento pode concentrar ainda mais esses componentes estruturais presentes nos insetos, reduzindo a digestibilidade dos nutrientes, especialmente da proteína.

Os valores de energia e coeficientes de digestibilidade observados nas farinhas de BSF, demonstram o potencial desse ingrediente como alternativa energética e proteica para suínos. No entanto, a variabilidade nutricional decorrente do substrato, processamento e estágio de desenvolvimento das larvas, ainda representa um desafio para a sua padronização e utilização, sendo necessários mais estudos para solidificar as recomendações de uso desse ingrediente.

Em relação a farinha de vísceras, apesar de ser um ingrediente com maior consolidação na alimentação animal, a maioria de seus estudos são antigos, datados de mais de 10 anos atrás, sendo necessária a realização de estudos mais aprofundados e recentes para trazer informações mais precisas na hora de formular as rações.

Em conjunto, os resultados demonstram que cada ingrediente apresenta características nutricionais distintas e potencialmente complementares para alimentação de suínos. Enquanto a farinha de vísceras destaca-se pelo elevado fornecimento de proteína altamente digestível, a farinha de BSF integral apresenta maior densidade energética devido ao seu teor lipídico, e a farinha desengordurada combina elevada concentração proteica com boa eficiência de utilização da energia. Dessa forma, a escolha entre esses ingredientes deve considerar os objetivos nutricionais da dieta, a fase de criação e a relação entre energia e aminoácidos desejada.

#### 4.3. AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE PROTEICA EM PEPSINA DAS FARINHAS

Os resultados obtidos (Tabela 5) demonstram diferenças relevantes entre as fontes proteicas avaliadas.

**Tabela 5.** Média e desvio padrão da proteína solúvel em pepsina (PSP) e digestibilidade proteica das farinhas de vísceras, BSF desengordurada e BSF integral

| Amostra                       | PSP (%) (média ± DP) | Proteína Bruta (%) | Digestibilidade proteica (%) (média ± DP) |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|
| Farinha de vísceras           | 50,97 ± 1,05         | 62,18              | 81,97 ± 1,70                              |
| Farinha de BSF desengordurada | 45,72 ± 4,12         | 54,93              | 83,23 ± 7,50                              |
| Farinha de BSF integral       | 36,96 ± 0,32         | 44,00              | 84,00 ± 0,73                              |

O conteúdo de proteína solúvel em pepsina diferiu entre as amostras, sendo maior na farinha de vísceras, seguida pela farinha de BSF desengordurada e pela farinha de BSF

integral (Tabela 5). Esse comportamento está diretamente relacionado ao teor de proteína bruta dos ingredientes, uma vez que a quantidade de proteína solubilizada é influenciada pela concentração inicial de proteína presente na amostra.

Quando a digestibilidade é expressa em termos relativos, observa-se que os coeficientes de digestibilidade proteica foram semelhantes entre os ingredientes, variando de 81,97 a 84,00%. Esses resultados indicam que, proporcionalmente, as proteínas das farinhas de BSF apresentaram eficiência de hidrólise comparável à da farinha de vísceras pela qualidade e alta digestibilidade, mesmo apresentando menor teor de proteína bruta.

Embora a quitina seja frequentemente descrita como um componente capaz de limitar o acesso das enzimas digestivas às proteínas dos insetos (Bosch et al., 2014; Gasco et al. 2020; Kroeckel et al., 2012), esse efeito não foi evidenciado nas condições do presente estudo, uma vez que as farinhas de BSF apresentaram coeficientes de digestibilidade equivalentes ou ligeiramente superiores aos observados para a farinha de vísceras, indicando que a presença de quitina não comprometeu a digestão proteica nas condições experimentais adotadas.

De forma geral, os resultados de coeficientes de digestibilidade observados para as farinhas de BSF corroboram com a literatura recente, que aponta os insetos como fontes proteicas promissoras, tanto sob o ponto de vista nutricional quanto ambiental, destacando-se pela eficiência de conversão alimentar e menor impacto ecológico em comparação às fontes proteicas tradicionais (Van Huis, 2020). Embora a digestibilidade *in vitro* não represente exatamente a digestão *in vivo*, ela constitui um importante indicador da qualidade do processamento industrial da farinha, auxiliando na seleção de ingredientes destinados à alimentação de suínos.

#### 4.4. AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA DAS FARINHAS (TBARS)

A estabilidade oxidativa das farinhas (Tabela 6) apresentou diferenças entre os ingredientes avaliados, refletindo características específicas de sua composição lipídica.

**Tabela 6.** Valores encontrados na avaliação da oxidação lipídica das farinhas (TBARS)

| Amostras                      | Resultado (mg TEP/kg) |
|-------------------------------|-----------------------|
| Farinha de vísceras           | 11,28                 |
| Farinha de BSF desengordurada | 7,45                  |
| Farinha de BSF integral       | 8,55                  |

A farinha de vísceras apresentou o maior valor de TBARS (11,28 mg TEP/kg), indicando maior grau de oxidação lipídica quando comparada às farinhas de larvas de BSF. Esse resultado pode ser atribuído, principalmente, à composição lipídica da farinha de vísceras, caracterizada por maior proporção de ácidos graxos poli-insaturados, os quais são mais suscetíveis à peroxidação lipídica durante as etapas de processamento térmico e armazenamento. Ingredientes de origem animal com elevado teor de lipídios insaturados tendem a apresentar menor estabilidade oxidativa, o que corrobora os achados deste estudo (Duh et al., 1999; Islam et al., 2023).

