

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

DAYANE ALBUQUERQUE DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DOS COPRODUTOS DO GERGELIM (*SESAMUM INDICUM L.*) DO
SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE**

**RECIFE
2025**

DAYANE ALBUQUERQUE DA SILVA

Utilização dos coprodutos do gergelim (*Sesamum indicum L.*) do semiárido do nordeste brasileiro em dietas para frangos de corte

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Zootecnia
Área de concentração: Zootecnia
Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Coorientador(es): Dr. Jorge Vitor Ludke, Prof^a. Dr^a. Lilian Francisco Arantes de Souza

**RECIFE
2025**

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

S586u Silva, Dayane Albuquerque da.

Utilização dos coprodutos do gergelim (*Sesamum indicum* L.) do semiárido do nordeste brasileiro em dietas para frangos de corte / Dayane Albuquerque da Silva. – Recife, 2025.

137 f.; il.

Orientador(a): Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke.

Co-orientador(a): Jorge Vitor Ludke.

Co-orientador(a): Lilian Francisco Arantes de Souza.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Alimentos alternativos. 2. Antibióticos. 3. Óleo de gergelim. 4. pintainhos 5. Tortas - Gergelim. I. Ludke, Maria do Carmo Mohaupt Marques, orient. II. Ludke, Jorge Vitor, coorient. III. Souza, Lilian Francisco Arantes de, coorient. IV. Título

CDD 636



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

**UTILIZAÇÃO DOS COPRODUTOS DO GERGELIM (*SESAMUM INDICUM L.*) DO
SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE**

Tese elaborada por
DAYANE ALBUQUERQUE DA SILVA
Aprovado em 25/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MARIA DO CARMO MOHAUPT MARQUES LUDKE
Data: 15/05/2025 13:39:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS BOA VIAGEM RABELLO
Data: 15/05/2025 16:06:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br CAMILLA MENDONCA SILVA
Data: 19/05/2025 07:48:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Camilla Mendonça Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO GUILHERME PERAZZO COSTA
Data: 19/05/2025 20:23:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
gov.br THAYSA RODRIGUES TORRES
Data: 15/05/2025 21:40:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Thaysa Rodrigues Torres
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RESUMO

Este estudo avaliou a torta e o óleo de gergelim como alternativas à fonte proteica convencional e ao promotor de crescimento, respectivamente. A energia metabolizável dos ingredientes foi determinada, e o desempenho produtivo, a metabolizabilidade de energia e nutrientes das rações, a qualidade da carcaça e as variáveis sanguíneas foram observadas. Além disso, a atividade antimicrobiana do óleo de gergelim foi avaliada *in vitro* e *in vivo*. A pesquisa foi dividida em três etapas: um ensaio de metabolismo para determinar a energia metabolizável dos coprodutos e dois experimentos de desempenho produtivo, onde cada um avaliou um coproduto. Para o estudo de metabolismo, foram utilizados 90 pintainhos de corte machos da linhagem Ross 308 de 14 a 23 dias de idade, que foram distribuídos inteiramente ao acaso com 3 tratamentos e 6 repetições de 5 aves cada. As dietas consistiram em uma dieta referência à base de milho e farelo de soja e mais duas dietas testes, uma contendo 30% da torta de gergelim + 70% da dieta controle e a outra contendo 8% do óleo de gergelim + 92% da dieta controle. A torta de gergelim apresentou valores de energia metabolizável aparente (EMA) de 4789 kcal/kg e para a aparente corrigida para o balaço de nitrogênio (EMAn) de 4342 kcal/kg. Já o óleo de gergelim apresentou valores de EMA e EMAn de 8163 e 7907 kcal/kg, respectivamente. Posteriormente, foram conduzidos dois experimentos de desempenho produtivo para avaliar a torta e o óleo de gergelim. Para o experimento com a torta de gergelim, foram utilizados 240 frangos machos da linhagem Ross 308, com 1 dia de idade. Os animais foram distribuídos ao acaso, dispostos em 4 tratamentos de 5 repetições com 12 aves cada. Os tratamentos consistiram em 4 níveis de inclusão da torta de gergelim (0, 50, 100 e 150 g/kg). A torta trouxe resultados positivos para o desempenho, imunidade e retorno econômico, assim o coproduto pode ser utilizado nas concentrações de 50 g/kg nas fases iniciais e 150 g/kg nas fases de crescimento e final. Já a pesquisa com o óleo de gergelim, foram utilizados 300 frangos machos da linhagem Ross 308, com 1 dia de idade distribuídos ao acaso, dispostos em 5 tratamentos de 5 repetições com 12 aves cada. Os tratamentos consistiram em uma dieta a base de milho e farelo de soja isenta de aditivo promotor de crescimento, a segunda dieta foi a dieta basal com o aditivo bacitracina de zinco a 0,50 g/kg e as demais dietas isentas de aditivo promotor de crescimento mais utilizando o óleo de gergelim nos níveis 3,3; 6,6 e 9,9 g/kg. A inclusão de 6,6 g/kg de óleo de gergelim na dieta de frangos melhorou o desempenho, a metabolização de nutrientes e reduziu a contagem de *E. coli*, sendo o melhor nível para substituir a bacitracina de zinco. De modo geral, conclui-se que tanto a torta quanto o óleo de gergelim podem ser utilizados como alternativas promissoras para a alimentação de frangos de corte, melhorando o desempenho, saúde intestinal e proporcionando maior retorno econômico.

Palavras-chaves: alimento alternativo, antibiótico, óleo de gergelim, pintainhos, torta de gergelim.

ABSTRACT

This study evaluated sesame cake and sesame oil as alternatives to the conventional protein source and growth promoter, respectively. Metabolizable energy was determined, and productive performance, energy and nutrient metabolizability, carcass quality and blood variables were evaluated. In addition, the antimicrobial activity of sesame oil was evaluated in vitro and in vivo. The research was divided into two stages: a metabolism assay to determine the metabolizable energy of the co-products and a productive performance experiment. For the metabolism study, 90 male Ross 308 broiler chicks aged 14 to 23 days were used, which were distributed completely randomly with 3 treatments and 6 replicates of 5 birds each. The diets consisted of a reference diet based on corn and soybean meal and two test diets, one containing 30% sesame cake + 70% of the control diet and the other containing 8% sesame oil + 92% of the control diet. The sesame cake presented apparent metabolizable energy (AME) values of 4789 kcal/kg and apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) of 4342 kcal/kg. The crude sesame oil presented AME and AMEn values of 8163 and 7907 kcal/kg, respectively. In the second stage of the research, two simultaneous experiments were conducted to evaluate the cake and sesame oil. For the experiment with the sesame cake, 240 male Ross 308 broilers, 1 day old, were used. The animals were randomly distributed into 4 treatments of 5 replicates with 12 birds each. The treatments consisted of 4 levels of sesame cake inclusion (0, 50, 100 and 150 g/kg). The cake brought positive results for performance, immunity and economic return, so the co-product can be used at concentrations of 50 g/kg in the initial phases and 150 g/kg in the growth and final phases. As for the research with sesame oil, 300 male Ross 308 chickens, 1 day old, were randomly distributed into 5 treatments of 5 replicates with 12 birds each. The treatments consisted of a diet based on corn and soybean meal free of growth promoter additive, the second diet was the basal diet with the additive zinc bacitracin at 0.50 g/kg and the other diets free of growth promoter additive but using sesame oil at levels 3.3, 6.6 and 9.9 g/kg. The inclusion of 6.6 g/kg of sesame oil in the diet of chickens improved performance, nutrient metabolism and reduced *E. coli* count, being the best level to replace zinc bacitracin. Overall, it is concluded that both sesame cake and sesame oil can be promising alternatives for broiler feeding, improving performance, intestinal health, and economic returns.

Keywords: alternative feed, antibiotic, sesame oil, chicks, sesame cake.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

	Pág.
Tabela 1. Valores médios da composição bromatológica da semente de gergelim.....	20
Tabela 2. Valores médios de lignanas, esteróis e tocoferóis contidos na semente de gergelim...21	21
Tabela 3. Composição físico-química do óleo de gergelim natural (OGN) e óleo de gergelim torrado (OGT) em diferentes temperaturas (180 e 250 °C).....	23
Tabela 4. Valores médios das propriedades físico-químicas do óleo de gergelim natural extraído por prensagem a frio e solvente hexano.....	24
Tabela 5. Valores médios dos compostos bioativos encontrados no óleo de gergelim natural e/ou cru analisados por cromatografia gasosa e expressos em mg/g.....	24
Tabela 6. Composição química, aminoacídica e de ácidos graxos da torta de gergelim e do farelo de soja, expressos no estado em que se encontra.....	25
Tabela 7. Composição de lignanas presentes na torta de gergelim.....	26
Tabela 8. Fatores antinutricionais da semente de gergelim.....	27
Tabela 9. Valores médios de fatores antinutricionais e composição bromatológica da semente de gergelim crua, germinada e fermentada.....	28
Tabela 10. Fatores antinutricionais da torta de gergelim.....	28

CAPITULO II

Tabela 1. Composição química e valor nutricional da dieta controle.....	45
Tabela 2. Composição físico-química, valor energético e perfil de ácidos graxos da torta e do óleo de gergelim, com base na matéria seca.....	49
Tabela 3. Compostos antinutricionais presentes na torta.....	49
Tabela 4. Coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), da proteína bruta (CMAEB), da energia bruta (CMAEB), e a energia metabolizável aparente (EMA), e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da torta de gergelim, e o CMAEB, EMA e EMAn do óleo de gergelim, em base na matéria seca.....	50

CAPITULO III

Tabela 1. Composição bromatológica da torta de gergelim e do farelo de soja utilizado na formulação da dieta experimental expressos no estado em que se encontra.....	66
Tabela 2. Fatores antinutricionais presentes na torta de gergelim.....	66

Tabela 3. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais nas fases pré-inicial (1 a 7 dias) e inicial (8 a 21 dias).....	68
Tabela 4. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais nas fases de crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).....	69
Tabela 5. Valores dos ingredientes utilizados para calcular o ROI.....	74
Tabela 6. Valores médios de peso vivo (PV), ganho de peso corporal (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas com níveis crescentes de torta de gergelim.....	76
Tabela 7. Valores médios de escore referente a avaliação do coxim plantar de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	78
Tabela 8. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade aparente dos nutrientes, matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB) e da energia metabolizável aparente (EMA) e a aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), dos frangos de corte alimentados com dietas com níveis crescentes de torta de gergelim.....	80
Tabela 9. Valores médios hematológicos de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	84
Tabela 10. Valores médios de bioquímica sérica de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	86
Tabela 11. Valores médios do peso relativo de órgãos e comprimento de intestino de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	88
Tabela 12. Valores médios do rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	89
Tabela 13. Valores médios de cálcio e fósforo, peso relativo, índice de Seedor e densitometria óssea em diferentes regiões da tíbia de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.....	89
Tabela 14. Valores ração por fases, total e por aves. ROI, viabilidade econômica.....	91

CAPITULO IV

Tabela 1. Composição de ácidos graxos e química do óleo de gergelim e do óleo de soja refinado, utilizados na formulação da dieta experimental expressos no estado em que se encontra, em comparação ao óleo de gergelim comercial e ao óleo de soja degomado.....	107
Tabela 2. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase pré-inicial (1 a 7 dias).....	109
Tabela 3. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase inicial (8 a 21 dias).....	110
Tabela 4. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase de crescimento (22 a 35 dias).....	111
Tabela 5. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase final (36 a 42 dias).....	112
Tabela 6. Valores médios de peso vivo (PV), ganho de peso vivo (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de gergelim, em todas as fases de criação.....	118
Tabela 7. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMAMS, CMAEB, CMAPB), EMA e a EMAn dos frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.....	119
Tabela 8. Valores médios de bioquímica sérica de frangos de corte alimentados óleo de gergelim.....	123
Tabela 9. Valores médios hematológicos de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.....	125
Tabela 10. Valores médios do peso relativo de órgãos e comprimento do intestino de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.....	125
Tabela 11. Valores médios do rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.....	126
Tabela 12. Resposta <i>in vitro</i> da concentração inibitória mínima das cepas <i>Salmonella enteritidis</i> (ATCC 13076 e UFPEDA 414) e <i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922; UFPEDA 224) na presença do óleo de gergelim, formação do halo inibitório (mm).....	127
Tabela 13. Valores médios ajustados da contagem de <i>E.coli</i> do conteúdo cecal de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.....	128

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

	Pág.
Figura 1. Planta <i>Sesamum indicum</i> (gergelim). Fonte: Köhler FE, 1883.....	16
Figura 2. Fluxograma do processamento básico da semente de gergelim para obtenção do óleo e torta, com e sem torrefação.....	18
Figura 3. Estrutura química das principais lignanas presentes no óleo de gergelim. Fonte: Wei et al. (2022).....	22
Figura 4. Esquema da produção das células de defesa Th1 e Th2 a partir de um estímulo por patógenos. CD: célula dendríticas. Fonte: Adaptado Câmara, 2019.....	31

CAPITULO II

Figura 1. Valores médios da temperatura e umidade relativa do ar ambiente, máxima e mínima, respectivamente.....	46
--	----

CAPITULO III

Figura 1. Coxim plantar, segundo seus escores, dos frangos avaliados.....	70
Figura 2. Imagem tomográfica em corte transversal da tíbia de frangos de corte.....	73
Figura 3. Efeito linear e quadrático do peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, das aves alimentadas com TG com as idades de 1-7 dias.....	77
Figura 4. Efeito linear e quadrático do peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, das aves alimentadas com TG com as idades de 1-21 dias.....	77
Figura 5. Efeito linear do escore do coxim plantar das aves alimentadas com a TG.....	79
Figura 6. Efeito linear dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes das aves alimentadas com TG, na fase de 1-7 dias.....	81
Figura 7. Efeito quadrático dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes das aves alimentadas com TG, na fase de 8-21 dias.....	82
Figura 8. Efeito linear dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes das aves alimentadas com TG, na fase de 22-35 dias.....	84
Figura 9. Efeito linear e quadrático dos coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes das aves alimentadas com TG, na fase de 36-42 dias.....	83
Figura 10. Efeito linear e quadrático das variáveis sanguíneas (hematologia) das aves alimentadas com TG.....	85

Figura 11. Efeito linear e quadrático das variáveis sanguíneas (bioquímica sérica) das aves alimentadas com TG.....	88
Figura 12. Efeito linear do ventrículo das aves alimentadas com a TG.....	88
Figura 13. Efeito linear e quadrático das variáveis de cálcio, fósforo e da relação Ca:P da tibia aves alimentadas com a TG.....	90
Figura 14. Retorno sobre o investimento comparando as rações com e sem adição de torta de gergelim.....	91

CAPITULO IV

Figura 1. Níveis séricos de globulina de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de óleo de gergelim.....	124
Figura 2. Efeito do óleo de gergelim sobre a contagem de <i>E.coli</i> ao longo do tempo.....	128

SUMÁRIO

CAPITULO I	14
INTRODUÇÃO	15
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
<i>Gergelim.....</i>	<i>16</i>
<i>Obtenção dos coprodutos do gergelim: óleo e torta.....</i>	<i>18</i>
<i>Composição bromatológica da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de gergelim</i>	<i>19</i>
<i>Semente de Gergelim.....</i>	<i>19</i>
<i>Óleo de Gergelim.....</i>	<i>21</i>
<i>Torta de Gergelim.....</i>	<i>24</i>
<i>Fatores antinutricionais da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de gergelim</i>	<i>26</i>
<i>Fração oleosa do gergelim e seus benefícios</i>	<i>29</i>
<i>Utilização da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de gergelim na alimentação de aves comerciais</i>	<i>32</i>
REFERÊNCIAS	36
CAPITULO II - Artigo I - Determinação da Composição Nutricional e Energética da Torta e do Óleo de Gergelim em Frangos de Corte	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
<i>Local experimental e comissão de ética</i>	<i>43</i>
<i>Obtenção da torta e óleo de gergelim.....</i>	<i>43</i>
<i>Delineamento experimental e dietas experimentais</i>	<i>44</i>
<i>Alojamento das aves</i>	<i>44</i>
<i>Avaliação físico-química, energética e composição de ácidos graxos da torta de gergelim e do óleo de gergelim e das rações experimentais</i>	<i>45</i>
<i>Caracterização dos compostos antinutricionais da torta.....</i>	<i>46</i>
<i>Metabolizabilidade de energia e nutrientes.....</i>	<i>47</i>
RESULTADOS.....	47
<i>Avaliação físico-química, energética e composição de ácidos graxos da torta de gergelim e do óleo de gergelim.....</i>	<i>47</i>
<i>Caracterização dos compostos antinutricionais.....</i>	<i>48</i>

<i>Metabolizabilidade de energia e nutrientes</i>	49
DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57
CAPITULO III - Artigo II - Efeitos da Inclusão de Torta de Gergelim na Alimentação de Frangos de Corte: Desempenho, Metabolizabilidade de Nutrientes, Parâmetros Sanguíneos, Avaliação óssea e Rentabilidade	60
RESUMO	61
ABSTRACT	62
INTRODUÇÃO	63
MATERIAL E MÉTODOS	64
<i>Local experimental e comissão de ética</i>	64
<i>Obtenção da Torta de gergelim</i>	65
<i>Aves e Alojamento das aves</i>	67
<i>Delineamento experimental e rações experimentais</i>	67
<i>Desempenho</i>	70
<i>Avaliação do coxim plantar</i>	70
<i>Metabolizabilidade dos nutrientes</i>	70
<i>Coleta de sangue</i>	71
<i>Rendimento de carcaça e dos órgãos</i>	72
<i>Densitometria, índice de Seedor e composição mineral da tíbia</i>	72
<i>Retorno do investimento (ROI)</i>	74
<i>Análise estatística</i>	74
RESULTADOS	75
<i>Desempenho</i>	75
<i>Avaliação do coxim plantar</i>	78
<i>Metabolizabilidade dos nutrientes</i>	79
<i>Coleta de sangue</i>	83
<i>Rendimento de carcaça e dos órgãos</i>	87
<i>Densitometria, índice de Seedor e composição mineral da tíbia</i>	87
<i>Retorno do investimento (ROI)</i>	91
DISCUSSÃO	91
CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS	99

CAPITULO IV – Arttigo III - Uso do óleo de gergelim na alimentação de frangos de corte: influência como aditivo antimicrobiano no desempenho, digestibilidade, composição sanguínea, rendimento de carcaça e órgãos e controle de <i>E. coli</i>.....	102
RESUMO.....	103
ABSTRACT	104
INTRODUÇÃO	105
MATERIAL E MÉTODOS.....	106
<i>Local experimental e comissão de ética</i>	<i>106</i>
<i>Óleo de gergelim.....</i>	<i>106</i>
<i>Alojamento das aves</i>	<i>107</i>
<i>Delineamento experimental e rações experimentais</i>	<i>108</i>
<i>Desempenho.....</i>	<i>108</i>
<i>Metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das rações.....</i>	<i>113</i>
<i>Coleta de sangue, hematologia e bioquímica sérica</i>	<i>113</i>
<i>Rendimento de carcaça e dos órgãos.....</i>	<i>114</i>
<i>Análise Microbiológica.....</i>	<i>115</i>
<i>In vitro.....</i>	<i>115</i>
<i>In Vivo.....</i>	<i>115</i>
<i>Análise estatística</i>	<i>116</i>
RESULTADOS.....	117
<i>Desempenho.....</i>	<i>117</i>
<i>Metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das rações.....</i>	<i>119</i>
<i>Coleta de sangue, hematologia e bioquímica sérica</i>	<i>122</i>
<i>Rendimento de carcaça e órgãos</i>	<i>122</i>
<i>Análise Microbiológica.....</i>	<i>127</i>
DISCUSSÃO	129
CONCLUSÃO.....	134
REFERÊNCIAS	135

CAPITULO I

Revisão Bibliográfica

INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum L.*) é uma planta oleaginosa amplamente cultivada e apreciada por suas sementes nutritivas e versáteis (Beltrão et al., 2013). Essas sementes são fonte de óleo e proteínas, o que torna o gergelim uma opção interessante tanto para consumo humano quanto para a alimentação animal (Sharma et al., 2021), sendo um produto atrativo para a avicultura (Primo, 2008; Solbi et al., 2021).

O óleo de gergelim é reconhecido por seu perfil de ácidos graxos insaturados e propriedades antioxidantes (Arab et al., 2022), enquanto a torta de gergelim, abundante em proteínas, que serve como um suplemento nutricional eficaz para aves (Silva, 2015). A inclusão desses coprodutos na dieta das aves pode promover melhorias no crescimento, na qualidade da carne e dos ovos, e contribuir para uma nutrição mais equilibrada e sustentável (Rama Rao et al., 2008; Hoan e Khoa, 2016).

A torta de gergelim representa uma boa alternativa, mas ainda subutilizado na alimentação de aves. Sua alta densidade nutricional, combinada com benefícios econômicos e de saúde, faz dela uma excelente opção para a formulação de rações avícolas (Primo, 2008). Ao integrar a torta de gergelim nas dietas das aves, é possível promover uma melhoria no crescimento, na qualidade dos produtos avícolas e contribuir para uma produção animal mais sustentável e eficiente (Silva, 2015).

O óleo de gergelim é um suplemento nutricional valioso na alimentação de aves, oferecendo uma série de benefícios que vão desde a melhoria da saúde e imunidade (Huo et al., 2019) até a melhoria da qualidade da carne (Solbi et al., 2021) e dos ovos (Hoan e Khoa, 2016). Segundo os autores a composição abundante em ácidos graxos insaturados e antioxidantes naturais torna-o uma adição benéfica à dieta avícola, contribuindo para uma produção mais eficiente.

25 O gergelim e seus coprodutos pela sua versatilidade permitem seu uso em diversas
 26 indústrias, desde a alimentícia até a de rações animais, promovendo uma alimentação mais rica
 27 em compostos bioativos e rentável (Silva, 2015). Contudo, poucos estudos foram realizados
 28 utilizando tais coprodutos na alimentação das aves, havendo assim uma necessidade de mais
 29 pesquisas focadas nesta área.

30 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

31 *Gergelim*

32 O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma planta herbácea anual, gamopétala,
 33 pertencente ao gênero *Sesamum* (Figura 1) e a família da *Pedaliaceae*, constituído por 16
 34 gêneros e 60 espécies. As variedades da semente do gergelim são de acordo com a diferença na
 35 cor do germoplasma, podendo ser classificado como gergelim branco, gergelim preto e
 36 gergelim dourado, havendo predominância para o gergelim preto e branco, pois são as espécies
 37 amplamente cultivadas (Wei et al., 2022).



38
 39 Figura 1. Planta *Sesamum indicum* (gergelim). Fonte: Köhler FE, 1883.

40 A planta é oriunda do continente africano e asiático, mas considera-se a África o
 41 continente de origem (Beltrão et al., 2013). Devido ao seu local de origem, o gergelim possui
 42 ampla adaptabilidade as condições edafoclimáticas de clima quente, sendo assim tolerante a

43 seca e de fácil cultivo, deste modo pode ser cultivada em áreas tropicais e subtropicais (Beltrão
44 et al., 2013; Sharma et al., 2021).

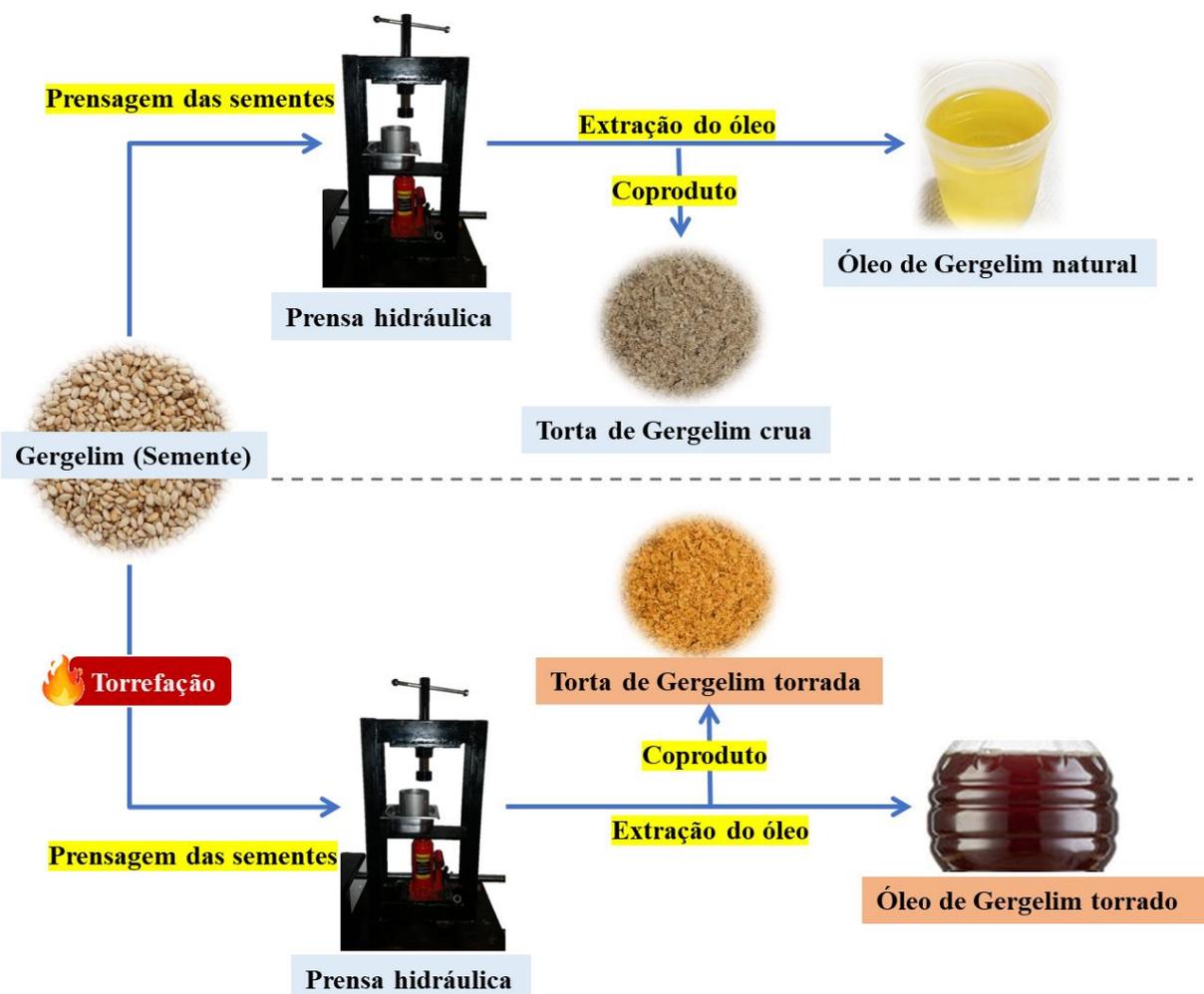
45 A cultura do gergelim foi introduzida no Nordeste brasileiro por meados do século 16
46 pelos portugueses, se difundindo por todo o país, contudo apenas em 1986 deu-se início a
47 exploração comercial deste grão na região devido à redução no cultivo do algodão (Arriel et al.,
48 2007). Logo esta oleaginosa se difundiu por todo Nordeste, devido as suas características, se
49 tornando uma excelente opção de diversificação agrícola por meio do seu potencial nutritivo e
50 econômico (Arriel et al., 2007; Beltrão et al., 2013).

51 Apesar de ter sido introduzido no Nordeste, a cultura migrou rapidamente para a região
52 centro-oeste, onde se localiza o polo agrícola do país, mas ainda há cultivo expressivo nas
53 pequenas e médias propriedades do semiárido nordestino. A produtividade desta oleaginosa
54 está em ascensão desde as últimas décadas devido à demanda nacional e internacional. Segundo
55 a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2024), o Brasil produziu na safra
56 2023/2024, 361,3 mil toneladas de semente de gergelim, sendo 113,7 mil toneladas produzida
57 apenas na região norte e nordeste do país. Ainda segundo a CONAB, a estimativa de produção
58 para a safra de 2024/2025 será por volta de 332,6 mil toneladas, com previsão de 111,8 mil
59 toneladas para a região norte e nordeste.

60 A semente do gergelim se tornou popular por possuir sabor suave e por conter uma
61 composição química que desperta grandes interesses (Wei et al., 2022), onde consiste em 45–
62 65% de óleo, 19–35% de proteína, 14–20% de carboidratos e 15–20% de material fibroso junto
63 com quantidades mensuráveis de ácido oxálico, cálcio e outros minerais (Arriel et al., 2007;
64 Beltrão et al., 2013). As sementes contêm ácidos graxos saturados, como palmítico (8,58%) e
65 esteárico (5,44%) e ácidos graxos insaturados, principalmente oleico (35–50%) e linoleico
66 (46,26%) (Sharma et al., 2021).

67 **Obtenção dos coprodutos do gergelim: óleo e torta**

68 Em tese, os processamentos para a obtenção dos coprodutos são compostos por etapas
 69 simples, como a prensagem das sementes para obtenção do óleo e da torta de gergelim (Figura
 70 2) (Silva, 2015). Entretanto, vale ressaltar que há diversas técnicas de processamento que
 71 podem incluir mais ou menos etapas, como, torrefação, fermentação, entre outras, além disso o
 72 tipo de processamento pode influenciar nos componentes químicos dos coprodutos produzidos
 73 (Arab et al., 2022; Melo et al., 2024).



74

75 Figura 2. Fluxograma do processamento básico da semente de gergelim para obtenção do óleo
 76 e torta, com e sem torrefação.

77 Boa parte da produção dos grãos de gergelim segue para a extração do óleo de
 78 gergelim, que é realizada através de processos industriais, sendo os mais utilizados a extração
 79 por solvente orgânico e a prensagem das sementes. A extração por solvente é uma operação

80 unitária simples, na qual se obtém uma solução preferencial de um soluto, como o óleo, pelo
81 contato com um solvente líquido, como o hexano (Silva, 2015). Já a extração por prensagem é
82 um método mais simples, rápido e de baixo custo podendo ser realizada por uma prensa
83 mecânica hidráulica. Devido ao alto teor de lipídeos das sementes de gergelim a prensagem é
84 o método mais usual para a extração do óleo de gergelim devido a sua praticidade (Primo,
85 2008).

86 Após a extração do óleo, o resíduo das sementes dá origem a torta de gergelim (Silva,
87 2015). A torta é rica em proteína, energia, minerais e vitaminas (Primo, 2008), enquanto que o
88 óleo de gergelim é abundante em ácidos graxos insaturados e compostos bioativos com
89 propriedades anti-inflamatórias (Deme et al., 2018), antioxidantes (Ye et al., 2020) e
90 antimicrobianas (Ogawa et al., 2014; Saleem, 2011). Ambos coprodutos do gergelim tem alto
91 potencial na alimentação animal, devido a composição bromatológica e a presença de
92 compostos bioativos que podem atuar positivamente na sanidade dos animais (Wichitsrano et
93 al., 2011; Bopitiya e Madhujith, 2013; Pathak, et al. 2020).

94 *Composição bromatológica da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de* 95 *gergelim*

96 *Semente de Gergelim*

97 A semente de gergelim é amplamente utilizada na alimentação humana e animal
98 (Silva, 2015), devido à sua riqueza em nutrientes (Sharma et al., 2021) e compostos bioativos
99 (Bopitiya e Madhujith, 2015). A semente de gergelim é abundante em óleo, proteína,
100 aminoácidos e carboidratos, além de quantidades mensuráveis de ferro, cálcio e outros minerais
101 (Tabela 1) (Arriel et al., 2007). Apresenta boas quantidades de ácidos graxos saturados, como
102 palmítico e esteárico, e é abundante em ácidos graxos insaturados, principalmente oleico e
103 linoleico (Tabela 1) (Sharma et al., 2021). Além de compostos bioativos com propriedades anti-

104 inflamatória e antioxidante, como a sesamina e tocoferóis, respectivamente (Mohamed Ahmed
105 et al., 2020a) (Tabela 2).

106 Tabela 1. Valores médios da composição bromatológica da semente de gergelim.

Composição Bromatológica (g/100g)		Ácidos graxos (g/100g)	
Proteína bruta	21,78	Ácido graxo saturado	7,09
Carboidrato	9,85	MUFA	18,80
Extrato etéreo	49,11	PUFA	21,80
Açúcares	3,00	Mirístico (C14:0)	85,00
Amido	4,00	Palmítico (C16:0)	7,76
Fibra bruta	8,90	Estearico (C18:0)	4,54
FDN	14,8	Oleico (C18:1, cis)	18,70
FDA	8,0	Linoleico (C18:2, cis)	21,20
Lignina	2,2	Linolênico (C18:3)	26,00
Energia bruta (Kcal/g)	6955	Vitaminas (mg/100g)	
Cinzas	5,75	β-Caroteno	0,005
Minerais (mg/100g)		Vitamina E	25,00
Cálcio	962,00	Tiamina	79,00
Cobre	1,58	Riboflavina	25,00
Ferro	14,60	Niacina	4,52
Magnésio	324,00	Ácido Pantotênico	5,00
Fósforo	605,00	Vitamina B6	79,00
Potássio	468,00	Vitamina B9	0,097
Selênio	0,027	Aminoácidos (%)	
Sódio	2,31	Metionina	0,64
Zinco	5,74	Cisteína	0,41
Manganês	1,24	Lisina	0,62
Carboidratos (%)		Treonina	0,77
D-glicose	3,24	Triptofano	0,23
D-galactose	0,06	Isoleucina	0,78
D-frutose	2,63	Leucina	1,42
Sacarose	0,17	Valina	0,97
Sesamose	0,38	Histidina	0,53
Proteínas (%)		Fenilalanina	0,92
Albumina	8,6	Glicina	1,05
Globulina	67,3	Serina	0,95
Prolamina	1,4	Tirosina	0,66
Glutelina	6,9	Alanina	0,97

107 Fonte: Mohamed Ahmed et al., (2020a); Mohamed Ahmed et al., (2020b); Heuzé et al. (2021); Sharma et al.,
108 (2021); Wei et al., (2022).

109 Contudo, os componentes químicos da semente de gergelim e seus coprodutos podem
110 apresentar valores discrepantes entre os estudos disponíveis na literatura (Arriel et al., 2007;
111 Sharma et al., 2021; Wei et al., 2022). Isso ocorre porque a composição dos compostos varia
112 de acordo com o genótipo da planta, o local de cultivo (solo e clima), as condições de cultivo e

113 os processos de extração e torrefação dos grãos (Olaleye et al., 2018; Agidew et al., 2021; Wei
114 et al., 2022).