Entre as farinhas de larvas de BSF, a farinha integral apresentou valor de TBARS de 8,55 mg TEP/kg, superior ao observado para a farinha desengordurada (7,45 mg TEP/kg). Essa diferença era esperada, uma vez que a farinha integral apresenta maior teor de extrato etéreo, conforme demonstrado na caracterização química descrita na tabela 2, o que aumenta a disponibilidade de substratos lipídicos passíveis de oxidação. No entanto, mesmo com maior conteúdo lipídico, os valores de TBARS da farinha integral permaneceram inferiores aos da farinha de vísceras, evidenciando maior estabilidade oxidativa desse ingrediente.

A outra razão para menor oxidação observada nas farinhas de larvas de BSF, especialmente na forma desengordurada, pode estar associada à presença de compostos antioxidantes naturais, como quitina e peptídeos bioativos, os quais podem atuar na neutralização de radicais livres e na inibição da formação de produtos secundários da oxidação lipídica (Marsca et al., 2024; Rodríguez-González et al., 2025). Estudos relatam que ingredientes derivados de insetos apresentam boa estabilidade oxidativa, mesmo quando ricos em lipídios, em razão dessas características intrínsecas (Bernardo; Conte-Junior, 2024; Domiszewski et al., 2025).

Adicionalmente, o processo de desengorduramento contribui para a redução da fração lipídica suscetível à oxidação, justificando os menores valores de TBARS observados na farinha de BSF desengordurada. Esse aspecto reforça a importância do processamento tecnológico na melhoria da qualidade lipídica e da estabilidade de ingredientes alternativos destinados à alimentação animal.

Embora não exista um limite normativo amplamente estabelecido para TBARS em ingredientes destinados a alimentação animal, a literatura sugere que valores baixos desse indicador representam adequada qualidade lipídica, não estando associados a efeitos deletérios sobre consumo ou desempenho zootécnico. Em contrapartida, níveis elevados de produtos da oxidação lipídica (acima de 6mg TEP/kg) têm sido

consistentemente relacionados a redução do desempenho e a alterações fisiológicas em suínos, evidenciando a relevância do monitoramento da estabilidade oxidativa dos ingredientes utilizados na formulação de dietas (Hung et al., 2017; Shurson et al., 2015).

De modo geral, os resultados evidenciam que a farinha de vísceras e as farinhas de larvas de BSF possuem potencial para utilização na alimentação de suínos, porém apresentam diferenças marcantes em sua composição centesimal que se refletem diretamente nos teores de energia metabolizável e no seu aproveitamento pelos animais. A farinha de vísceras, caracterizada pelo elevado teor de proteína bruta e menor concentração lipídica, apresenta perfil mais voltado ao fornecimento de aminoácidos altamente digestíveis, contribuindo para a deposição proteica e o crescimento eficiente, embora com densidade energética moderada.

Por outro lado, as farinhas de larvas, especialmente na forma integral, possuem maior teor de extrato etéreo, o que eleva significativamente os valores de energia metabolizável, tornando-as ingredientes altamente energéticos e capazes de favorecer o atendimento das exigências energéticas dos suínos, particularmente em fases de maior demanda. Adicionalmente, a maior estabilidade oxidativa das farinhas de insetos, associada ao seu perfil lipídico, contribui para a manutenção do valor energético ao longo do armazenamento. Assim, a escolha entre esses ingredientes deve considerar de forma integrada a composição centesimal, especialmente os teores de proteína e lipídios, a digestibilidade dos nutrientes e os valores de energia metabolizável, uma vez que esses fatores são determinantes para o desempenho, a eficiência alimentar e o equilíbrio nutricional das dietas de suínos.

## 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que as farinhas avaliadas apresentaram valores elevados de energia metabolizável corrigida para nitrogênio ( $EMA_n$ ), com destaque para a farinha de BSF integral (4.653 kcal/kg MS), seguida pela farinha de BSF desengordurada (3.640 kcal/kg MS) e farinha de vísceras (3.529 kcal/kg MS), além de coeficientes de digestibilidade que permitem a recomendação para a utilização desses ingredientes na alimentação de suínos em crescimento.

Dessa forma, ambos os ingredientes demonstram potencial para utilização na alimentação de suínos, sendo a farinha de vísceras mais indicada como fonte proteica e a farinha de BSF integral como fonte proteica e energética, devendo sua inclusão considerar



o equilíbrio entre composição nutricional, digestibilidade e valor energético para otimizar o desempenho animal.

## **DECLARAÇÕES**

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. E com apoio da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), por meio da concessão de Auxílio à Mobilidade Discente, processo nº AMD-0003-5.04/25.

### **Nota Metodológica**

O resumo original foi redigido em português e traduzido para o inglês com o auxílio do ChatGPT (OpenAI, versão GPT-4), utilizando o comando: 'Traduza o seguinte resumo acadêmico para o inglês mantendo o tom científico e formal'. O texto gerado passou por revisão humana integral para garantir a precisão terminológica.”

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABENAIN, F. J.; CONTI, M. (2025). Harnessing chitin from edible insects for livestock nutrition. **Insects**, v. 16, n. 8, p. 799. DOI: 10.3390/insects16080799.

AOAC INTERNATIONAL. (2006). Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA.

AOCS. (2009). American Oil Chemists' Society. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS. 6th. ed. Urbana, IL: AOCS Press.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM ANIMAL (ABRA). (2024). **Anuário ABRA 2023**. Brasília: ABRA, 2024. Disponível em: <https://abra.ind.br/abra/wp-content/uploads/2024/10/anuario-2023.pdf>.

BANDEGAN, A.; KIARIE, E.; PAYNE, R. L.; CROW, G. H.; GUENTER, W.; NYACHOTI, C. M. (2010). Standardized ileal amino acid digestibility in dry-extruded expelled soybean meal, extruded canola seed-pea, feather meal, and poultry by-product meal for broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, n. 12, p. 2626–2633, 2010. DOI: 10.3382/ps.2010-00757.