115 Tabela 2. Valores médios de lignanas, esteróis e tocoferóis contidos na semente de gergelim.

Lignanas (mg/100g)	Semente de Gergelim
Sesamina	206,00
Sesamolina	125,00
Sesaminol	222,00
Sesamolinol	38,00
Esteróis (%)	
Campesterol	16,5
Estigmasterol	8,7
β -Sitosterol	62,5
Δ -5-Avenasterol	8,7
Δ -7-Estigmasterol	0,5
Δ -7-Avenasterol	0,4
Esteróis totais (mg/100 g)	540
Tocoferóis (mg/g)	
Gama-tocoferol	4,82 – 8,02
Beta-tocoferol	0,52 – 0,81

116 Fonte: Adaptado de Moazzami e Kamal-Eldin (2006); Gharby et al. (2017); Mohamed Ahmed et al. (2020a).

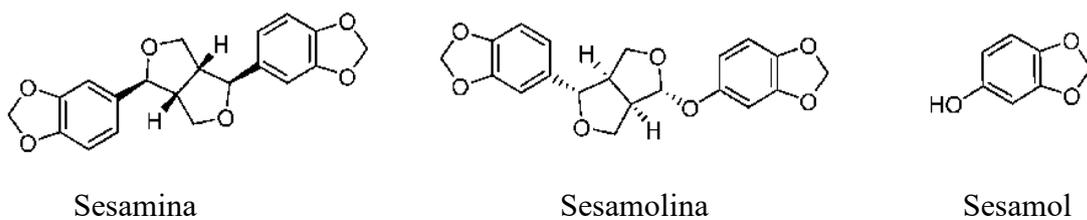
117 ***Óleo de Gergelim***

118 A semente de gergelim, por ter abundância no teor de lipídeos, é amplamente utilizada
119 para a extração de óleo, especialmente o prensado a frio, que preserva as características
120 químicas e palatáveis da semente (Olaleye et al., 2018). O teor de lipídeos e a rentabilidade do
121 óleo extraído têm uma estreita relação com a coloração do germoplasma. Quanto mais escuro
122 o gergelim, menor o teor de lipídeos e, conseqüentemente, menor a extração de óleo (Dar et al.,
123 2019).

124 O óleo de gergelim possui um sabor característico e agradável, além de maior
125 estabilidade oxidativa em comparação com a maioria dos óleos vegetais, devido aos ácidos
126 graxos em sua composição e à presença de antioxidantes naturais, como sesamolina, sesamina,
127 sesamol e gama tocoferol (Silva, 2015). Além destes compostos, o óleo é altamente nutritivo,
128 sendo uma boa fonte vitamínica e mineral, pois é rico em vitaminas A, B e E, bem como nos
129 minerais ferro, cálcio, magnésio, cobre, ácido fosfórico e silícico (Arriel et al., 2007).

130 Contudo, o processo de torrefação dos grãos (Arab et al., 2022) (Tabela 3) e a extração
 131 do óleo (Tabela 4), pode alterar as características físico-química do óleo (Olaleye et al., 2018).
 132 A torrefação faz uso do calor para a torra dos grãos, este processo traz pontos positivos para o
 133 óleo, pois aumenta a resistência à rancificação, mas também pode diminuir a quantidade de
 134 antioxidantes, como a sesamolina, sesamina e de gama-tocoferol (Arab et al., 2022).

135 A fração oleosa do gergelim é onde detêm maiores quantidades de compostos
 136 antioxidantes (Gharby et al., 2017) e anti-inflamatórios (Deme et al., 2018), que estão atrelados
 137 a fatores benéficos a saúde humana, por exemplo. Além de possuir uma composição de ácidos
 138 graxos interessante, pode-se encontrar no óleo de gergelim fitoesteróis, flavonoides e lignanas
 139 que são encontrados em grande quantidade nas sementes (Sharma et al., 2021). Dentre estes
 140 compostos as lignanas tem papel sobressaltado, por ser rica em antioxidantes, como a sesamina,
 141 sesamolina e sesamol (Figura 3; Tabela 5), sendo a sesamina a principal ligana por estar em
 142 maior quantidade e por ser rica em gama-tocoferol, um excelente antioxidante (Gharby et al.,
 143 2017).



144

145 Figura 3. Estrutura química das principais lignanas presentes no óleo de gergelim. Fonte: Wei
 146 et al. (2022).

147 O óleo de gergelim geralmente é comparado ao azeite de oliva, por ser muito estável
 148 devido à presença de antioxidantes que reduz substancialmente sua taxa de oxidação (Sharma
 149 et al., 2021). Além destes compostos, o óleo é altamente nutritivo, sendo uma boa fonte
 150 vitamínica e mineral, pois contém bastante vitaminas A, B e E, bem como nos minerais ferro,
 151 cálcio, magnésio, cobre, ácido fosfórico e silício (Arriel et al., 2007).

152 Tabela 3. Composição físico-química do óleo de gergelim natural (OGN) e óleo de gergelim
 153 torrado (OGT) em diferentes temperaturas (180 e 250 °C).

Parâmetros	OGN	OGT 180 °C	OGT 250 °C
Umidade do óleo (%)	2,55	1,15	0,61
Eficiência de prensagem (%)	33,5	41,6	62,5
Gravidade específica g/cm ³	0,919	0,921	0,921
Índice de refração	1,476	1,475	1,468
Índice de iodo (I ₂ g /100 g de óleo)	113,11	112,4	105,41
Valor de saponificação (g KOH/100 g óleo)	185,45	189,87	195,67
Gama-tocoferol (mg/100g óleo)	25,93	24,37	23,18
Sesamolina (mg/100g óleo)	202,92	190,11	163,37
Sesamina (mg/100g óleo)	393,25	364,89	344,19
CFT	152,2	169,6	183,33
Ácidos Graxos (%)			
Mirístico (C14:0)	0,02	0,02	0,02
Palmítico (C16:0)	9,21	9,22	9,37
Estearico (C18:0)	6,06	6,16	6,14
Oleico (C18:1, cis)	37,55	37,05	37,07
Linoleico (C18:2, cis)	44,12	44,39	43,84
Linolênico (C18:3)	0,80	0,38	0,36
Araquídico (C20:0)	0,66	0,68	0,66
Eicosanóico (C20:1)	0,18	0,18	0,17
SFA	16,24	16,37	16,47
MUFA	38,94	38,35	38,38
PUFA	44,52	44,79	44,22
Ácidos Graxos Trans	0,05	0,28	0,62
AGL	38,1	27,4	27,1
DTT	5,7	6,3	6,5
Esteróis (%)			
Campesterol	33,39	34,24	32,64
Estigmasterol	5,17	5,06	5,2
β-Sitosterol	49,49	48,42	49,47
Δ-5-Avenasterol	10,68	11,22	11,54
Δ-7-Estigmasterol	0,99	0,88	0,93
Δ-7-Avenasterol	0,22	0,14	0,2
Esteróis totais (mg/100 g)	862,9	824,5	785,5

154 DTT: Derivados totais de triglicédeos; AGL: Ácidos graxos livres; CFT: Compostos fenólicos totais expressos
 155 em mg equivalente de ácido gálico por 100 g de óleo. Fonte: Adaptado de Arab et al. (2022).

156 Tabela 4. Valores médios das propriedades físico-químicas do óleo de gergelim natural extraído
157 por prensagem a frio e solvente hexano.

Análises	Extração a frio por prensa	Extração por solvente (hexano)
Índice de iodo (I ₂ g/100g óleo)	83,73	92,38
Acidez (mg KOH/g óleo)	6,09	5,87
Valor de peróxido (meq O ₂ / kg óleo)	5,84	5,61
Valor de saponificação (mg KOH/ g óleo)	212,45	214,53
Ácido graxo livre	3,04	2,92
Viscosidade	32,45	29,50
Cor	Amarelo claro, límpido	Amarelo claro, límpido
Odor	Agradável, amendoado	Agradável, amendoado
Gosto	Saboroso	Saboroso

158 Fonte: Adaptado de Olaleye et al. (2018).

159 Tabela 5. Valores médios dos compostos bioativos encontrados no óleo de gergelim natural
160 e/ou cru analisados por cromatografia gasosa e expressos em mg/g.

Compostos	Williamson et al. (2008)	Dar et al. (2019)	Morris et al. (2021)
Alfa-tocoferol	0,085	-	-
Sigma-tocoferol	1,72	-	3,74
Gama-tocoferol	79,9	-	197,77
Sesamina	3,99	4,07	2,87
Sesamolina	-	2,63	2,31
Sesamol	-	0,82	-

161 *Torta de Gergelim*

162 A torta de gergelim é um coproduto originado das sementes de gergelim após a
163 extração do óleo (Primo, 2008) e por ser desengordurada, também pode ser nomeada de farelo
164 de gergelim (Silva, 2015). Este coproduto é abundante em nutrientes e apresenta grande
165 potencial para utilização em diversos setores alimentícios e industriais (Silva, 2015). Entre suas
166 principais características nutricionais, destacam-se as concentrações de proteínas, extrato
167 etéreo, fibras, minerais (como cálcio e potássio) (Tabela 6), além de antioxidantes naturais,
168 como lignanas (Tabela 7) (Primo, 2008; Silva, 2015; Ortega-Hernández et al., 2018).

169 Geralmente, a torta não passa por processos de agregação de valor devido ao
170 desconhecimento de suas potencialidades nutricionais e econômicas. Além disso, são pouco
171 exploradas as possibilidades de obtenção de produtos alternativos que possam aumentar a oferta
172 proteica de um produto de consumo tradicional (Silva, 2015).

173 Tabela 6. Composição química, aminoacídica e de ácidos graxos da torta de gergelim e do farelo
 174 de soja, expressos no estado em que se encontra.

Composição Nutricional (%)	Torta de Gergelim*	Farelo de Soja**
Matéria Seca	92,80	89,5
Proteína Bruta	33,31	44,5
Fibra bruta	3,48	5,84
Extrato Etéreo	34,70	1,93
Energia Bruta (kcal/kg)	4924	4147
Energia Metabolizável para aves (kcal/kg)	2677	2276
Densidade (g/m ³)	56,00	65,00
Minerais (%)		
Cinzas	5,60	5,86
Potássio	6,73	1,94
Cálcio	0,95	0,31
Fósforo	0,76	0,57
Sódio	0,038	0,05
Aminoácidos Total (%)		
Metionina	0,93	0,60
Cisteína	0,76	0,63
Metionina + Cisteína	1,66	1,23
Lisina	0,86	2,81
Treonina	1,17	1,80
Triptofano	0,45	0,62
Isoleucina	1,27	2,04
Leucina	2,27	3,43
Valina	1,55	2,16
Histidina	0,96	1,17
Fenilalanina	1,55	2,28
Tirosina	1,17	1,67
Ácidos Graxos (%)		
Palmítico (C16:0)	3,19	2,22
Estearico (C18:0)	1,53	0,81
Oleico (C18:1, cis)	12,07	4,46
Linoleico (C18:2, cis)	15,43	10,32
Linolênico (C18:3)	0,09	0,07
Araquídico (C20:0)	0,12	0,06
Eicosanóico (C20:1)	0,052	1,45
Índice de iodo	37,41	25,19
Acidez	0,45	0,06

175 *Composição da torta de gergelim segundo Primo (2008) e Heuzé et al. (2021). **Composição nutricional e de
 176 aminoácidos do farelo de soja (44,5%) segundo Rostagno et al. (2024); os valores de ácidos graxos foram
 177 estimados com base na composição do óleo de soja refinado (AOCS, 2013) ajustado ao valor de extrato etéreo do
 178 farelo de soja (44,5%).

179 Tabela 7. Composição de lignanas presentes na torta de gergelim.

Compostos	Torta de Gergelim (mg SE/kg)
Sesamol	543,8
Sesamina	696,0
Sesamolina	2001,6

180 Fonte: Ortega-Hernández et al. (2018). SE: equivalentes de sesamina.

181 ***Fatores antinutricionais da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de gergelim***

182 Os fatores antinutricionais são substâncias presentes em alimentos que podem
 183 interferir na absorção e utilização de nutrientes pelo organismo (Kong et al., 2022). Eles
 184 ocorrem naturalmente em muitos alimentos, especialmente de origem vegetal, e podem ser
 185 acentuados durante o processamento dos alimentos. Alguns antinutrientes surgem como
 186 resultado dos mecanismos de defesa das plantas, sendo os inibidores de enzimas, ácido fítico,
 187 taninos, oxalatos, glucosinolatos, lectinas e saponinas (Salim-ur-Rehman et al., 2014).

188 O gergelim é uma semente abundante em nutrientes, mas também contém alguns
 189 fatores antinutricionais que podem interferir na absorção de nutrientes. Esses fatores incluem o
 190 ácido fítico, oxalatos, taninos, lectinas e inibidores de enzimas (Tabela 8) (Sharma et al., 2021).
 191 O ácido fítico é um dos principais fatores antinutricionais presentes no gergelim (Deme et al.,
 192 2017). Ele se liga a minerais essenciais, como ferro, zinco, cálcio e magnésio, formando
 193 complexos insolúveis que não são absorvidos pelo organismo. Isso pode levar a deficiências
 194 minerais, especialmente em dietas onde o gergelim é uma fonte importante desses nutrientes
 195 (Kong et al., 2022).

196 Os oxalatos são compostos que podem formar complexos insolúveis com cálcio,
 197 dificultando sua absorção e aumentando o risco de formação de cálculos renais (Siener et al.,
 198 2021). Já os taninos são compostos fenólicos que podem se ligar a proteínas e minerais,
 199 formando complexos insolúveis que reduzem a digestibilidade e a absorção desses nutrientes
 200 (Delimont et al., 2017). Os inibidores de enzimas presentes no gergelim podem interferir na
 201 ação das enzimas digestivas, reduzindo a digestibilidade das proteínas e carboidratos (Salim-
 202 ur-Rehman et al., 2014). Já as lectinas são proteínas reconhecidas de carboidratos que podem

203 atuar como antinutrientes promovendo efeitos na mucosa intestinal que envolvem alteração da
 204 permeabilidade, reações imunológicas e interferência na absorção de nutrientes (López-Moreno
 205 et al., 2022).

206 Tabela 8. Fatores antinutricionais da semente de gergelim.

Compostos	Semente de Gergelim
Atividade inibitória da tripsina (mg/g)	0,73
Ácido fítico (g/100g)	4,20
Fósforo de fitina (mg/g)	8,89
Oxalato (mg/g)	1,05
Lectinas (HA)	16,00
Taninos (mg/g)	2,70

207 Fonte: Adaptado de Embaby (2010); Olagunju e Ifesan (2013). HA: unidade hemaglutinante.

208 Apesar de o gergelim conter fatores antinutricionais, várias técnicas de processamento,
 209 como torrefação, germinação e fermentação, podem reduzir esses compostos e diminuir seus
 210 efeitos (Kong et al., 2022). Aplicando esses métodos, é possível aproveitar os benefícios
 211 nutricionais do gergelim sem comprometer a absorção de nutrientes essenciais (Salim-ur-
 212 Rehman et al., 2014).

213 Olagunju e Ifesan (2013) e Maria e Victoria (2018) ao aplicarem a técnica de
 214 fermentação e germinação nas sementes de gergelim, respectivamente observaram que os
 215 fatores antinutricionais diminuíram consideravelmente (Tabela 9). Apesar da técnica ser eficaz
 216 para os fatores antinutricionais, os autores também encontraram menores valores para alguns
 217 nutrientes, havendo assim pontos positivos e negativos para o processamento.

218 A torta de gergelim também contém compostos antinutricionais, assim como a semente
 219 de gergelim (Fadimatou et al., 2024) (Tabela 10). Por isso, deve-se estar atento a adição deste
 220 coproduto na alimentação animal, devido as implicações que este coproduto pode trazer para a
 221 absorção de nutrientes.

222 No óleo de gergelim pode-se encontrar fatores antinutricionais, como o ácido oxálico,
 223 no teor de 4,09 mg/kg para óleos oriundos de gergelim com película e 2,83 para óleo de

224 gergelim descascados (Amini et al., 2023). Pode-se notar que o maior valor foi para o óleo de
 225 sementes com casca, portanto, pode-se argumentar que o descascamento reduz a quantidade de
 226 compostos antinutricionais, como o oxalato (Amini et al., 2023).

227 Tabela 9. Valores médios de fatores antinutricionais e composição bromatológica da semente
 228 de gergelim crua, germinada e fermentada.

Antinutrientes (mg/g)	Semente de gergelim	Semente de gergelim germinada*	Semente de gergelim fermentada**
Ácido fítico	31,59	7,72	24,17
Fosforo de fitina	8,89	-	6,80
Tanino	16,64	10,07	-
Oxalato	3,05	2,78	0,72
Composição bromatológica (%)			
Proteína	26,76	46,37	19,11
Umidade	1,91	5,01	2,15
Extrato etéreo	52,70	31,60	51,92
Fibra bruta	3,56	3,50	2,41
Cinzas	5,83	3,98	5,70
Carboidratos	9,77	9,54	17,81
Minerais (mg/100g)			
Cálcio	429	0,54	408
Fósforo	629	0,46	-
Sódio	371	-	301
Potássio	441	2,86	210
Ferro	109	0,053	90,12
Zinco	91,1	0,048	76,5

229 *Semente de gergelim analisada 24h pós germinação. **Semente de gergelim fermentada por 24h. Fonte: Adaptado
 230 de Olagunju e Ifesan (2013); Maria e Victoria (2018).

231 Tabela 10. Fatores antinutricionais da torta de gergelim.

Compostos (mg/100 g MS)	Torta de Gergelim fresca	Torta de gergelim torrada	Torta de gergelim oriunda da semente descascada
Fitato	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,07	0,08 ± 0,01
Oxalato	1,04 ± 0,12	0,70 ± 0,00	0,49 ± 0,01
Tanino	1,36 ± 0,22	0,34 ± 0,06	0,34 ± 0,08
Saponina	1,10 ± 0,00	0,58 ± 0,18	0,08 ± 0,03

232 Fonte: Fadimatou et al., (2024). MS: Matéria seca.

233 *Fração oleosa do gergelim e seus benefícios*

234 Produtos derivados do gergelim tem se tornado mais conhecidos nos últimos anos, por
235 estar muito associado a benefícios atrelados à saúde humana. Os estudos mostram que a
236 ingestão diária de gergelim e/ou coprodutos podem ter efeito positivo e até sinérgico no controle
237 da aterosclerose (Majdalawieh e Ro, 2015), controle nos níveis de colesterol (Liang et al.,
238 2015), podem atuar na regulação da imunidade (Khorrami et al., 2018) e podem ter efeito
239 antimicrobiano (Bawazir e Shantaram, 2018), por serem ricos em compostos bioativos (Sharma
240 et al., 2021) e terem propriedades medicinais (Bopitiya e Madhujith, 2015).

241 Estudos recentes (Majdalawieh e Ro, 2015; Bawazir e Shantaram, 2018; Deme et al.,
242 2018; Khorrami et al., 2018; Ye et al., 2020), utilizando métodos modernos, revelaram os
243 potenciais benefícios do óleo de gergelim para a saúde humana, através de estudos *in vitro* e *in*
244 *vivo*, junto a elucidação do uso do óleo para animais de produção. Todos os estudos com o óleo
245 de gergelim ou compostos derivados do óleo, mostram efeitos diretos e complementares
246 principalmente no metabolismo lipídico e na modulação do sistema imune.

247 Foi observado que compostos bioativos como esteróis e sesamina contida na fração
248 oleosa do gergelim, podem diminuir a absorção de colesterol no intestino, por atuarem
249 negativamente nos transportadores intestinais de colesterol, principalmente o transportador
250 Niemann-Pick intestinal (NPC1L1), e inibir a conversão do colesterol nas células intestinais,
251 desta forma há uma diminuição nos níveis de colesterol total e de LDL (Liang et al. 2015; Wang
252 et al. 2023), possibilitando uma menor chance de aterosclerose. Majdalawieh e Ro (2015),
253 atestaram que isolados da fração oleosa do gergelim, em particular o sesamol, e o óleo de
254 gergelim podem regular positivamente a atividade transcricional de PPAR α e LXR α e o efluxo
255 de colesterol de macrófagos *in vivo*, levando à inibição da aterosclerose em camundongos.

256 Em geral, a maioria das doenças e disfunções metabólicas, como a aterosclerose, por
257 exemplo, causa múltiplos sintomas, dentre eles o processo inflamatório faz parte do quadro

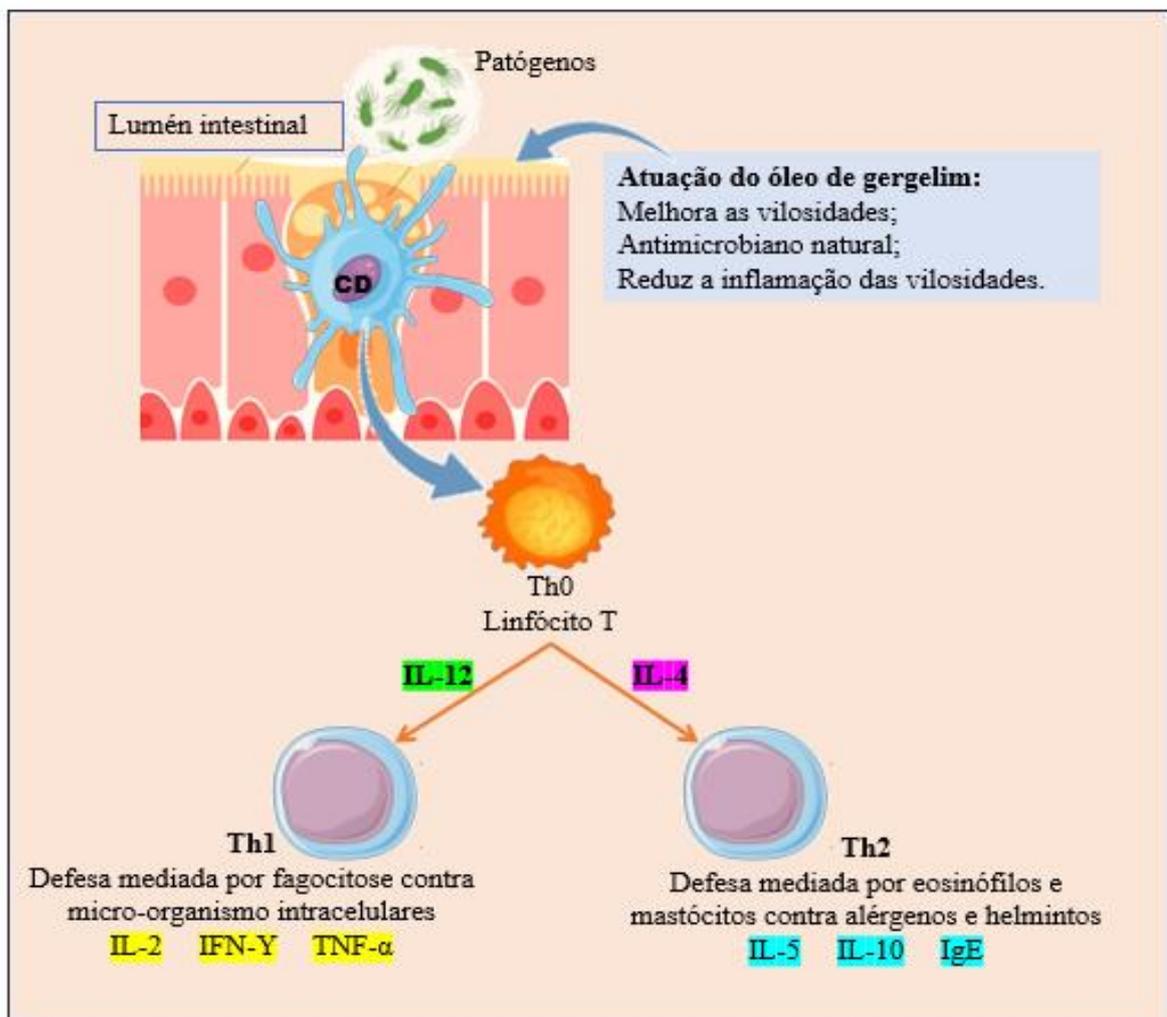
258 clínico (Bäck et al., 2019). Deste modo, sempre há uma busca por compostos químicos e
259 bioativos que possam diminuir o processo inflamatório sem causar danos renais, por isso o óleo
260 de gergelim tem sido tão estudado, pois já foi constatado que o metoxifenol, um composto
261 bioativo derivado do óleo de gergelim, possui propriedade anti-inflamatória, assim como as
262 lignanas, tocoferóis e fitoesteróis, havendo uma interação sinérgica entre os compostos no
263 combate da inflamação, promovendo melhorias na resposta anti-inflamatória (Deme et al.,
264 2018).

265 O óleo de gergelim possui grande quantidade de antioxidantes que contribuem para a
266 redução do processo inflamatório, pois aumentam a superóxido dismutase, glutathione
267 peroxidase e catalase que previnem o efeito dos radicais livres, ao mesmo tempo que reduzem
268 o nível de malondialdeído circulante no sangue, e também levam a redução dos níveis séricos
269 de creatinina; respostas encontradas em ratos (Ye et al., 2020). El-Tahan et al. (2019), também
270 obtiveram achados semelhantes, constatando a redução da creatinina sérica em ratos tratados
271 com óleo de gergelim, por haver a mitigação dos radicais livres de oxigênio e da peroxidação
272 lipídica, e por aumentar os antioxidantes no organismo dos animais avaliados.

273 Khorrami et al. (2018), comprovaram que tanto o óleo essencial de gergelim como
274 compostos fenólicos isolados do gergelim, o sesamol, foram capazes de modular o sistema
275 imune dos ratos suprimindo a resposta da imunidade celular com o domínio das respostas Th2
276 e modularam as funções pró-inflamatórias dos macrófagos e das células dendríticas (Figura 4).
277 Os pesquisadores atrelam essas respostas imunomoduladoras a função antioxidantes e anti-
278 inflamatória que é encontrada nos compostos fenólicos da fração oleosa do gergelim.

279 A supressão das respostas pró-inflamatórias dos macrófagos e das células dendríticas
280 encontradas pelos pesquisadores, pode estar estreitamente ligada à ação antimicrobiana do óleo
281 de gergelim, uma vez que há uma redução na carga microbiana patogênica, há uma menor
282 produção de células de defesa por haver menor estímulo da produção da Th2. Saleem (2011),

283 constatou atividade bactericida *in vitro* do óleo de gergelim contra a *Salmonella typhi*,
 284 *Cornebacterium diphtheria*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Strepto-myces gresius*,
 285 *Proteus vulgaris* e *Escherichia coli*. Bawazir e Shantaram (2018) testaram a sensibilidade *in*
 286 *vitro* de algumas bactérias (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*) e
 287 fungos (*Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Aspregillus flavus*) patogênicos ao óleo de
 288 gergelim e verificaram que o óleo foi eficaz contra *Aspergillus niger* e *Aspergillus flavus*.



289

290 Figura 4. Esquema da produção das células de defesa Th1 e Th2 a partir de um estímulo por
 291 patógenos. CD: célula dendríticas. Fonte: Adaptado Câmara, 2019.

292

293 Por melhorar a microbiota intestinal, o óleo de gergelim pode melhorar as vilosidades
 294 intestinais e a saúde intestinal. Mohamed e Wakwak (2014), ao adicionarem níveis crescentes
 295 de óleo e semente de gergelim a dietas de codornas japonesas, observaram vilosidades mais
 longas na porção do íleo para as aves suplementadas com 2% de óleo de gergelim e outros

296 segmentos mostraram ativação de células secretoras de muco que revestem as vilosidades
297 intestinais no grupo suplementado com 4% de óleo de gergelim.

298 Hoan e Khoa (2016), ao avaliarem níveis crescentes do óleo de gergelim (0; 1,5; 3,0;
299 4,5%) em dietas de galinhas poedeiras, atestaram algumas melhorias, como, maior índice da
300 unidade Haugh, diminuição do colesterol total sanguíneo e maior peso de gema, e aumento
301 crescente na concentração de ácido oleico nas gemas dos ovos, para as aves alimentadas com
302 óleo de gergelim. Contudo, no mesmo trabalho, os autores relataram que os níveis mais altos
303 de óleo de gergelim na dieta diminuíram a produção de ovos, o peso dos ovos e a cor da gema,
304 mas sem alteração na taxa de conversão alimentar.

305 Solbi et al. (2021), atestaram que o óleo de gergelim melhorou as variáveis
306 morfológicas, incluindo a largura das vilosidades e a área da superfície das vilosidades na região
307 do jejuno de frangos de corte, com isso houve maior ganho de peso corporal e conversão
308 alimentar, por haver maior aproveitamento de extrato etéreo da dieta. Os autores relataram que
309 os achados foram em função da quantidade de antioxidantes contida no óleo, mas possivelmente
310 outros mecanismos foram cruciais para esses resultados, como exemplo a atividade anti-
311 inflamatória e antimicrobiana do óleo confirmada em outros estudos.

312 *Utilização da semente de gergelim e dos coprodutos torta e óleo de gergelim na alimentação* 313 *de aves comerciais*

314 A semente de gergelim assim como seus coprodutos tem grande potencial na
315 alimentação animal, devido a composição bromatológica e ao perfil nutracêutico (Primo, 2008;
316 Beltrão et al., 2013; Sharma et al., 2021). Deste modo, o mundo científico tem voltado os olhos
317 para o gergelim e seus coprodutos, com a finalidade de apresentá-lo como um possível alimento
318 alternativo e nutracêutico, agregando valor ao produto de origem animal. Contudo, vale
319 ressaltar que a semente de gergelim tem um alto valor de comércio, além de ser muito apreciado

320 na culinária humana, por este motivo é bastante escasso trabalho utilizando a semente de
321 gergelim, sendo mais comum o uso dos coprodutos para a alimentação animal.

322 Apesar da escassez de trabalhos com a semente de gergelim, Adebisi et al. (2015),
323 avaliaram a semente de gergelim torrado em substituição ao farelo de soja (0; 10; 20; 30; 40%)
324 para frangos de corte. Tais autores observaram que houve ganho no desempenho e melhoria a
325 conversão alimentar, além de proporcionar aumento nos parâmetros morfométricos do intestino
326 para os menores níveis de substituição. Com isso, os autores indicaram que pode utilizar até
327 20% de substituição do farelo de soja pela semente de gergelim torrado para frangos de corte.

328 A torta de gergelim por ser um coproduto do gergelim é mais trabalhada e estudada
329 como alimento alternativo, quando comparada a semente de gergelim, mas ainda assim são
330 poucos os trabalhos publicados com este coproduto buscando avaliá-lo como alimento
331 alternativo para aves comerciais. Deste modo, Primo (2008), ao avaliar a torta de gergelim (0;
332 25; 50; 75 e 100%) em substituição ao farelo de soja integral para frangos de corte, observou
333 que a substituição elevou o desempenho das aves e o rendimento de carcaça, sem aumentar o
334 consumo de ração e a quantidade de gordura abdominal. Contudo, tal autor sugere que a
335 substituição não passe de 50%, pois os valores dos modelos de peso e consumo de ração,
336 aplicados no trabalho, foram lineares, enquanto que a conversão alimentar apresentou
337 comportamento polinomial.

338 Em contrapartida aos achados de Primo (2008), Rama Rao et al. (2008), ao realizarem
339 a pesquisa utilizando níveis crescentes da torta de gergelim (0; 33; 67 e 100%) em substituição
340 ao farelo de soja na alimentação de frangos de corte, não observaram efeito sobre o desempenho
341 e rendimento de órgãos comestíveis até 67% de substituição. Além desses achados, os autores
342 atestaram menor peso de tíbia, menor resistência e diminuição no teor de cinzas da tíbia com a
343 substituição do farelo de soja por torta de gergelim. Também observaram que a atividade da

344 fosfatase alcalina e a concentração de proteína no soro diminuíram linearmente com a
345 quantidade da torta que era posta na dieta.

346 A torta de gergelim apesar de ser rica em nutrientes, contem fatores antinutricionais
347 (Fadimatou et al., 2024), que podem interferir na disponibilidade dos nutrientes, afetando o
348 desempenho das aves. Por este motivo não há trabalhos que consiga substituir totalmente o
349 farelo de soja pela torta de gergelim para aves de produção.

350 Em oposição a torta, o óleo de gergelim possui poucos fatores antinutricionais (Amini
351 et al., 2023) e abundância em compostos bioativos (Arab et al., 2022), deste modo, encontra-se
352 muitas respostas positivas na avicultura atreladas ao seu uso. Mohamed e Wakwak (2014), ao
353 adicionarem níveis crescentes de óleo de gergelim às dietas de codornas japonesas, observaram
354 vilosidades mais longas na porção do íleo para as aves suplementadas com 2% de óleo de
355 gergelim e outros segmentos mostraram ativação de células secretoras de muco que revestem
356 as vilosidades intestinais no grupo suplementado com 4% de óleo de gergelim.

357 Já Hoan e Khoa (2016), ao avaliarem níveis crescentes do óleo de gergelim (0; 1,5;
358 3,0; 4,5%) em dietas de galinhas poedeiras atestaram algumas melhorias, como, maior índice
359 da unidade Haugh, diminuição do colesterol total sanguíneo e maior peso de gema, e aumento
360 crescente na concentração de ácido oleico nas gemas dos ovos, para as aves alimentadas com
361 óleo de gergelim. Contudo, no mesmo trabalho, os autores relataram que os níveis mais altos
362 de óleo de gergelim na dieta diminuíram a produção de ovos, o peso dos ovos e a cor da gema,
363 mas sem alteração na taxa de conversão alimentar.

364 Huo et al. (2019), ao utilizarem o óleo de gergelim na alimentação de frangos de corte,
365 observaram melhoria na conversão alimentar nas fases de crescimento e terminação. Também
366 foi visto menor gordura abdominal para as aves alimentadas com óleo de gergelim, sendo esta
367 variável um reflexo da menor quantidade de triglicérides totais e colesterol total nos níveis

368 séricos do sangue das aves alimentadas com óleo, além de diminuir a quantidade de linfócitos
369 T circulantes e aumentar a glutathione peroxidase.

370 Solbi et al. (2021), ao avaliarem o óleo de gergelim para frangos de corte atestou que
371 houve aumento para as variáveis morfométricas do intestino, incluindo a largura das vilosidades
372 e a área da superfície das vilosidades na região do jejuno, com isso houve maior ganho de peso
373 corporal e conversão alimentar, por haver maior aproveitamento do extrato etéreo da dieta. Os
374 autores também atribuem os achados a quantidade de antioxidantes contida no óleo, mas
375 possivelmente a sinergia de outros mecanismos foram cruciais para esses resultados, como
376 exemplo a atividade anti-inflamatória (Deme et al., 2018) e antimicrobiana do óleo (Bawazir e
377 Shantaram, 2018).