- 952 BARRAGÁN-FONSECA, K. B.; DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. (2017). Nutritional  
 953 value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a  
 954 review. **Journal of Insects as Food and Feed**, Wageningen, v. 3, n. 2, p. 105–120.  
 955 Disponível em: <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>.
- 956 BELLAVER, C.; BRUM, P.; LIMA, G.; BOFF, J.; KERBER, J. (2001). Substituição  
 957 parcial do farelo de soja pela farinha de vísceras de aves em dietas balanceadas com base  
 958 na proteína e em aminoácidos totais ou digestíveis para frangos de corte. **Revista**  
 959 **Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 3, p. 163–170. Disponível em:  
 960 <https://www.scielo.br/j/rbca/a/933mhMMfNZbr4Wgy6LwMLxJ/?lang=pt>.
- 961 BERNARDO, Y.; CONTE-JUNIOR, C. A. (2024). Oxidative stability in edible insects:  
 962 Where is the knowledge frontier? **Trends in Food Science & Technology**, v. 148, p.  
 963 104518, DOI: 10.1016/j.tifs.2024.104518.
- 964 BIASATO, I.; RENNA, M.; GAI, F.; DABBOU, S.; MENEGUZ, M.; PERONA, G.;  
 965 MARTINEZ, S.; LAJUSTICIA, A. C. B.; BERGAGNA, S.; SARDI, L.; CAPUCCHIO,  
 966 M. T.; BRESSAN, E.; DAMA, A.; SCHIAVONE, A.; GASCO, L. (2019). Partially  
 967 defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth  
 968 performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological  
 969 features. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [S.l.], v. 10, n. 12, p. 1–11.,  
 970 Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-019-0325-x>.
- 971 BLAKEMORE, C.; CUTHBERT, A.; JENNETT, S.; *et al.* (2002). The Oxford  
 972 Companion to the Body. **Oxford University Press**; Oxford, Reino Unido.
- 973 BLAXTER, K.; BOYNE, A. 1978. The estimation of the nutritive value of feeds as  
 974 energy sources for ruminants and the derivation of feeding systems. **The Journal of**  
 975 **Agricultural Science**. 90(1):47-68. doi:10.1017/S0021859600048589.
- 976 BONDARI, K.; SHEPPARD, D. (1981). Soldier fly larvae as feed in commercial fish  
 977 production. **Aquaculture**, v. 24, p. 103-109.
- 978 BONOMINI, M.; PRANDI, B.; CALIGIANI, A. (2024). Black soldier fly (*Hermetia*  
 979 *illucens* L.) whole and fractionated larvae: in vitro protein digestibility and effect of lipid  
 980 and chitin removal. **Food Research International**, v. 196, art. 115102. DOI:  
 981 10.1016/j.foodres.2024.115102.
- 982 BOSCH, G.; ZHANG, S.; OONINCX, D.; HENDRIKS, W. (2014). Protein quality of  
 983 insects as potential ingredients for dog and cat foods. **J Nutr Sci**. Sep 25;3:e29. doi:  
 984 10.1017/jns.2014.23.

BRASIL. Decreto nº 12.106, de 10 de julho de 2024. Regulamenta os incentivos fiscais previstos na Lei nº 14.260, de 8 de dezembro de 2021, destinados ao fomento da cadeia produtiva da reciclagem. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 110, de 24 de novembro de 2020. Aprova a lista de matérias-primas destinadas à alimentação animal. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 25 nov. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/INM000001101.pdf>.

CALIGIANI, A.; MARSEGLIA, A.; SORCI, A.; BONZANINI, F.; LOLLI, V.; MAISTRELLO, L.; FORZA, S. (2019). Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. **Food Research International**, [S.l.], v. 116, p. 276–282. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.033>.

CORASSA, A.; SILVA, D. da; TON, A.; KIEFER, C.; SBARDELLA, M.; BRITO, C.; TEIXEIRA, A. de O.; ROTHMUND, V. L. (2022). Digestibilidade, desempenho e eficiência econômica de dietas contendo fitase e grãos secos de destilaria com solúveis para suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 23, p. 1–12, e20220009. DOI: 10.1590/S1519-9940202200092022.

CROSBIE M.; ZHU C.; SHOVELLER AK.; HUBER LA. (2020). Standardized ileal digestible amino acids and net energy contents in full fat and defatted black soldier fly larvae meals (*Hermetia illucens*) fed to growing pigs. **Translational Animal Science**. doi: 10.1093/tas/txaa104. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32734146/>.

CRUZ, L.; COSTA, T.; SAMPAIO, S.; SILVA, N.; ABREU, J.; BORGES, K.; SALES, G.; ALEXANDRINO, S.; SANTOS, F.; MINAFRA, C. (2022). Microbioma intestinal das aves e sua importância. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e22411225583. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25583>.

DO, S.; JANG, J.-C.; LEE, G.-I.; KIM, Y.-Y. (2023). The role of dietary fiber in improving pig welfare. **Animals**, v. 13, n. 5, p. 879. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13050879>.

DOMISZEWSKI, Z.; SZPICER, A.; MIERZEJEWSKA, S.; BIŃKOWSKA, W.; MAZIARZ, K.; WOJTASIK-KALINOWSKA, I.; PIEPIÓRKA-STEPUK, J. (2025). Comparative study of lipid quality from edible insect powders and selected cereal flours under storage conditions. **Appl. Sci.**, 16, 13. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app16010013>.