378 Em geral, podemos observar que a semente de gergelim ou a torta de gergelim podem
379 ser utilizados na alimentação das aves de forma moderada, não sendo possível a utilização de
380 ambos em substituição total ao farelo de soja. Em relação ao óleo de gergelim, os estudos
381 mostram efeitos positivos em relação a modulação do sistema imune e melhorias nas
382 vilosidades intestinais, ou seja, há melhoria na saúde intestinal das aves e conseqüentemente
383 melhor performance quando o óleo é utilizado nas dietas. Diferente da semente de gergelim e
384 da torta, o óleo de gergelim não apresentou restrições de uso para a alimentação de aves
385 comerciais, segundo as pesquisas supracitadas.

REFERÊNCIAS

386

- 387 ADEBIYI, O. et al. Effect of Dietary Replacement of Soyabean Meal with Toasted Sesame
388 Seed on Performance, Tibia Bone Mineralisation and Gut Morphology of Broilers
389 Chicken. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 156–163, 2015.
- 390 AGIDEW, M. G. et al. Fatty acid composition, total phenolic contents and antioxidant activity
391 of white and black sesame seed varieties from different localities of Ethiopia. **Chemical
392 and Biological Technologies in Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2021.
- 393 AHMED, I. A. M. et al. Evaluation of Chemical Properties , Amino Acid Contents and Fatty
394 Acid Compositions of Sesame Seed Provided from Different Locations. **Journal of Oleo
395 Science**, v. 69, n. 8, p. 795–800, 2020.
- 396 AMINI, M. et al. Effects of sesame dehulling on physicochemical and sensorial properties of
397 its oil. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 10, p. 6596–6603, 2023.
- 398 ARAB, R. et al. Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition,
399 Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential
400 for Food Applications. **Molecules**, v. 27, n. 14, p. 4508, 2022.
- 401 ARRIEL, N. H. C. et al. **A Cultura do Gergelim**. In: Arriel, N. H. C., Firmini, P. T., Beltrão,
402 N. E. M., Soares, J. J., Araújo, A. E., Silva, A. C., Ferreira, G. B., A cultura do gergelim.
403 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 72.
- 404 BÄCK, M. et al. Inflammation and its resolution in atherosclerosis: mediators and therapeutic
405 opportunities. **Nature Reviews Cardiology**, v. 16, n. 7, p. 389–406, 2019.
- 406 BAWAZIR, A. M. A.; SHANTARAM, M. Effect of Yemeni Sesame Oil Against Some
407 Pathogenic Bacteria and Fungi. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and
408 Research**, v. 9, n. 6, p. 1000–1005, 2018.
- 409 BELTRÃO, N. E. DE M. et al. **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**. Morfologia
410 e organografia. IFRN, p. 225, 2013.
- 411 BOPITIYA, D.; MADHUJITH, T. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame
412 (*Sesamum indicum L.*) seed oil. **Tropical Agricultural Research**, v. 24, n. 3, p. 296,
413 2015.
- 414 CÂMARA, J. N. DA S. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Instituto De Química
415 Programa De Pós-Graduação Em Química. **Dissertação de Mestrado**, p. 66, 2019.
- 416 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2024. Preços agrícolas, da
417 sociobio e da pesca. **CONAB**. Accessed Sep. 2024.
418 <https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>
- 419 DAR, A. A. et al. Assessment of variability in lignan and fatty acid content in the germplasm
420 of *Sesamum indicum L.* **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 2, p. 976–
421 986, 2019.
- 422 DELIMONT, N. M.; HAUB, M. D.; LINDSHIELD, B. L. The impact of tannin consumption
423 on iron bioavailability and status : A narrative review. **American Society for Nutritiion**,
424 v. 3, p. 1–36, 2017.
- 425 DEME, P.; NARASIMHULU, C. A.; PARTHASARATHY, S. Identification and evaluation of
426 anti-inflammatory properties of aqueous components extracted from sesame (*Sesamum
427 indicum*) oil. **Journal of Chromatography B**, v. 1087–1088, n. April, p. 61–69, 2018.
- 428 EL-TAHAN, R. A. et al. THE PROTECTIVE EFFECT OF SESAME OIL AGAINST RENAL
429 TOXICITY INDUCED BY CCL4 IN EXPERIMENTAL MODEL. **Journal of the
430 Medical Research Institute**, v. 40, n. 1, p. 24–31, 2019.
- 431 EMBABY, H. E.-S. Effect of Heat Treatments on Certain Antinutrients and in vitro Protein
432 Digestibility of Peanut and Sesame Seeds. **Food Science and Technology Research**, v.
433 17, n. 1, p. 31–38, 2010.
- 434 FADIMATOU, B. et al. Effect of Culinary Treatments on Nutritional and Anti- nutritional

- 435 Profils of Sesame Oilcake for Use in Fighting Protein Malnutrition. **Asian Journal of**
 436 **Biotechnology and Bioresource Technology**, v. 10, n. 2, p. 60–71, 2024.
- 437 GHARBY, S. et al. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame
 438 grown in Morocco. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 2,
 439 p. 105–111, 2017.
- 440 HEUZÉ V. et al. Sesame (*Sesamum indicum*) seeds and oil meal. 2021. Available at:
 441 <https://feedipedia.org/node/26>
- 442 HOAN, N. D.; KHOA, M. A. The Effect of Different Levels of Sesame Oil on Productive
 443 Performance , Egg Yolk and Blood Serum Lipid Profile in Laying Hens. **Open Journal**
 444 **of Animal Sciences**, n. 6, p. 85–93, 2016.
- 445 HUO, W. et al. Effects of dietary lipid sources on growth performance, nutrient digestibility,
 446 blood T lymphocyte subsets, and cardiac antioxidant status of broilers. **Animal**
 447 **Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 68–73, 2019.
- 448 LÓPEZ-MORENO, M.; GARCÉS-RIMÓN, M.; MIGUEL, M. Antinutrients: Lectins,
 449 goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? **Journal of Functional Foods**, v. 89, p.
 450 104938, 2022.
- 451 KÖHLER, F. E. **Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem**
 452 **Texte:** Atlas zur Pharmacopoea germânica. 1883. 536p. Available at:
 453 <https://archive.org/details/mobot31753002839105/page/n489/mode/2up>.
- 454 KHORRAMI, S.; DANESHMANDI, S.; MOSAYEBI, G. Sesame seeds essential oil and
 455 Sesamol modulate the pro-inflammatory function of macrophages and dendritic cells and
 456 promote Th2 response. **Medical Journal of the Islamic Republic of Iran**, v. 32, n. 1, p.
 457 566–573, 2018.
- 458 KONG, X.; LI, Y.; LIU, X. A review of thermosensitive antinutritional factors in plant-based
 459 foods. **Journal of Food Biochemistry**, v. 46, n. 9, p. e14199, 2022.
- 460 LIANG, Y. T. et al. Cholesterol-Lowering Activity of Sesamin Is Associated with Down-
 461 Regulation on Genes of Sterol Transporters Involved in Cholesterol Absorption. **Journal**
 462 **of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 11, p. 2963–2969, 2015.
- 463 MAJDALAWIEH, A. F.; RO, H. S. Sesamol and sesame (*Sesamum indicum*) oil enhance
 464 macrophage cholesterol efflux via up-regulation of PPAR γ 1 and LXR α transcriptional
 465 activity in a MAPK-dependent manner. **European Journal of Nutrition**, v. 54, n. 5, p.
 466 691–700, 2015.
- 467 MARIA, M. F.; VICTORIA, A. T. Changes in Nutritional , Functional and Pasting Properties
 468 of Raw and Germinated Seeds of White Sesame (*Sesamum indicum* L .) Grown in
 469 Nigeria. **Acta Scientific Nutritional Health**, v. 2, n. 11, p. 07–15, 2018.
- 470 MELO, M. O. P. et al. Estudo tecnológico da obtenção de farinha desengordurada a partir do
 471 resíduo do extrato aquoso de gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Caderno Pedagógico**, v.
 472 21, n. 1, p. 3482–3508, 2024.
- 473 MOAZZAMI, A. A.; KAMAL-ELDIN, A. Sesame seed is a rich source of dietary lignans.
 474 **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 83, n. 8, p. 719–723, 2006.
- 475 MOHAMED AHMED, I. A. et al. Effect of microwave roasting on color, total phenol,
 476 antioxidant activity, fatty acid composition, tocopherol, and chemical composition of
 477 sesame seed and oils obtained from different countries. **Journal of Food Processing and**
 478 **Preservation**, v. 44, n. 10, p. 1–14, 2020.
- 479 MOHAMED, N. E.; WAKWAK, M. M. Effect of sesame seeds or oil supplementation to the
 480 feed on some physiological parameters in Japanese Quail. **Journal of Radiation**
 481 **Research and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 101–109, 2014.
- 482 MORRIS, J. B.; WANG, M. L.; TONNIS, B. D. Variability for oil, protein, lignan, tocopherol,
 483 and fatty acid concentrations in eight sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes.
 484 **Industrial Crops and Products**, v. 164, n. March, 2021.

- 485 OGAWA, T.; NISHIO, J.; OKADA, S. Effect of Edible Sesame Oil on Growth of Clinical
486 Isolates of *Candida albicans*. **Biological Research For Nursing**, v. 16, n. 3, p. 335–343,
487 2014.
- 488 OLAGUNJU, A.; IFESAN, B. O. Changes in Nutrient and Antinutritional Contents of Sesame
489 Seeds During Fermentation. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food
490 Sciences**, v. 2, n. 6, p. 2407–2410, 2013.
- 491 OLALEYE, O. O. et al. Extraction, Physicochemical and Phytochemical Characterization of
492 Oil from Sesame Seed. **Asian Food Science Journal**, v. 1, n. 4, p. 1–12, 2018.
- 493 ORTEGA-HERNÁNDEZ, E. et al. Phytochemical characterization of sesame bran: an
494 unexploited by-product rich in bioactive compounds. **CyTA - Journal of Food**, v. 16, n.
495 1, p. 814–821, 2018.
- 496 PATHAK, N. et al. Investigations on diverse sesame (*S. indicum L.*) germplasm and its wild
497 allies reveal wide variation in antioxidant potential. **Physiology and Molecular Biology
498 of Plants**, v. 26, n. 4, p. 697–704, 2020.
- 499 PRIMO, A. P. **Torta de Gergelim na alimentação de frangos de corte**. Dissertação
500 apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade
501 Estadual do Oeste do Paraná. p. 71, 2008.
- 502 RAMA RAO, S. V. et al. Utilisation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal in broiler
503 chicken diets. **British Poultry Science**, v. 49, n. 1, p. 81–85, 2008.
- 504 SALEEM, T. S. M. Anti-Microbial Activity of Sesame Oil. **International Journal of
505 Research in Phytochemistry & Pharmacology**, v. 1, n. 1, p. 21–23, 2011.
- 506 SALIM-UR-REHMAN et al. Antinutrients and Toxicity in Plant-based Foods. In: **Practical
507 Food Safety**. Wiley, 2014. v. 1, p. 311–339.
- 508 SHARMA, L. et al. Sesame (*Sesamum indicum*) Seed. In: **Oilseeds: Health Attributes and
509 Food Applications**. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 305–330.
- 510 SIENER, R.; SEIDLER, A.; HÖNOW, R. Oxalate-rich foods. **Food Science and Technology**,
511 v. 41, n. suppl 1, p. 169–173, 2021.
- 512 SILVA, D. R. S. **Processamento do Gergelim: Extração de óleo e aproveitamento dos
513 resíduos para produção de alimentos**. Teses apresentada na Universidade Federal de
514 Campina Grande. p. 175, 2015.
- 515 SOLBI, A. et al. Efficacy of lysophospholipids on growth performance, carcass, intestinal
516 morphology, microbial population and nutrient digestibility in broiler chickens fed
517 different dietary oil sources. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 1612–
518 1619, 2021.
- 519 WANG, Q. et al. Effects of Dietary Linoleic Acid on Blood Lipid Profiles: A Systematic
520 Review and Meta-Analysis of 40 Randomized Controlled Trials. **Foods**, v. 12, n. 11, p.
521 2129, 2023.
- 522 WEI, P. et al. Nutritional Value, Phytochemical Composition, Health Benefits, Development
523 of Food, and Industrial Applications. **nutrients Review**, v. 14, p. 4079, 2022.
- 524 WICHITSRANOI, J. et al. Antihypertensive and antioxidant effects of dietary black sesame
525 meal in pre-hypertensive humans. **Nutrition Journal**, v. 10, n. 1, p. 82, 2011.
- 526 WILLIAMSON, K. S. et al. A survey of sesamin and composition of tocopherol variability
527 from seeds of eleven diverse sesame (*Sesamum indicum L.*) genotypes using HPLC-
528 PAD-ECD. **Phytochemical Analysis**, v. 19, n. 4, p. 311–322, 2008.
- 529 YE, L. et al. Synergistic renoprotective effects of sesame oil and erythropoietin on ischemic
530 kidney injury after renal transplantation. **AMB Express**, v. 10, n. 1, p. 4, 2020.
- 531

CAPITULO II

Artigo I

Determinação da Composição Nutricional e Energética da Torta e do Óleo de Gergelim em Frangos de Corte

530 **RESUMO**

531 Devido à escassez de informações nutricionais da torta e do óleo de gergelim para o uso em
532 dietas para aves, o presente estudo teve por objetivo determinar a composição nutricional e
533 energética destes coprodutos. Inicialmente realizou-se análise da composição química e
534 energética da torta e do óleo de gergelim, e posteriormente realizou-se um ensaio de
535 digestibilidade por meio do método de coleta total, utilizando o óxido férrico como marcador.
536 Para o ensaio foram utilizados 90 pintainhos de corte da linhagem Ross 308, na idade
537 intermediária de 14 a 23 dias, que foram distribuídos em delineamento inteiramente
538 casualizado, com três tratamentos de seis repetições cada, com cinco aves por unidade
539 experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta referência (DR) balanceada composta
540 por milho e farelo de soja, e duas dietas testes, na qual da quantidade total da ração fornecida
541 no período misturou-se 70% da DR com 30% da torta de gergelim, e a outra 92% a DR e 8%
542 óleo de gergelim para determinação dos coeficientes de metabolizabilidade da MS (CMAMS),
543 coeficientes de metabolizabilidade da PB (CMAPB), coeficientes de metabolizabilidade da EB
544 (CMAEB), a energia metabolizável aparente (EMA) e a aparente corrigida para o balaço de
545 nitrogênio (EMAn) dos coprodutos. Foram determinados o consumo e a quantidade de excretas
546 no período experimental, pesando as rações e as sobras, e as excretas diariamente. Foram
547 realizadas a análise bromatológica (MS, PB e EB) dos ingredientes e rações, assim como das
548 excretas. Da torta também foram analisados os teores de EE, FDN, FDA, cálcio (Ca), fósforo
549 (P), ácidos graxos e fatores antinutricionais. Para o óleo também foi analisado a composição de
550 ácidos graxos. A torta de gergelim apresentou altos teores de PB (371,0 g/kg), EE (324,7 g/kg)
551 e EB (5796 kcal/kg), além de Ca (20,04 g/kg) e P (8,69 g/kg). Também apresentou baixos
552 valores de FDN (254,10 g/kg) e FDA (112,40 g/kg). Já o óleo de gergelim apresentou elevada
553 EB (9946 kcal/kg). Os coeficientes de metabolizabilidade para a torta foram: CMAMS
554 (82,64%), CMAPB (74,32%) e CMAEB (87,43%), com EMA e EMAn de 4789 e 4342 kcal/kg.
555 Para o óleo, os valores de CMAEB, EMA e EMAn foram de 96,33%, 8163 e 7907 kcal/kg,
556 respectivamente. Ambos os coprodutos mostraram alto teor de ácidos graxos, com destaque
557 para o ácido oleico (120,66 g/kg – torta; 371,6 g/kg – óleo) e linoleico (154,33 g/kg – torta;
558 475,3 g/kg – óleo). No entanto, a torta apresentou elevado teor de saponinas hemolíticas (243,77
559 µg ES/mg). Os resultados demonstram o potencial de uso dos coprodutos do gergelim na
560 nutrição de frangos de corte, sendo o óleo uma excelente fonte energética e a torta uma boa
561 alternativa proteico-energética.

562 **Palavras-chaves:** Análise química, aves, coprodutos, energia metabolizável, *Sesamum*
563 *indicum*.

564 **ABSTRACT**

565 Due to the scarcity of nutritional information on sesame cake and sesame oil for use in poultry
566 diets, the present study aimed to determine the nutritional and energy composition of these co-
567 products. Initially, the chemical and energy composition of sesame cake and sesame oil was
568 analyzed, and subsequently a digestibility test was performed using the total collection method,
569 using ferric oxide as a marker. For the test, 90 broiler chicks of the Ross 308 lineage, at an
570 intermediate age of 14 to 23 days, were used, which were distributed in a completely
571 randomized design, with three treatments of six replicates each, with five birds per experimental
572 unit. The treatments consisted of a balanced reference diet (RD) composed of corn and soybean
573 meal, and two test diets, in which 70% of the RD was mixed with 30% sesame cake, and the
574 other 92% RD and 8% sesame oil to determine the DM metabolizability coefficients (DMMC),
575 CP metabolizability coefficients (CPMC), BE metabolizability coefficients (CMEAE),
576 apparent metabolizable energy (AME), and apparent energy corrected for nitrogen balance
577 (AMEn) of the co-products. The consumption and amount of excreta were determined during
578 the experimental period by weighing the diets and leftovers, and the excreta daily.
579 Bromatological analysis (DM, CP, and BE) of the ingredients and diets, as well as the excreta,
580 were performed. The levels of EE, NDF, ADF, calcium (Ca), phosphorus (P), fatty acids and
581 antinutritional factors were also analyzed in the cake. The fatty acid composition was also
582 analyzed in the oil. The sesame cake showed high levels of CP (371.0 g/kg), EE (324.7 g/kg)
583 and BE (5796 kcal/kg), in addition to Ca (20.04 g/kg) and P (8.69 g/kg). It also showed low
584 values of NDF (254.10 g/kg) and ADF (112.40 g/kg). The sesame oil showed high BE (9946
585 kcal/kg). The metabolizability coefficients for the cake were: CMAMS (82.64%), CMAPB
586 (74.32%) and CMAEB (87.43%), with AME and AMEn of 4789 and 4342 kcal/kg. For the oil,
587 the CMAEB, EMA and EMAn values were 96.33%, 8163 and 7907 kcal/kg, respectively. Both
588 co-products showed high fatty acid content, with emphasis on oleic acid (120.66 g/kg – cake;
589 371.6 g/kg – oil) and linoleic acid (154.33 g/kg – cake; 475.3 g/kg – oil). However, the cake
590 showed high hemolytic saponin content (243.77 µg ES/mg). The results demonstrate the
591 potential use of sesame co-products in broiler nutrition, with the oil being an excellent energy
592 source and the cake being a good protein-energy alternative.

593 **Keywords:** chemical analysis, poultry, by-products, metabolizable energy, *Sesamum indicum*.

INTRODUÇÃO

594

595 A busca por ingredientes alternativos e sustentáveis na formulação de rações para aves
596 tem se intensificado nos últimos anos, impulsionada tanto pelo crescimento da avicultura
597 quanto pela necessidade de otimização de custos e melhoria da eficiência nutricional. Entre os
598 coprodutos com potencial para uso na alimentação animal, a torta de gergelim e o óleo de
599 gergelim destacam-se pela sua riqueza nutricional, especialmente em termos de proteína e
600 energia (Arab et al., 2022; Sá et al., 2022).

601

A torta de gergelim, obtida após a remoção do óleo das sementes, é um coproduto proteico
602 que pode substituir parcial ou totalmente fontes convencionais de proteína na dieta de frangos
603 de corte (Rama Rao et al., 2008; Silva, 2015). Já o óleo de gergelim, devido ao seu alto valor
604 energético, pode atuar como um importante componente lipídico na formulação de rações
605 (Hoan e Khoa, 2016; Huo et al., 2019), além de fornecer componentes bioativos que contribuem
606 para a manutenção da saúde das aves (Khorrami et al., 2018).

607

Para garantir a eficiência na formulação de dietas, é essencial conhecer não apenas o valor
608 energético dos ingredientes, mas também sua composição química detalhada, conforme
609 preconizado pelo sistema de Weende, que contempla parâmetros como matéria seca, proteína
610 bruta, extrato etéreo, fibra bruta, matéria mineral e nitrogênio livre. Adicionalmente, a análise
611 física e química desses coprodutos, incluindo a composição em ácidos graxos, é fundamental
612 para compreender sua qualidade nutricional e possíveis efeitos sobre a digestibilidade e o
613 desempenho animal (Ribeiro, 2019).

614

Outro ponto relevante na caracterização desses ingredientes é a identificação de
615 compostos antinutricionais, que podem interferir na digestão e absorção dos nutrientes (Salim-
616 ur-Rehman et al., 2014). A determinação desses compostos é essencial para garantir a segurança
617 e eficácia na utilização dos coprodutos do gergelim em dietas para frangos de corte.

618 A determinação dos valores de energia metabolizável é indispensável, por trazer uma
619 visão mais precisa do potencial desses coprodutos na alimentação de frangos de corte,
620 fornecendo informações valiosas para sua aplicação prática em dietas balanceadas. Contudo,
621 não se tem na literatura valores da energia metabolizável aparente e da energia metabolizável
622 corrigida para o balanço de nitrogênio para os coprodutos do gergelim, o que dificulta a
623 formulação de dietas equilibradas contendo tais ingredientes.

624 Diante disso, o presente estudo teve como objetivo determinar a energia bruta, a energia
625 metabolizável aparente e a energia metabolizável aparentemente corrigida pelo nitrogênio, além
626 dos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, proteína bruta e matéria seca da torta
627 e do óleo de gergelim, considerando também sua composição bromatológica, o perfil de ácidos
628 graxos e a presença de fatores antinutricionais.

629 **MATERIAL E MÉTODOS**

630 *Local experimental e comissão de ética*

631 O procedimento para a condução deste estudo recebeu aprovação da Comissão de Ética
632 no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob o
633 número de licença 7177220921.

634 *Obtenção da torta e óleo de gergelim*

635 A semente de gergelim (*Sesamum Indicum L.*) da variedade dourada foi utilizada para a
636 extração do óleo. A semente foi obtida do município de Cratêus, estado do Ceará, e prensada
637 a frio para a obtenção do óleo bruto. Para isso, foi adicionado uma quantia de sementes
638 gergelim em um cilindro de inox, onde houve a prensagem dos grãos com a utilização de uma
639 prensa hidráulica, obtendo-se o óleo, cujo rendimento foi de 30% das sementes.

640 Já a torta de gergelim utilizada no estudo foi obtida através da Associação de Moradores
641 de Ouricuri, estado de Pernambuco, na qual as sementes da variedade dourada foram

642 prensadas a frio, por uma prensa mecânica. Os grãos foram presados cru, ou seja, sem a
643 necessidade da torra prévia, obtendo-se assim a torta de gergelim crua.

644 ***Delineamento experimental e dietas experimentais***

645 Utilizou-se 90 pintainhos de corte machos da linhagem Ross 308 de 14 a 23 dias de idade.
646 As aves foram distribuídas aleatoriamente em 3 tratamentos e 6 repetições de 5 aves por unidade
647 experimental. Os tratamentos consistiram em uma dieta referência (DR - Tabela 1) composta
648 por milho, farelo de soja, minerais, vitaminas e fontes complementares de energia e
649 aminoácidos, formulada segundo as diretrizes nutricionais de Rostagno et al. (2017) para
650 frangos de corte machos com desempenho superior, e mais duas dietas testes que foram
651 compostas da substituição de 30% e 8% da DR pelos ingredientes, sendo assim as dietas foram:
652 uma contendo 30% da torta de gergelim + 70% da DR, e a outra com 8% óleo de gergelim +
653 92% da DR. A água e as rações foram fornecidas *ad libitum* durante todo período experimental.
654 As aves passaram por uma adaptação de cinco dias às novas rações e quatro para coleta total de
655 excretas em cada unidade experimental.

656 ***Alojamento das aves***

657 As aves foram alojadas em baterias metálicas com dimensões de 1,00 x 0,50x 0,50m que
658 contavam com bebedouro tipo copo e comedouro tipo calha, providas com bandejas coletoras
659 de excretas. A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por termohigrometro
660 durante todo período experimental, obtendo as seguintes médias 23,63; 25,23 e 22,07 °C para
661 temperatura ambiente, máxima e mínima e 65, 80 e 54% para umidade relativa do ar ambiente,
662 máxima e mínima, respectivamente. O programa de luz adotado foi de 24 horas de luz.

663 Tabela 1. Composição química e valor nutricional da dieta controle.

Ingredientes (g/kg)	Quantidade (g/kg)
Milho 65,2	493,71
Soja, Farelo 450	407,09
Óleo de soja	55,74
Fosfato bicálcico	18,37
Calcário calcítico	9,27
Sal comum	5,24
Premix vitamínico/mineral ¹	4,00
DL-Metionina 99%	3,98
L-Lisina 78,8%	2,51
BHT ²	0,10
Composição Nutricional Calculada (g/kg)	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3100,00
Proteína bruta	219,30
Extrato etéreo	82,93
Fibra bruta	29,42
Metionina + cistina digestível	9,66
Lisina digestível	13,06
Cálcio	9,07
Fósforo disponível	4,32
Sódio	2,21
Composição Nutricional Analisada (g/kg)	
Energia bruta (kcal/kg)	4880,54
Matéria seca	889,48
Proteína bruta	237,06
Matéria mineral	71,52
Extrato etéreo	77,08

664 ¹Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00
665 mg/kg; Cobre (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo)
666 13,50 g/kg; Zinco (mínimo) 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina
667 (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina (mínimo) 13,90 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo)
668 5.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00 UI/g; Vitamina B1 (mínimo) 550,00
669 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo) 1.400,00 mg/kg; Vitamina
670 B5 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina E (mínimo)
671 4.250,00 UI/g; Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT
672 (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol (mínimo) 7.500,00 mg/kg;

673 ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

674 ***Avaliação físico-química, energética e composição de ácidos graxos da torta de gergelim e***
675 ***do óleo de gergelim e das rações experimentais***

676 Foram realizadas análises bromatológicas de matéria seca, proteína bruta (PB) e
677 extrato etéreo da dieta controle e da torta segundo a AOAC (2012), também foi determinado
678 fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da torta de gergelim
679 segundo o método AOAC (2012), além da energia bruta (EB) da dieta controle, da torta e do

680 óleo de gergelim através da bomba calorimétrica (Modelo IKA C200). As análises
681 bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFRPE e a análise de
682 energia foi realizada no Laboratório de Combustíveis da Universidade de Pernambuco (UPE).

683 Foi determinado a quantidade dos minerais cálcio e fósforo da torta de gergelim no
684 Laboratório da EMBRAPA Aves e Suínos. A análise de cálcio foi realizada por espectrometria
685 de absorção atômica, segundo métodos analíticos por espectrometria de absorção atômica de
686 chama (Modelo Varian Cary 50 UV-Vis) e a de fósforo por espectrofotometria no ultravioleta-
687 visível com o uso do reagente molibdovanadato, segundo AOAC (2012). Também foi realizada
688 a análise de ácidos graxos da torta e do óleo de gergelim, através da cromatografia gasosa de
689 ésteres metílicos de ácidos graxos (Shimadzu, modelo GC 2010 AF), a análise foi realizada no
690 Laboratório de Engenharia de Separações da Universidade de São Paulo (USP).

691 Foi realizada a análise de densidade da torta e do óleo de gergelim. Para determinar a
692 densidade, os coprodutos foram postos em uma proveta graduada e em seguida pesada em uma
693 balança analítica com variação de 0,1mg (Modelo BEL M254-Ai). Através da relação massa
694 (g) e volume (m³) da torta e do óleo foi determinado a densidade de cada coproduto.

695 ***Caracterização dos compostos antinutricionais da torta***

696 Os fatores antinutricionais da torta de gergelim foram determinados segundo as
697 metodologias de Paiva e Coelho (1992), Amorim et al. (2008) e Bradford (1976). Os fatores
698 antinutricionais determinados foram a identificação de lectinas através do ensaio de
699 hemaglutinação (Paiva e Coelho, 1992), a quantificação de taninos (Amorim et al., 2008), os
700 inibidores de protease através do ensaio de inibição da atividade da tripsina (Bradford, 1976) e
701 a determinação de saponinas hemolíticas (Bradford, 1976). As análises foram realizadas no
702 Laboratório de Bioquímica de Proteínas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

703 *Metabolizabilidade de energia e nutrientes*

704 Foi adotado o método de coleta total de excretas, obedecendo ao período de adaptação
705 das aves a dieta e ao ambiente, e de coleta do material. O óxido férrico foi utilizado como
706 marcador fecal na concentração de 1% nas rações experimentais, determinando o início e final
707 da coleta. Foram desprezadas as excretas não marcadas no primeiro dia e as marcadas no
708 último dia do período de coleta. As coletas eram realizadas duas vezes ao dia, sendo todo o
709 material recolhido, acondicionado em sacos plásticos e congelados em freezer a -20°C. Ao
710 final do experimento todas as excretas foram descongeladas, homogeneizadas e retirada uma
711 alíquota para realizar as análises bromatológicas.

712 As rações consumidas e as excretas produzidas foram quantificadas a fim de determinar
713 a metabolizabilidade dos nutrientes (proteína bruta e matéria seca) e energia bruta, assim
714 como determinar a energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço
715 de nitrogênio (EMAn).

716 Foram realizadas análises bromatológicas de matéria seca e proteína bruta das excretas
717 segundo a AOAC (2012), e energia bruta (EB) das excretas através da bomba calorimétrica
718 (Modelo IKA C200), para assim determinar os coeficientes de metabolizabilidade aparente de
719 matéria seca (CMAMS), proteína bruta (CMAPB) e de energia bruta (CMAEB), bem como a
720 energia metabolizável aparente (EMA) e a corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn),
721 seguindo as fórmulas propostas por Matterson et al. (1965). As análises químicas foram
722 realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFRPE e a análise de energia foi realizada
723 no Laboratório de Combustíveis da Universidade de Pernambuco (UPE).

724 **RESULTADOS**

725 *Avaliação físico-química, energética e composição de ácidos graxos da torta de gergelim e* 726 *do óleo de gergelim*

727 A composição bromatológica da torta de gergelim (Tabela 2) mostrou que tal coproduto
728 possui alto teor de proteína bruta (371,0 g/kg), extrato etéreo (324,7 g/kg) e energia bruta (5796

729 kcal/kg), assim como para os minerais cálcio (20,04 g/kg) e fósforo (8,69 g/kg). A torta
 730 apresentou baixo teor para fibra em detergente neutro (254,1 g/kg) e fibra em detergente ácido
 731 (112,40 g/kg).

732 Devido a prensagem das sementes de gergelim, a torta apresentou baixa densidade (560,0
 733 kg/m³), sendo assim um coproduto de aspecto volumoso. Já o óleo de gergelim apresentou alto
 734 valor de energia bruta (9946 kcal/kg) e de densidade (1.112,0 kg/m³) (Tabela 2).

735 Os coprodutos do gergelim apresentaram valores abundantes de ácidos graxos (Tabela 2),
 736 com destaque para ácido oleico (120,66 – torta; 371,6 – óleo) e linoleico (154,33 – torta; 475,3
 737 – óleo). O óleo apresentou alto valor para a acidez.

738 *Caracterização dos compostos antinutricionais*

739 Com relação a determinação dos fatores antinutricionais da torta de gergelim, pode
 740 observar um alto valor para saponinas hemolíticas, com valor de 243,77 µg ES/mg (Tabela 3).
 741 Os demais fatores antinutricionais determinados obtiveram baixos valores.

742 Tabela 2. Composição físico-química, valor energético e perfil de ácidos graxos da torta e do
 743 óleo de gergelim, com base na matéria seca.

Composição (g/kg)	Torta de Gergelim	Óleo de gergelim
Matéria Seca	939,20	-
Proteína Bruta	371,00	-
Extrato Etéreo	324,70	-
Energia Bruta (kcal/kg)	5796	9946
Fibra em Detergente Neutro	254,10	-
Fibra em Detergente Ácido	112,40	-
Densidade (kg/m ³)	560,00	1.112,00
Minerais (g/kg)		
Cálcio	20,04	-
Fósforo	8,69	-
Relação Ca:P	2,31	-
Ácidos Graxos (g/kg)		
Palmítico (C16:0)	31,85	98,1
Esteárico (C18:0)	15,26	47,0
Oleico (C18:1, cis)	120,66	371,6
Linoleico (C18:2, cis)	154,33	475,3
Linolênico (C18:3)	0,94	2,9
Araquídico (C20:0)	1,17	3,6
Eicosanóico (C20:1)	0,52	1,6
Índice de iodo (I ₂ /100g óleo)	37,41	115,2
Acidez (%)	0,45	1,39

744 Tabela 3. Compostos antinutricionais presentes na torta.

Compostos Antinutricionais	Torta de Gergelim
Atividade inibitória da tripsina (U/mg)	1,71 ± 0,231
Lectinas (HA/ml)	Ausente
Taninos (mg catequina/g)	0,20 ± 0,09
Saponinas hemolíticas (µg ES/mg)	243,77 ± 3,47
Compostos fenólicos totais (mg EAT/g)	2,03 ± 0,07
Compostos fenólicos residuais (mg EAT/g)	1,83 ± 0,09

745 EAT: equivalentes de ácido tânico; ES: equivalente de saponina; HA: hemaglutinante.

746 ***Metabolizabilidade de energia e nutrientes***

747 Para os coeficientes de metabolizabilidade aparente de matéria seca (CMAMS), proteína
748 bruta (CMAPB) e de energia bruta (CMAEB), as aves alimentadas com a torta apresentaram
749 valores de 82,64; 74,32; 87,43 %, respectivamente para os coeficientes, e para a energia
750 metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) foi
751 visto valores de 4789 e 4342 kcal/kg, respectivamente (Tabela 4). Já as aves alimentadas com
752 o óleo de gergelim apresentaram CMAEB de 96,33% e EMA e EMAn de 8163 e 7907 kcal/kg,
753 respectivamente (Tabela 4).

754 Tabela 4. Média dos coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMAMS), da
755 proteína bruta (CMAPB), da energia bruta (CMAEB), e a energia metabolizável aparente
756 (EMA), e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) da
757 torta de gergelim, e o CMAEB, EMA e EMAn do óleo de gergelim, em base na matéria seca.