- DOZIER, W. A.; DALE, N. M.; DOVE, C. R. (2003). Nutrient composition of feed-grade and pet-food-grade poultry by-product meal. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, n. 4, p. 526–530.
- DUH, P.; YEN, W.; YEN, G. (1999). Oxidative stability of polyunsaturated fatty acids and soybean oil in an aqueous solution with emulsifiers. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 201–204, fev.
- FEEDIPEDIA. (2012). Animal feed resources information system. [S. l.]: INRAE; CIRAD; AFZ; **FAO**. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/>.
- FONTINHA, F.; MAGALHÃES, R.; MOUTINHO, S.; SANTOS, R.; CAMPOS, P.; PERES, H.; OLIVA-TELES, A. (2021). Effect of dietary poultry meal and oil on growth, digestive capacity, and gut microbiota of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. **Aquaculture**, [S.l.], v. 535, p. 736879. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736879. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343886695\\_Effect\\_of\\_dietary\\_poultry\\_meal\\_and\\_oil\\_on\\_growth\\_digestive\\_capacity\\_and\\_gut\\_microbiota\\_of\\_gilthead\\_seabream\\_Sparus\\_aurata\\_juveniles](https://www.researchgate.net/publication/343886695_Effect_of_dietary_poultry_meal_and_oil_on_growth_digestive_capacity_and_gut_microbiota_of_gilthead_seabream_Sparus_aurata_juveniles).
- GASCO, L.; ACUTI, G.; BANI, P.; DALLE ZOTTE, A.; DANIELI, P.; DE ANGELIS, A.; FORTINA, R.; MARINO, R.; PARISI, G.; PICCOLO, G.; PINOTTI, L.; PRANDINI, A.; SCHIAVONE, A.; TEROVA, G.; TULLI, F.; RONCARATI, A. (2020). Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. **Italian Journal of Animal Science**, 19, 360 - 372.
- GLOBO RURAL. (2024). Startup recebe aporte para produção de proteína de insetos para ração. São Paulo: **Globo Rural**. Disponível em: <https://globorural.globo.com/negocios/noticia/2024/03/startup-recebe-aporte-para-producao-de-proteina-de-insetos-para-racao.ghtml>.
- HALE, O. (1973). Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. **Journal of Georgia Entomological Society**, v. 8, p. 16-20.
- HANCZ, C.; SULTANA, S.; NAGY, Z.; BIRÓ, J. (2024). The role of insects in sustainable animal feed production for environmentally friendly agriculture: a review. **Animals**, Basel, v. 14, n. 7, p. 1009. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani14071009>.
- HONG, J.; KIM, Y. (2022). Insect as feed ingredients for pigs. **Animal Bioscience**, v. 35, n. 2, p. 347–355, fev. DOI: <https://doi.org/10.5713/ab.21.0475>. Disponível em: <https://www.animbiosci.org/journal/view.php?number=24692>.

1052 HULSHOF, T.; VAN DER POEL, A.; HENDRIKS, W.; BIKKER, P. (2017). Amino acid  
 1053 utilization and body composition of growing pigs fed processed soybean meal or rapeseed  
 1054 meal with or without amino acid supplementation. **Animal**, 11:7, pp 1125–1135. The  
 1055 Animal Consortium. doi:10.1017/S1751731116002548. Disponível em:  
 1056 [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731116002548?utm\\_](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731116002548?utm_).

1057 HUNG, Y.; HANSON, A.; SHURSON, G.; URRIOLOA, P. (2017). Peroxidized lipids  
 1058 reduce growth performance of poultry and swine: A meta-analysis. **Animal Feed Science**  
 1059 **and Technology**, v. 231, p. 47–58, set. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2017.06.013.

1060 HURTADO-RIBEIRA, R.; VILLANUEVA-BERMEJO, D.; GARCÍA-RISCO, M.;  
 1061 HERNÁNDEZ, M.; SÁNCHEZ-MUROS, M.; FORNARI, T.; VÁZQUEZ, L.;  
 1062 MARTIN, D. (2023). Evaluation of the interrelated effects of slaughtering, drying, and  
 1063 defatting methods on the composition and properties of black soldier fly (*Hermetia*  
 1064 *illucens*) larvae fat. **Curr Res Food Sci.** Nov 8;7:100633. doi:  
 1065 10.1016/j.crfs.2023.100633. Disponível em:  
 1066 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38034945/>.

1067 INRA. (2018). Feed tables: pigs, poultry, cattle, sheep and fish. Versailles: **INRAE**.  
 1068 Disponível em: <https://feedtables.com>.

1069 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). Métodos físico-químicos para análise de  
 1070 alimentos. 4. ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**. 1020 p. 1ª Edição Digital.

1071 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (1998). **ISO**  
 1072 **9831:1998** (E): Animal feeding stuffs, animal products, and faeces or urine –  
 1073 Determination of gross calorific value – Bomb calorimeter method. Geneva.

1074 ISLAM, F.; IMRAN, A.; NOSHEEN, F.; FATIMA, M.; ARSHAD, M.; AFZAAL, M.;  
 1075 IJAZ, N.; NOREEN, R.; MEHTA, S.; BISWAS, S.; RASOOL, I.; ASLAM, M.;  
 1076 USMAN, I.; ZAHRA, S.; SEGUENI, N.; ALI, Y. (2023). Functional roles and novel tools  
 1077 for improving oxidative stability of polyunsaturated fatty acids: a comprehensive review.  
 1078 **Food Science & Nutrition, Hoboken**, v. 11, p. 2471–2482. DOI: 10.1002/fsn3.3272.

1079 JARRETT, S.; ASHWORTH, C. (2018). The role of dietary fibre in pig production, with  
 1080 a particular emphasis on reproduction. **Journal of Animal Science and Biotechnology**,  
 1081 v. 9, n. 59. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-018-0270-0>.

1082 KAWASAKI, K.; OSAFUNE, T.; TAMEHIRA, S.; YANO, K. (2023). Piglets can  
 1083 secrete acidic mammalian chitinase from the pre weaning stage. **Scientific Reports**,  
 1084 [S.l.], v. 13, n. 1, p. 1–9. Disponível em: [https://www.nature.com/articles/s41598-023-](https://www.nature.com/articles/s41598-023-38230-w)  
 1085 38230-w.

- 1086 KERR, B.; KELLNER, T.; SHURSON, G. (2015). Characteristics of lipids and their  
 1087 feeding value in swine diets. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, art.  
 1088 30. DOI: 10.1186/s40104-015-0028-x.
- 1089 KERR, B.; URRIOLA, P.; JHA, R.; THOMSON, J.; CURRY, S.; SHURSON, G. (2019).  
 1090 Amino acid composition and digestible amino acid content in animal protein by-product  
 1091 meals fed to growing pigs. **J Anim Sci.** 4;97(11):4540-4547. DOI: 10.1093/jas/skz294.
- 1092 KIM, S. A.; RHEE, M. S. (2016). Highly enhanced bactericidal effects of medium chain  
 1093 fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils  
 1094 (carvacrol, eugenol,  $\beta$ -resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin)  
 1095 against *Escherichia coli* O157:H7. **Food Control**, v. 60, p. 447–454. Disponível em:  
 1096 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.022>.
- 1097 KIM, S.W.; CHEN, H.; PARNSSEN, W. (2019). Regulatory Role of Amino Acids in Pigs  
 1098 Fed on Protein-restricted Diets. **Curr Protein Pept Sci.** 20(2):132-138. doi:  
 1099 10.2174/13892037196666180517100746.
- 1100 KROECKEL, S.; HARJES, A.; ROTH, I.; KATZ, H.; WUERTZ, S.; SUSENBETH, A.;  
 1101 SCHULZ, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the  
 1102 Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and  
 1103 chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta máxima*). **Aquaculture**. V. 364-365, 5 oct,  
 1104 p. 345-352. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.041>.
- 1105 LI, P.; WU, G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs  
 1106 for animal diets. (2020). **Amino Acids**. Apr;52(4):523-542. doi: 10.1007/s00726-020-  
 1107 02833-4. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32162082.
- 1108 LI, P.; WU, G. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis  
 1109 and animal growth. (2018). **Amino Acids**. Jan;50(1):29-38. doi: 10.1007/s00726-017-  
 1110 2490-6. Epub 2017 Sep 20. PMID: 28929384.
- 1111 LICEAGA, A.; AGUILAR-TOALÁ, J.; VALLEJO-CORDOBA, B.; GONZÁLEZ-  
 1112 CORDOVA, AARÓN F.; HERNÁNDEZ-MENDOZA, A. (2022). Insects as an  
 1113 alternative protein source. **Annual Review of Food Science and Technology**, Palo Alto,  
 1114 v. 13, p. 19–34. DOI: 10.1146/annurev-food-052720-112443.
- 1115 LIU X.; CHEN X.; WANG H.; YANG Q.; UR REHMAN K.; LI W., CAL. M.; Li, Q.;  
 1116 MAZZA, L.; ZHANG, J.; YU, Z.; ZHENG, L. (2017). Dynamic changes of nutrient  
 1117 composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **PLOS ONE** 12(8):  
 1118 e0182601. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>.

- LIU, S.; WANG, J.; LI L.; DUAN, Y., ZHANG, X; WANG, T.; ZANG, J.; PIAO, X; MA, Y.; LI, D. (2023). Endogenous chitinase might lead to differences in growth performance and intestinal health of piglets fed different levels of black soldier fly larva meal. **Animal Feed Science and Technology**, [S.l.], v. 310, 115644. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115644>.
- LOHO, L.; LO, D.; ROMULO, A. (2023). Amino acid analysis and physiological properties of protein concentrate made from Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, Bristol, v. 1200, n. 1, art. 012028, 2023. DOI: 10.1088/1755-1315/1200/1/012028.
- LU, S.; TAETHAISONG, N.; MEETHIP, W.; SURAKHUNTHOD, J.; SINPRU, B.; SROICHAK, T.; ARCHANA, P.; THONGPEA, S.; PAENGKOUM, S.; PURBA, Rayudika A.; PAENGKOUM, P. (2022). Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: uma revisão. **Insects**, [S.l.], v. 13, n. 9, p. 831. DOI: 10.3390/insects13090831.
- MAKKAR, H.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 1–33. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- MARASCA, N.; DE SOUSA, A.; DA SILVA, K.; DE FARIAS B.; BRIZIO, A.; FERNANDES S.; MARTINS V. (2025). Effect of Defatting Method on the Nutritional, Functional, and Bioactive Properties of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. **Insects**. Aug 15;16(8):844. doi: 10.3390/insects16080844. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12386665/>.
- MARSCA, N.; FERNANDES, S.; RESEM, A.; MARTINS, V. (2024). Triagem fitoquímica de farinha de larvas da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) semidesengordurada. In: **2º Congresso de Segurança e Qualidade de Alimentos (CSQA), 2024**, [Local não informado]. Anais... v. 2, n. 2, 26 jul. 2024. Publicado em 2º Congresso de Segurança e Qualidade de Alimentos (CSQA).
- MATTERSON, L. D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. (1965). The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut. Agri. Exp. Sta. Research Report 7: 3-11.
- MAVROMICHALIS, I. (2021). Maillard reaction can be a silent killer of feed quality. **FeedStrategy**, 3 fev. Disponível em: <https://www.feedstrategy.com/animal-feed-manufacturing/article/15441852/maillard-reaction-can-be-a-silent-killer-of-feed-quality>.