Parâmetros (%)	Torta de Gergelim	Óleo de Gergelim
CMAMS	82,64	-
CMAPB	74,32	-
CMAEB	87,43	96,33
EMA (kcal/kg)	4789	8163
EMAn (kcal/kg)	4342	7907

758

DISCUSSÃO

759 Com base nos resultados, pode-se afirmar que tanto a torta quanto o óleo de gergelim são
760 coprodutos de alto valor energético. Além disso, a torta de gergelim destaca-se por seu elevado
761 teor proteico. Ao comparar os valores obtidos neste estudo com os de Primo (2008), que
762 também analisou a composição bromatológica da torta de gergelim, observa-se uma
763 semelhança nos resultados, sendo reportados 333,1 g/kg para proteína bruta (PB) e 347,0 g/kg
764 para extrato etéreo (EE).

765 Por outro lado, Rama Rao et al. (2008), ao realizarem a análise bromatológica da torta de
766 gergelim, encontraram valores distintos: um teor menor de PB (296,0 g/kg) e um teor maior de
767 EE (57,7 g/kg), divergindo dos achados do presente estudo. Essas variações podem estar
768 associadas a diferentes fatores, como o método de produção da torta, o processo de extração do
769 óleo, as máquinas utilizadas, a variedade do gergelim e as características intrínsecas e
770 extrínsecas da planta de gergelim. Entre esses fatores, destacam-se o tipo de solo, as condições
771 climáticas e a exposição a desafios ambientais, que podem influenciar a composição
772 bromatológica e química do ingrediente (Melo et al., 2024).

773 Dentre as divergências existentes, a de maior variação foi para os valores de cálcio, onde
774 os pesquisadores, Primo (2008) e Rama Rao et al. (2008), encontraram 9,5 g/kg e 12,7 g/kg
775 para cálcio, respectivamente. A torta avaliada no presente estudo (cálcio: 20,04 g/kg) superou
776 os valores encontrados na literatura por tais autores (Primo, 2008; Rama Rao et al., 2008), mas
777 foi semelhante ao encontrado por Heuzé et al. (2021) que encontraram o valor de 19,7 g/kg de
778 cálcio na torta de gergelim. Já o mineral fósforo, os autores supracitados encontram 7,6 g/kg;
779 13,8 kg e 12,6 g/kg, respectivamente (Primo, 2008; Rama Rao et al., 2008; Heuzé et al. 2021),
780 onde o valor encontrado no presente estudo (fósforo: 8,69 g/kg) foi mais semelhante com o
781 valor encontrado por Primo (2008).

782 Na comparação entre os teores de cálcio e fósforo do farelo de soja (450 g/kg de PB),
783 conforme apresentado por Rostagno et al. (2024), que são de 3,0 g/kg e 5,8 g/kg,
784 respectivamente, e os valores observados na torta de gergelim, mostraram-se superiores no teor
785 de cálcio, enquanto os níveis de fósforo são relativamente semelhantes.

786 Ambos minerais são de extrema importância para o desenvolvimento dos pintainhos,
787 principalmente na fase pré-inicial e inicial, por serem minerais chaves no desenvolvimento
788 ósseo (Bai et al., 2022; Ribeiro et al., 2024). Segundo Rostagno et al. (2024) a exigência de

789 cálcio e fósforo para frangos de desempenho superior na idade 0-8 dias é de 11,67 e 5,56 g/kg,
790 respectivamente, havendo uma redução gradual com o avançar da idade.

791 A torta de gergelim se mostrou com altos teores de cálcio, entretanto a maior parte deste
792 mineral estão em forma de oxalato de cálcio, sendo 1,04 mg de oxalato de cálcio a cada 100g
793 de torta (Fadimatou et al., 2024). O oxalato é um composto antinutricional significativo, que
794 pode reduzir a disponibilidade do cálcio, além de outros nutrientes essenciais por interagir no
795 trato gastrointestinal com os demais nutrientes da dieta, principalmente lipídeos (Mulet-Cabero
796 e Wilde, 2021).

797 Assim como o cálcio, a torta apresentou altos valores para fósforo, entretanto sabe-se que
798 parte do mineral se encontra na forma de ácido fítico (Hajimohammadi et al., 2020), como os
799 demais alimentos de origem vegetal. Assim como o oxalato, o ácido fítico também é um fator
800 antinutricional, em que o fósforo é componente estando indisponível para o animal após o
801 alimento ser ingerido, e ainda pode quelatar com cátions importantes como o cálcio, magnésio,
802 ferro, cobre, manganês e o zinco, indisponibilizando tais minerais para o animal. Além disso, o
803 ácido fítico pode se ligar a proteínas e inibir a atividade de algumas enzimas digestivas,
804 incluindo tripsina, pepsina e alfa-amilase (Ribeiro et al., 2024).

805 A torta de gergelim apresentou em sua composição a presença de saponinas hemolíticas
806 (243,77 µg ES/mg), que, embora possuam capacidade de provocar hemólise das hemácias, não
807 são absorvidas pelos enterócitos devido ao seu alto peso molecular, permanecendo intactas no
808 intestino delgado (Zhang et al., 2023). Contudo, essas saponinas podem interagir com enzimas
809 digestivas, como lipases e amilases, inibindo sua ação e, conseqüentemente, reduzindo a
810 biodisponibilidade de nutrientes e energia (Navarro del Hierro et al., 2018).

811 O farelo de soja desengordurado também contém saponina em sua composição, porém
812 em valores baixos comparados a torta de gergelim, sendo 7,1 µg ES/mg (Knudsen et al., 2008).

813 Vale ressaltar que o as saponinas são metabólitos secundários produzidos pelas plantas, com a
814 finalidade de defesa contra pragas e estresses ambientais (Navarro del Hierro et al., 2018).

815 No entanto, técnicas de processamento podem ser adotadas com o objetivo de reduzir as
816 concentrações de compostos antinutricionais, especialmente oxalatos e saponinas. Entre essas
817 técnicas, destacam-se o descascamento das sementes (Amini et al., 2023), a fermentação dos
818 grãos de gergelim (Hajimohammadi et al., 2020) e a germinação (Manzoor et al., 2021), as
819 quais também contribuem para o aumento do nível de substituição do farelo de soja pela torta
820 nas dietas.

821 Apesar desses fatores limitantes, a torta de gergelim crua (sem processamento) foi
822 utilizada por Primo (2008) na alimentação de frangos de corte como substituto do farelo de soja
823 das dietas. O autor relatou que níveis de substituição ao farelo de soja em 25%; correspondendo
824 aos valores de inclusão na dieta de 140, 88,5, 64,0 e 47,8 g/kg nas fases pré-inicial, inicial, de
825 crescimento e final nas dietas, respectivamente; não comprometeram o desempenho produtivo
826 das aves.

827 Ao comparar os teores de proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) da torta de gergelim
828 com os do farelo de soja (450 g/kg de PB) e de outros coprodutos alternativos, como gérmen
829 de milho, farelo de algodão (430 g/kg de PB) e milho DDG-HP (grãos secos de destilaria de
830 alta proteína) (Rostagno et al., 2024), observa-se a seguinte relação entre PB (g/kg) e EB
831 (kcal/kg): 456,0 – 4153 (farelo de soja); 103,0 – 4276 (gérmen de milho); 429,0 – 4346 (farelo
832 de algodão); 421,0 – 5313 (milho DDG-HP), embora a torta de gergelim apresente um teor de
833 PB inferior (371,00 g/kg) à maioria desses coprodutos, seu valor energético é superior (5796
834 kcal/kg).

835 Por ser rica em energia, a torta de gergelim apresentou um valor de EMAn superior (4342
836 kcal/kg) ao observado por Rostagno et al. (2024) para o farelo de soja com 450 g/kg de proteína
837 bruta (2258 kcal/kg). Além disso, os frangos alimentados com a torta de gergelim apresentaram

838 coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, proteína bruta e energia superiores a 70%,
839 indicando uma boa utilização dos nutrientes presentes nesse coproduto.

840 O alto teor de energia bruta, presente na torta de gergelim, está diretamente associado ao
841 elevado conteúdo de extrato etéreo (EE: 324,70 g/kg), uma vez que quanto maior o teor lipídico,
842 maior será a contribuição para o aumento da EB. Isso ocorre porque a oxidação dos lipídios
843 gera aproximadamente o dobro de calor em comparação aos carboidratos e proteínas
844 (Andriguetto et al., 2002; Junqueira et al., 2005).

845 A torta é abundante em ácido linoleico (154,33 g/kg), diferentemente do farelo de soja –
846 450 g/kg de PB – que apresenta valor de 6,7 g/kg (Rostagno et al., 2024). Da mesma forma pra
847 o ácido oleico, que na torta possui 120,66 g/kg, e no farelo de soja com valor de 45,0 g/kg (valor
848 estimado com base na composição do óleo de soja refinado – AOCS, 2013).

849 A torta de gergelim se destacou como um coproduto de baixo teor de fibras (FDN: 254,10
850 g/kg; FDA: 112,40 g/kg). Comparando os resultados deste estudo com os apresentados por
851 Heuzé et al. (2021), verifica-se uma similaridade nos valores de FDN e FDA, que foram 246,0
852 e 135,0, respectivamente. Em contrapartida, o farelo de soja (450 g/kg de PB) apresenta
853 menores valores para FDN e FDA, sendo 116,0 e 70,7, respectivamente (Rostagno et al., 2024).

854 Outra característica da torta é a sua baixa densidade, o que contribui para a característica
855 de um produto mais volumoso. Esta característica volumosa da torta de gergelim faz com que
856 este ingrediente, ao ser incorporado às dietas dos frangos tendem a estimular o funcionamento
857 do trato gastrointestinal, especialmente a moela, e melhorar a motilidade intestinal (Kiarie e
858 Mills, 2019). Porém, de acordo com os autores, deve-se levar em consideração a capacidade
859 do trato gastrointestinal, devido quando utilizados em níveis muito elevados podem
860 comprometer a digestibilidade dos nutrientes e reduzir o desempenho produtivo das aves.

861 Ao comparar a densidade da torta de gergelim (560 kg/m^3) com as respectivas densidades
862 dos farelos de: soja ($639,9 \text{ kg/m}^3$), algodão ($608,0 \text{ kg/m}^3$) e arroz ($328,7 \text{ kg/m}^3$), percebe-se que

863 a torta apresenta maior volume em relação aos farelos de soja e de algodão (Passos e Bose,
864 1992).

865 Quanto ao óleo de gergelim apresentou uma alta densidade (1.112,00 kg/m³), sendo
866 diferente do óleo de soja refinado, que possui uma densidade de 918 kg/m³ (Froehner e Leithold,
867 2007). O óleo de gergelim, apresentou alto valor de EB (9946 kcal/kg), comparado ao óleo de
868 soja degomado, que tem 9344 kcal/kg (Rostagno et al., 2024). Apesar do alto teor de EB, o óleo
869 de gergelim apresentou valor de EMAn de 7907 kcal/kg, valor inferior ao óleo de soja
870 degomado (8790 kcal/kg) apresentado por Rostagno et al., 2024. Isso mostra que apesar de
871 ambos serem óleos de origem vegetal, a composição química, o número de saturações e a
872 conformação das moléculas podem interferir na disponibilização de energia (Nascif et al.,
873 2004).

874 Murugesan et al. (2017), afirmaram que quanto maior a quantidade de ácidos graxos na
875 sua forma livre, pode alterar a sua eficiência na absorção dos produtos de sua digestão. Arab et
876 al. (2022), constatou que o óleo de gergelim é rico em ácidos graxos livres (AGL), encontrando
877 o valor de 16,24%. Enquanto que o óleo de soja pode ter de 0,57 a 1,40% de AGL (Osawa e
878 Gonçalves, 2006).

879 Assim como a torta, o óleo de gergelim se mostrou abundante em ácidos graxos oleico
880 (371,6 g/kg) e linoleico (475,3 g/kg), sendo uma excelente fonte de ácidos graxos insaturados.
881 Ao comparar o teor de ácidos graxos oleico e linoleico do óleo de gergelim com o óleo de soja
882 que possui valor de 233,2 e 527,8 g/kg, respectivamente, pode-se observar que o óleo de
883 gergelim tem maior concentração de ácido oleico. Já ao comparar o óleo de gergelim com o
884 óleo de girassol, percebe-se semelhança entre os valores, onde o óleo de girassol possui valor
885 de 321,9 g/kg para o ácido oleico e 519,8 g/kg para linoleico (Rostagno et al. 2024).

886 O óleo de gergelim também apresentou um valor elevado de acidez. Como se trata de um
887 óleo bruto, ou seja, que não passou por etapas industriais como o refinamento, é comum

888 encontrar índices elevados para essa variável (Rade, 2014). A comparação com óleos refinados
889 e degomados, como o de soja, que apresentam valores de acidez de 0,30% e 0,76%,
890 respectivamente, evidencia o impacto do processamento industrial na redução da acidez
891 (AOCS, 2013; Rade, 2014).

892 O teor de acidez está diretamente relacionado à presença de AGL, e como o óleo de
893 gergelim é naturalmente rico nesses compostos, é esperado que apresente maior acidez (Arab
894 et al. 2022). Segundo os autores, o óleo de gergelim é frequentemente comparado ao azeite de
895 oliva por possuir uma boa estabilidade oxidativa. De acordo com a Instrução Normativa nº
896 1/2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA – BRASIL, 2012), o
897 limite máximo de acidez permitido para azeite virgem é de 2%. Com base nesse valor, pode-se
898 considerar que a acidez observada no óleo de gergelim do presente estudo está dentro de um
899 nível aceitável.

900 De modo geral, os coprodutos do gergelim (torta e óleo) apresentaram uma composição
901 energética e química interessante para a avicultura, onde tais ingredientes podem ser utilizados
902 nas dietas. Contudo, vale ressaltar que dietas com níveis altos de torta de gergelim podem vir a
903 comprometer a digestibilidade dos nutrientes por aumentar os fatores antinutricionais nas dietas
904 e por aumentar o seu volume, devido à baixa densidade da torta. Assim, as formulações de
905 dietas com os coprodutos devem estar alinhadas às características bromatológicas específicas
906 de cada um.

907 CONCLUSÃO

908 Os coprodutos do gergelim, a torta e o óleo bruto, demonstraram-se alimentos de alto
909 valor energético, rico em ácidos graxos oleico e linoleico. A torta, em particular, destacou-se
910 pelo elevado teor de proteína bruta. Os valores de energia metabolizável aparente (EMA)
911 (Torta: 4789 kcal/kg; Óleo: 8163 kcal/kg) e a energia metabolizável aparente corrigida pelo
912 nitrogênio (EMAn) (Torta: 4342 kcal/kg; Óleo: 7907 kcal/kg). Esses resultados evidenciam o

- 913 potencial de uso dos coprodutos do gergelim na alimentação de frangos de corte, desde que
- 914 sejam considerados seus limites devido aos fatores antinutricionais existentes.

REFERÊNCIAS

915

- 916 AMINI, M. et al. Effects of sesame dehulling on physicochemical and sensorial properties of
917 its oil. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 10, p. 6596–6603, 2023.
- 918 ANDRIGUETTO, J. M. et al. Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal.
919 **Nobel**, v. 1; p. 387, 2002.
- 920 AOAC - Association of Official Analytical Chemists International. **Official Method of**
921 **Analysis: Association of Analytical Chemists**. ed. 19, 2012.
- 922 AOCS - American Oil Chemists' Society. AOCS Official Methods and Best Practices. **AOCS**,
923 ed. 7, 2013.
- 924 ARAB, R. et al. Effects of seed roasting temperature on sesame oil fatty acid composition,
925 lignan, sterol and tocopherol contents, oxidative stability and antioxidant potential for
926 food applications. **Molecules**, v. 27, n. 14, p. 4508, 2022.
- 927 BAI, S. et al. Dietary calcium requirements of broilers fed a conventional corn-soybean meal
928 diet from 1 to 21 days of age. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 13, n.
929 1, p. 11, 2022.
- 930 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 1, de**
931 **30 de janeiro de 2012**. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade para
932 azeite de oliva e óleo composto. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 22, p.
933 9-10, 2012.
- 934 CRISTINA, C. et al. Determination of energy values of some oils and fats for broilers chickens
935 males and females in the 21 day old. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p.
936 375–385, 2004.
- 937 FADIMATOU, B. et al. Effect of Culinary Treatments on Nutritional and Anti- nutritional
938 Profils of Sesame Oilcake for Use in Fighting Protein Malnutrition. **Asian Journal of**
939 **Biotechnology and Bioresource Technology**, v. 10, n. 2, p. 60–71, 2024.
- 940 FROEHLNER, S.; LEITHOLD, J. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por
941 cromatografia em camada delgada e densidade. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2016–2019,
942 2007.
- 943 HAJIMOHAMMADI, A.; MOTTAGHITALAB, M.; HASHEMI, M. Influence of microbial
944 fermentation processing of sesame meal and enzyme supplementation on broiler
945 performances. **Italian Journal of Animal Science**, v. 19, n. 1, p. 712–722, 2020.
- 946 HOAN, N. D.; KHOA, M. A. The Effect of Different Levels of Sesame Oil on Productive
947 Performance , Egg Yolk and Blood Serum Lipid Profile in Laying Hens. **Open Journal**
948 **of Animal Sciences**, n. 6, p. 85–93, 2016.
- 949 HUO, W. et al. Effects of dietary lipid sources on growth performance, nutrient digestibility,
950 blood T lymphocyte subsets, and cardiac antioxidant status of broilers. **Animal**
951 **Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 68–73, 2019.
- 952 JUNQUEIRA, O. M. et al. Energetic Value of Some Fat Sources Determined for Broilers.
953 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2335–2339, 2005.
- 954 KHORRAMI, S.; DANESHMANDI, S.; MOSAYEBI, G. Sesame seeds essential oil and
955 Sesamol modulate the pro-inflammatory function of macrophages and dendritic cells and
956 promote Th2 response. **Medical Journal of the Islamic Republic of Iran**, v. 32, n. 1, p.
957 566–573, 2018.
- 958 KIARIE, E. G.; MILLS, A. Role of Feed Processing on Gut Health and Function in Pigs and
959 Poultry: Conundrum of Optimal Particle Size and Hydrothermal Regimens. **Frontiers in**
960 **Veterinary Science**, v. 6, n. FEB, p. 1–13, 2019.
- 961 KNUDSEN, D. et al. Dietary doya saponins increase gut permeability and play a key role in
962 the onset of soyabean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). **British**
963 **Journal of Nutrition**, v. 100, n. 1, p. 120–129, 2008.