- MILLER, B.; SHAW, J. (1969). Digestion of poultry manure by Diptera. **Poultry Science**, v. 48, n. 5, p. 1844-1845. DOI: 10.3382/ps.0481777.
- MORGAN, D.; COLE, D.; LEWIS, D. (1975). Energy values in pig nutrition: II. The prediction of energy values from dietary Chemical analysis. **The journal of Agricultural Science**, 84 (1): 19-27. Doi: 10.1017/S0021859600071835.
- MUTUCUMARANA, R.; SAMARASINGHE, K.; RANJITH A.; WIJERATNE, G.; WICKRAMANAYAKE, D. (2010). Poultry Offal Meal as a Substitute to Dietary Soybean Meal for Japanese Quails (*Coturnix coturnix japonica*): Assessing the maximum inclusion level and the Effect of Supplemental Enzymes. **Tropical Agricultural Research**, v. 21(3), p. 293-307. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276041854>.
- NAM, D.; AHERNE, F. (1994). The effects of lysine:energy ratio on the performance of weanling pigs. **J Anim Sci**. May;72(5):1247-56. doi: 10.2527/1994.7251247x. PMID: 8056671. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8056671/>.
- NASCIMENTO FILHO, M.; PEREIRA, R.; OLIVEIRA, A.; SUCKEVERIS, D.; BURIN JUNIOR, A.; MASTRANGELO, T.; COSTA, D.; MENTEN, J. (2020). Cafeteria-type feeding of chickens indicates a preference for insect (*Tenebrio molitor*) larvae meal. **Animals**, Basel, v. 10, n. 4, art. 627, p. 1–13. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani10040627>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2012). **Nutrient Requirements of Swine**. 11th ed. Washington, D.C.: National Academies Press. 400 p.
- NEWTON, G.; BOORAM, C.; BARKER, R.; HALE, O. (1977). Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine, **Journal of Animal Science**, Volume 44, Issue 3, March, Pages 395–400. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas1977.443395x>.
- NGUYEN, T.; CHIDGEY, K.; WESTER, T.; SCHREURS, N.; MOREL, P. (2024). Using poultry by-product meal to replace soybean meal in grower-finisher pig diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 313, p. 116001. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2024.116001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840124001299>.
- NOBLET, J. (2007). Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements for pigs. **R. Bras. Zootec.**, v.36, suplemento especial, p.277-284. Disponível em: [https://rbz.org.br/article/net-energy-evaluation-of-feeds-and-determination-of-net-energy-requirements-for-pigs/?utm\\_](https://rbz.org.br/article/net-energy-evaluation-of-feeds-and-determination-of-net-energy-requirements-for-pigs/?utm_).



- 1186 NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. (2004). Energy value of pig feeds: Effect of pig body  
1187 weight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**. 82 E-Suppl (E.  
1188 Suppl): E229-238. Doi: 10.2527/2004.8213\_supplE229x. Disponível em:  
1189 [https://www.researchgate.net/publication/8243594\\_Energy\\_Value\\_of\\_Pig\\_Feeds\\_Effect\\_of\\_Pig\\_Body\\_Weight\\_and\\_Energy\\_Evaluation\\_System](https://www.researchgate.net/publication/8243594_Energy_Value_of_Pig_Feeds_Effect_of_Pig_Body_Weight_and_Energy_Evaluation_System).  
1190
- 1191 OLIVEIRA, V. de; FIALHO, E.; LIMA, J.; BERTECHINI, A.; FREITAS, R. (2005).  
1192 Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o  
1193 crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 866–874, jul./ago.
- 1194 OPENAI. ChatGPT [software]. Versão [GPT-4o]. Resposta à consulta sobre [Traduza o  
1195 seguinte resumo acadêmico para o inglês mantendo o tom científico e formal]. [S.l.]:  
1196 **OpenAI**, 2026. Disponível em: <https://chat.openai.com>.
- 1197 PALMA, L.; FERNÁNDEZ-BAYO, J.; NIEMEIER, D.; PITESKY, M.;  
1198 VANDERGHEYNST, J. (2019). Managing high fiber food waste for the cultivation of  
1199 black soldier fly larvae. **npj Science of Food**, [S.l.], v. 3, p. 15. Disponível em:  
1200 <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0047-7>.
- 1201 PATERNOSTRE, L.; BOEVER, J.; MILLET, S. (2021). Interaction between fat and fiber  
1202 level on nutrient digestibility of pig feed. **Animal Feed Science and Technology**. 282,  
1203 115126. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115126>.
- 1204 PATIENCE, J.; ROSSONI-SERÃO, M.; GUTIÉRREZ, N. (2015). A review of feed  
1205 efficiency in swine: biology and application. **Journal of Animal Science and**  
1206 **Biotechnology**, v. 6, n. 33, p. 1–17. DOI: 10.1186/s40104-015-0031-2. Disponível em:  
1207 <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0031-2>.
- 1208 PAUL, S.; MANDAL, A.; CHATTERJEE, P.; BHAR, R.; PATHAK, N. (2007).  
1209 Determinação das necessidades nutricionais para o crescimento e manutenção de suínos  
1210 em crescimento em condições tropicais. **Animal**. 1(2):269-282.  
1211 doi:10.1017/S1751731107284228.
- 1212 PEKAS, J. (1968). Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic  
1213 studies. **Journal Animal Science**, v. 27, p. 1303-1306.
- 1214 PETRY, A.; KERR, B. (2025). Interactive effects among fiber and fat sources on energy  
1215 and fat digestion in 53- to 74-kg pigs. **J Anim Sci**. Jan 4;103:skaf324. doi:  
1216 10.1093/jas/skaf324. PMID: 40973174; PMCID: PMC12681358.
- 1217 PHAENGPHAIREE, P.; BOONTIAM, W.; WEALLEANS, A.; HONG, J.; KIM, Y.  
1218 (2023). Dietary supplementation with full-fat *Hermetia illucens* larvae and multi-  
1219 probiotics, as a substitute for antibiotics, improves the growth performance, gut health,

and antioxidative capacity of weaned pigs. **BMC Veterinary Research**, [S.l.], v. 19, n. 7. DOI: 10.1186/s12917-022-03550-8. Disponível em: <https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-022-03550-8>.

PIMCHAN, T.; HAMZEH, A.; SIRINGAN, P.; THUMANU, K.; HANBOONSONG, Y.; YONGSAWATDIGUL, J. (2024). Antibacterial peptides from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: mode of action and characterization. **Sci Rep** 14, 26469. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73766-1>.

POZZA, P.; GOMES, P.; DONZELE, J.; ROSTAGNO, H.; POZZA, M.; RODRIGUEIRO, J; NUNES, R. (2008). Determinação e predição dos valores de energia digestível e metabolizável da farinha de vísceras para suínos. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.4, p. 734-742, out/dez. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/39670/22230>.

QUINIOU, N.; NOBLET, J. (2012). Effect of the dietary net energy concentration on feed intake and performance of growing-finishing pigs housed individually. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 12, p. 4362-4372. DOI: 10.2527/jas2011-4004.

RACHMAWATI, R.; BUCHORI, D.; HIDAYAT, P.; HEM, S.; FAHMI, M. R. 2010. Perkembangan dan kandungan nutrisi larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada bungkil kelapa sawit. **Jurnal Entomologi Indonesia**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 28–41, abr. Disponível em: <https://doi.org/10.5994/jei.7.1.28>.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, E., DA CUNHA-BORGES, V., CANTERO-BAHILLO, E., FORNARI, T., GARCÍA-RISCO, M. R., & MARTIN, D. (2025). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae accumulate bioactive compounds that modulate antioxidant activity when reared with bioactive agrifood by-products. **Food Research International**, 219, 117013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.117013>.

ROSTAGNO, H.; ALBINO, L.; CALDERANO, A., HANNAS, M., SAKOMURA, N., PERAZZO, F., ROCHA, G., SARAIVA, A., ABREU, M., GENOVA, J., TAVERNARI, F. (2024). **Tabela brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.

RUHNKE, I.; NORMANT, C.; IQBAL, Z.; CAMPBELL, D. L. M.; ZENTEK, J.; CHOCT, M. (2017). Feed refusal of laying hens – a case report. In: **Annual australian poultry science symposium**, 28., Sydney. Sydney: Poultry Research Foundation, 2017. p. 213. Disponível em: <https://poultry-research.sydney.edu.au/wp-content/uploads/2019/08/APSS-Proceedings-2017.pdf>.

- SAIDANI, M.; DABBOU, S.; BEN LARBI, M.; BELHADJ SLIMEN, I.; FRAIHI, W.; ARBI, T.; AMRAOUI, M.; M'HAMDI, N. (2025). Effect of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and cecal microbiota in broiler chickens. **Frontiers in Animal Science**, Lausanne, v. 6, art. 1531773, p. 1–12. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1531773>.
- SAKOMURA, N.K. e ROSTAGNO, H.S. (2016). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos (Vol. 9). Jaboticabal: **Funep**.
- SANTOS, J. Bioconversão de resíduos orgânicos pela larva da mosca soldado negro e as suas aplicações na alimentação animal e humana. (2022). **Dissertação** (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2022. Disponível em: <https://recil.ulusofona.pt/server/api/core/bitstreams/380e5623-5b1b-4953-9c4f-5cc9192a86ff/content>.
- SCHIAVONE, A.; De MARCO, M.; MARTÍNEZ, S.; DABBOU, S.; RENNA, M.; MADRID, J.; HERNANDEZ, F.; ROTOLO, L.; COSTA, P.; GAI, F.; GASCO, L. (2017). Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, art. 51. DOI: 10.1186/s40104-017-0181-5.
- SHEPPARD, D.; NEWTON, G.; THOMPSON, S.; SAVAGE, S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. **Bioresource Technol.** 50: 275–279. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90102-3).
- SHURSON, G.; KERR, B.; HANSON, A. (2015). Evaluating the quality of feed fats and oils and their effects on pig growth performance. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, Londres, v. 6, art. 10. DOI: 10.1186/s40104-015-0005-4.
- SIDDIQUI, S.; SÜFER, Ö.; KOÇ, G.; LUTUF, H.; RAHAYU, T.; CASTRO-MUÑOZ, R.; FERNANDO, I. (2025). Enhancing the bioconversion rate and end products of black soldier fly (BSF) treatment – a comprehensive review. **Environment, Development and Sustainability**, v. 27, p. 9673-9741. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04306-6>.
- SILVA, J.; SOUZA, C.; GOUVEIA, A.; SILVA, W.; PAULO, L.; SOUSA, J.; REZENDE, C.; SANTOS, F.; MINAFRA, C. (2020). Composition, digestibility, and microbiological quality of the animal-origin meal. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 424–438. DOI: <https://doi.org/10.5296/jas.v8i1.16531>.

- 1286 SINDIRAÇÕES. (2023). **Compêndio brasileiro de alimentação animal**. 6. Ed. São  
1287 Paulo: Sindirações.
- 1288 SKYQUEST TECHNOLOGY CONSULTING PVT. LTD. (2022). Global Black Soldier  
1289 Fly Market to Hit Sales of \$1,437.56 Million by 2028: Black Soldier Fly is Being Looked  
1290 at as Sustainable Source of Livestock Feed Protein. **GlobeNewswire**, Westford, 7 dez.  
1291 2022. Disponível em: [https://www.globenewswire.com/en/news-](https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/12/07/2569283/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Market-to-Hit-Sales-of-1437-56-Million-by-2028-Black-Soldier-Fly-is-Being-Looked-at-as-Sustainable-Source-of-Livestock-Feed-Protein.html)  
1292 [release/2022/12/07/2569283/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Market-to-Hit-Sales-of-](https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/12/07/2569283/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Market-to-Hit-Sales-of-1437-56-Million-by-2028-Black-Soldier-Fly-is-Being-Looked-at-as-Sustainable-Source-of-Livestock-Feed-Protein.html)  
1293 [1437-56-Million-by-2028-Black-Soldier-Fly-is-Being-Looked-at-as-Sustainable-](https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/12/07/2569283/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Market-to-Hit-Sales-of-1437-56-Million-by-2028-Black-Soldier-Fly-is-Being-Looked-at-as-Sustainable-Source-of-Livestock-Feed-Protein.html)  
1294 [Source-of-Livestock-Feed-Protein.html](https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/12/07/2569283/0/en/Global-Black-Soldier-Fly-Market-to-Hit-Sales-of-1437-56-Million-by-2028-Black-Soldier-Fly-is-Being-Looked-at-as-Sustainable-Source-of-Livestock-Feed-Protein.html).
- 1295 SLIMEN, I.; YEROU, H.; BEN LARBI, M.; M'HAMDI, N.; NAJAR, T. (2023). Insects  
1296 as an alternative protein source for poultry nutrition: a review. **Front. Vet. Sci.**  
1297 10:1200031. doi: 10.3389/fvets.2023.1200031. Disponível em:  
1298 [https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-](https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2023.1200031/full)  
1299 [science/articles/10.3389/fvets.2023.1200031/full](https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2023.1200031/full).
- 1300 SMITH, J.; TOKACH, M.; O'QUINN, P.; NELSEN, J.; GOODBAND, R. (1999).  
1301 Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and  
1302 carcass characteristics of growing-finishing pigs, **Journal of Animal Science**, Volume  
1303 77, Issue 11, November, Pages 3007–3015. Disponível em:  
1304 <https://doi.org/10.2527/1999.77113007x>.
- 1305 SON, J.; PARK, S.; JUNG, H.; YOU, S.; KIM, B. (2023). Effects of Drying Methods and  
1306 Blanching on Nutrient Utilization in Black Soldier Fly Larva Meals Based on In Vitro  
1307 Assays for Pigs. **Animals** (Basel). Feb 26;13(5):858. doi: 10.3390/ani13050858.  
1308 Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10000218/>.
- 1309 TOKACH, M.; MENEGAT, M.; GOURLEY, K.; GOODBAND, R. (2019). Review:  
1310 Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on  
1311 amino acid requirements. **Animal**. 13(12):2967-2977.  
1312 doi:10.1017/S1751731119001253.
- 1313 TRAKSELE, L.; SPEICIENE, V.; SMICIUS, R.; ALENCIKIENE, G.;  
1314 SALASEVICIENE, A.; GARMINE, G.; ZIGMANTAITE, V.; GRIGALEVICIUTE,  
1315 R.; KUCINSKAS, A. (2021). Investigation of in vitro and in vivo digestibility of black  
1316 soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae protein. **Journal of Functional Foods**, v. 79, art.  
1317 104402. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104402.
- 1318 VAN HUIS, A. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review.  
1319 (2020). **Journal of Insects as Food and Feed**. 6 (1): 27-44.

- VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. (2001). Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. **American Society for Nutritional Sciences**. V. 131, p.1309-1318. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622148431>.
- VYNCKE, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette, Seifen, Anstrichm.* 72(12):1084–1087.
- WATERS CORPORATION. Derivatization of Amino Acids Using Waters AccQ•Tag Chemistry. Milford, MA: **Waters Corporation**, s.d. Disponível em: <https://www.waters.com/nextgen/us/en/education/primers.html>.
- YU, M.; LI, Z.; CHEN, W.; RONG, T.; WANG, G.; MA, X. (2019). *Hermetia illucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [S.l.], v. 10, p. 50. Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-019-0358-1>.
- YU, M.; LI, Z.; CHEN, W.; RONG, T.; WANG, G.; WANG, F.; MA, X. (2020). Evaluation of full-fat *Hermetia illucens* larvae meal as a fishmeal replacement for weanling piglets: Effects on the growth performance, apparent nutrient digestibility, blood parameters and gut morphology. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 264, 114431. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114431>.
- ZANOTTO, D.; BELLAVER, C. (2005). Método para a determinação da solubilidade proteica em pepsina 0,0002%. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**. (Comunicado Técnico, 402).
- ZHANG, G.; LIU, D.; WANG, F.; LI, D. (2014). Estimation of the net energy requirements for maintenance in growing and finishing pigs, **Journal of Animal Science**, Volume 92, Issue 7, July, Pages 2987–2995, Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7002>.
- ZHU, M.; LIU, M.; YUAN, B.; JIN, X.; ZHANG, X.; XIE, G.; WANG, Z.; LV, Y.; WANG, W.; HUANG, Y. (2022). Growth performance and meat quality of growing pigs fed with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as alternative protein source. **Processes**, [S.l.], v. 10, n. 8, p. 1498. DOI: 10.3390/pr10081498. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/8/1498>.