- 964 NAVARRO DEL HIERRO, J. et al. The gastrointestinal behavior of saponins and its
 965 significance for their bioavailability and bioactivities. **Journal of Functional Foods**, v.
 966 40, p. 484–497, 2018.
- 967 MACAMBIRA, G. M. et al. Caracterização nutricional das folhas de Moringa oleifera (MOL)
 968 para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70,
 969 n. 2, p. 570–578, 2018.
- 970 MATTERSON, L.D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.
 971 **Agricultural Experimental Station Research Report**, v.7, p.3-11, 1965.
- 972 MANZOOR, M. et al. Role of lacto-fermentations in reduction of antinutrients in plant-based
 973 foods. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, v. 9, n. 3, p. 7-16, 2021.
- 974 MELO, M. O. P. et al. Estudo tecnológico da obtenção de farinha desengordurada a partir do
 975 resíduo do extrato aquoso de gergelim (*Sesamum indicum L.*). **Caderno Pedagógico**, v.
 976 21, n. 1, p. 3482–3508, 2024.
- 977 MULET-CABERO, A.-I.; WILDE, P. J. Role of calcium on lipid digestion and serum lipids: a
 978 review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 6, p. 813–826, 2021.
- 979 MURUGESAN, G. R.; KERR, B. J.; PERSIA, M. E. Energy content of select dietary
 980 supplemental lipids for broilers, turkeys, and laying hens. **Journal of Applied Poultry
 981 Research**, v. 26, n. 4, p. 536–547, 2017.
- 982 OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G. Titulação potenciométrica aplicada na determinação
 983 de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p.
 984 593–599, 2006.
- 985 PASSOS, H. S.; BOSE, M. L. V. The use of physical analysis to estimate the chemical
 986 composition of feed ingredients. **Scientia Agricola**, v. 49, n. 1, p. 159–162, 1992.
- 987 PRIMO, A. P. **Torta de Gergelim na alimentação de frangos de corte**. Dissertação
 988 apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade
 989 Estadual do Oeste do Paraná. p. 71, 2008.
- 990 RAMA RAO, S. V. et al. Utilisation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal in broiler chicken
 991 diets. **British Poultry Science**, v. 49, n. 1, p. 81–85, 2008.
- 992 RIBEIRO, D. H. **Composição química bromatológica de *Andropogon gayanus* cultivar
 993 planaltina predita pelo NIRS e analisada por via úmida**. Dissertação apresentada ao
 994 Programa de Pós - Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia. p.
 995 65, 2019.
- 996 RIBEIRO, A. G. et al. Heat Stress in Japanese Quails (*Coturnix japonica*): Benefits of Phytase
 997 Supplementation. **Animals**, v. 14, p. 3599, 2024.
- 998 ROSTAGNO, H. S. et al. Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho
 999 médio-superior. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**, ed. 4, p. 294, 2017.
- 1000 ROSTAGNO, H. S. et al. Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho
 1001 superior. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**, ed. 5, p. 264, 2024.
- 1002 SÁ, A. G. A. et al. Cold-pressed sesame seed meal as a protein source: Effect of processing on
 1003 the protein digestibility, amino acid profile, and functional properties. **Journal of Food
 1004 Composition and Analysis**, v. 111, n. January, p. 104634, 2022.
- 1005 SALIM-UR-REHMAN et al. Antinutrients and Toxicity in Plant-based Foods. In: **Practical
 1006 Food Safety**. Wiley, 2014. v. 1, p. 311–339.
- 1007 SILVA, D. R. S. **Processamento do Gergelim: Extração de óleo e aproveitamento dos
 1008 resíduos para produção de alimentos**. Teses apresentada na Universidade Federal de
 1009 Campina Grande. p. 175, 2015.
- 1010 ZHANG, Y. et al. Health benefits of saponins and its mechanisms: perspectives from
 1011 absorption, metabolism, and interaction with gut. **Critical Reviews in Food Science and
 1012 Nutrition**, v. 64, n. 25, p. 9311-9332, 2023.

1013 ZHANG, F. et al. Conjugated linoleic acid (CLA) reduces intestinal fatty acid uptake and
1014 chylomicron formation in HFD-fed mice associated with the inhibition of DHHC7-
1015 mediated CD36 palmitoylation and the downstream ERK pathway. **Food & Function**, n.
1016 9, 2024.

CAPITULO III

Artigo II

**Efeitos da Inclusão de Torta de Gergelim na Alimentação de Frangos de Corte:
Desempenho, Metabolizabilidade de Nutrientes, Parâmetros Sanguíneos, Avaliação óssea
e Rentabilidade**

1017 **RESUMO**

1018 Este estudo investigou a utilização da torta de gergelim na alimentação de frangos de corte,
1019 avaliando seu impacto sobre o desempenho, a metabolizabilidade de nutrientes e o rendimento
1020 de carcaça e órgãos. Foram utilizados 240 pintainhos da linhagem Ross 308, com 1 dia de idade
1021 e peso médio de $42 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$, distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos com 5 repetições de
1022 12 aves cada. Os tratamentos consistiram em uma dieta controle composta por milho, farelo de
1023 soja e farinha de carne e ossos, além de três dietas com inclusões de torta de gergelim de 50,
1024 100 e 150 g/kg. Os dados foram analisados estatisticamente por meio da ANOVA, e
1025 posteriormente foram realizados o teste de Dunnett ($P < 0,05$) e regressão linear e não linear. Na
1026 fase de 1–7 dias, houve efeito quadrático sobre peso vivo (PV), ganho de peso (GP) e conversão
1027 alimentar (CA), com menor desempenho estimado próximo a 95 g/kg de TG. Entre 1–21 dias,
1028 observou-se melhor desempenho com 50 g/kg de TG, sendo os maiores PV e GP estimados em
1029 56,85 g/kg, enquanto o consumo de ração apresentou efeito linear decrescente. Nas fases de 1–
1030 35 e 1–42 dias, o desempenho não diferiu da dieta controle. Na fase de 1-7 dias, houve uma
1031 redução linear nos coeficientes de metabolizabilidade aparente de energia bruta (CMAEB),
1032 energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida para nitrogênio
1033 (EMAn). De 8-21 dias, a inclusão de 50 g/kg de torta de gergelim causou aumento quadrático
1034 nos coeficientes de matéria seca (CMAMS), CMAEB, proteína bruta (CMAPB), EMA e
1035 EMAn, enquanto 100 g/kg resultou em diminuição nos CMAEB e CMAPB. Na fase de 22-35
1036 dias, houve diminuição linear para CMAMS, CMAEB, CMAPB, EMA e EMAn, e na fase de
1037 36-42 dias, observou-se diminuição com efeito quadrático para CMAMS, CMAEB, CMAPB,
1038 EMA e EMAn. A inclusão da torta de gergelim nas rações resultou em aumento linear no peso
1039 da moela e diminuição linear no escore do coxim plantar. A torta também levou à redução linear
1040 dos leucócitos, linfócitos, monócitos, creatinina e HDL, além de um efeito quadrático crescente
1041 nos heterófilos. Embora a TG não tenha alterado a densidade óssea, reduziu a concentração de
1042 cálcio e a relação Ca:P na tibia (efeito linear), enquanto o fósforo teve resposta quadrática (pico
1043 em 57,83 g/kg). Economicamente, o ROI aumentou com a inclusão de TG, alcançando 65%
1044 com 150 g/kg, evidenciando viabilidade econômica associada ao uso do coproduto. A torta de
1045 gergelim pode ser utilizada nas concentrações até 56,85 g/kg nas fases iniciais, contudo a
1046 inclusão até 150 g/kg não afetou negativamente o desempenho no período total de 1 a 42 dias,
1047 tampouco os parâmetros de densitometria óssea, além de promover bons resultados em termos
1048 de saúde e rentabilidade.

1049 **Palavra-chave:** coproduto, desempenho, frango de corte, torta de gergelim, *Sesamum indicum*

1050 **ABSTRACT**

1051 This study investigated the use of sesame cake in broiler feeding, evaluating its impact on
1052 performance, nutrient metabolizability, and carcass and organ yield. Two hundred and forty
1053 Ross 308 chicks, 1 day old and weighing an average of $42 \text{ g} \pm 2 \text{ g}$, were randomly distributed
1054 into four treatments with five replicates of 12 birds each. The treatments consisted of a control
1055 diet composed of corn, soybean meal, and meat and bone meal, in addition to three diets with
1056 sesame cake inclusions of 50, 100, and 150 g/kg. The data were statistically analyzed by
1057 ANOVA, and subsequently Dunnett's test ($P < 0.05$) and linear and nonlinear regression were
1058 performed. In the 1–7 day phase, there was a quadratic effect on live weight (LW), weight gain
1059 (WG), and feed conversion (FCR), with the lowest estimated performance close to 95 g/kg of
1060 TG. Between 1–21 days, better performance was observed with 50 g/kg of TG, with the highest
1061 estimated BW and GP at 56.85 g/kg, while feed intake showed a decreasing linear effect. In the
1062 1–35 and 1–42 day phases, performance did not differ from the control diet. In the 1–7 day
1063 phase, there was a linear reduction in the apparent metabolizability coefficients of gross energy
1064 (AMCEG), apparent metabolizable energy (AME) and metabolizable energy corrected for
1065 nitrogen (AMEn). From 8–21 days, the inclusion of 50 g/kg of sesame cake caused a quadratic
1066 increase in the dry matter coefficients (DMCEG), AMCEG, crude protein (CMAPB), AME and
1067 AMEn, while 100 g/kg resulted in a decrease in AMCEG and AMCEG. In the 22-35 day phase,
1068 there was a linear decrease for CMAMS, CMAEB, CMAPB, EMA and EMAn, and in the 36-
1069 42 day phase, a decrease with a quadratic effect was observed for CMAMS, CMAEB, CMAPB,
1070 EMA and EMAn. The inclusion of sesame cake in the diets resulted in a linear increase in
1071 gizzard weight and a linear decrease in the plantar pad score. The cake also led to a linear
1072 reduction in leukocytes, lymphocytes, monocytes, creatinine and HDL, in addition to an
1073 increasing quadratic effect in heterophils. Although TG did not alter bone density, it reduced
1074 calcium concentration and the Ca:P ratio in the tibia (linear effect), while phosphorus had a
1075 quadratic response (peak at 57.83 g/kg). Economically, the ROI increased with the inclusion of
1076 TG, reaching 65% with 150 g/kg, evidencing economic viability associated with the use of the
1077 coproduct. Sesame cake can be used in concentrations up to 56.85 g/kg in the initial phases,
1078 however, the inclusion of up to 150 g/kg did not negatively affect performance in the total
1079 period of 1 to 42 days, nor bone densitometry parameters, in addition to promoting good results
1080 in terms of health and profitability.

1081 **Keywords:** by-product, performance, broiler, sesame cake, *Sesamum indicum*

INTRODUÇÃO

1082

1083 A torta de gergelim (TG) é o principal coproduto oriundo da extração do óleo das
1084 sementes de gergelim, que geralmente é descartada, havendo desperdício de recursos e perdas
1085 econômicas (Wan et al., 2023). Este coproduto é caracterizado como um alimento proteico,
1086 apesar de possuir altos níveis de extrato etéreo, colocando-o também como uma excelente fonte
1087 de lipídeos (Sá et al., 2022). Considerando uma produção avícola onde a fonte básica proteica
1088 é o farelo de soja, a TG passa a despertar interesse acadêmico e industrial visando a possível
1089 substituição do farelo de soja, diminuindo a dependência comercial desta grande commodity.

1090

1091 A TG no Brasil é comercializada por associações de finalidade agrícola e indústrias que
1092 beneficiam a semente de gergelim para a extração do óleo. Atualmente a quilograma da TG é
1093 comercializada pelo valor de R\$ 1,80 (um real e oitenta centavos) equivalente a ¢ 0.30 (trinta
1094 cents americano). A TG ao ser comprada com o valor do farelo de soja 45%, que um quilograma
1095 é comercializado a mais ou menos R\$ 2,64 (dois reais e sessenta e quatro centavos) (Conab,
1096 2024) equivalente a ¢ 0.44 (quarenta e sete cents americano), sendo este valor sujeito a
1097 variações ao longo da safra, a TG passa a ter vantagem por ser comercializada com menor valor
1098 no mercado brasileiro e certamente internacional, além de possuir maior viabilidade e valor
1099 comercial mais estável e até fixo, trazendo maior retorno econômico por não ser commodity.

1100

1101 Além do valor comercial mais atrativo, a TG possui elevado teor de proteína bruta (34%)
1102 e alto teor de gordura, que pode alcançar até 34,7% de extrato etéreo (Silva, 2015; Sharma et
1103 al., 2021). Segundo Primo (2008), ao analisar a composição aminoacídica da TG e compará-la
1104 com o farelo de soja 45%, foram encontrados valores semelhantes para metionina, cistina,
1105 metionina + cistina, e treonina, com concentrações de 0,87%, 0,6%, 1,48% e 1,22%,
1106 respectivamente. Em termos de aminoácidos digestíveis, a TG apresenta teor superior de
1107 metionina (0,93%) e arginina (3,74%) em comparação ao farelo de soja, enquanto os níveis dos
1108 demais aminoácidos são semelhantes ou inferiores (Primo, 2008; Heuzé et al., 2021).

1130 O procedimento para a condução deste estudo recebeu aprovação da Comissão de Ética
1131 no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob o
1132 número de licença 7177220921.

1133 ***Obtenção da Torta de gergelim***

1134 A TG utilizada no estudo foi adquirida por meio da Associação de Moradores de Ouricuri-
1135 PE. Para a obtenção da TG, as sementes de gergelim da variedade dourada foram prensadas a
1136 frio utilizando uma prensa mecânica. Os grãos foram prensados crus, dispensando a necessidade
1137 de torra prévia, resultando na obtenção da TG crua.

1138 Posteriormente foi conduzida uma análise bromatológica da TG (Tabela 1), abrangendo
1139 parâmetros como matéria seca, proteína bruta, cinzas, cálcio, fósforo e extrato etéreo seguindo
1140 as especificações da AOAC (2023), e a energia bruta foi determinada através da bomba
1141 calorimétrica (Modelo IKA C200). As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório
1142 de Nutrição Animal da UFRPE e a determinação da energia foi realizada no Laboratório de
1143 Combustíveis da Universidade de Pernambuco (UPE).

1144 Também foi realizada análise de ácidos graxos (Tabela 1) através da cromatografia gasosa
1145 de ésteres metílicos de ácidos graxos (Shimadzu, modelo GC 2010 AF), realizada no
1146 Laboratório de Engenharia de Separações da Universidade de São Paulo (USP). Os valores de
1147 aminoácidos da TG utilizados para a formulação da ração (Tabela 1) foram de acordo com o
1148 trabalho de Heuzé et al. (2021).

1149 Para a utilização da torta de gergelim nas dietas foram considerados os valores
1150 bromatológicos previamente analisados, além do valor da energia metabolizável aparente
1151 corrigida para o balanço de nitrogênio da torta de gergelim para frangos de corte (4342 kcal/kg)
1152 determinado previamente pelo método de coleta total de excreta (Tabela 1).

1153 Os fatores antinutricionais da TG (Tabela 2) foram determinados segundo as
1154 metodologias de Paiva e Coelho (1992), Amorim et al. (2008) e Bradford (1976). Os fatores

1155 antinutricionais determinados foram a identificação de lectinas através do ensaio de
 1156 hemaglutinação (Paiva e Coelho, 1992), a quantificação de taninos (Amorim et al., 2008), os
 1157 inibidores de protease através do ensaio de inibição da atividade da tripsina (Bradford, 1976) e
 1158 a determinação de saponinas hemolíticas (Bradford, 1976). As análises foram realizadas no
 1159 Laboratório de Bioquímica de Proteínas da UFPE.

1160 Tabela 1. Composição bromatológica da torta de gergelim e do farelo de soja utilizado na
 1161 formulação da dieta experimental expressos na matéria seca.

Composição Nutricional (g/kg)	Torta de Gergelim	Farelo de Soja**
Matéria Seca	939,20	896,00
Proteína Bruta	371,00	454,00
Extrato Etéreo	324,70	19,50
Energia Bruta (kcal/kg)	5796	4118
Energia Metabolizável para aves (kcal/kg)	4342	2258
Densidade (kg/m ³)	560,00	650,00
Minerais (g/kg)		
Cinzas	65,32	58,6
Cálcio	20,04	3,10
Fósforo	8,69	5,70
Aminoácidos Total (g/kg)*		
Metionina	9,30	6,10
Cistina	7,60	6,70
Metionina + Cistina	16,60	12,80
Lisina	8,60	28,0
Treonina	11,70	17,8
Triptofano	4,50	6,40
Isoleucina	12,70	21,30
Leucina	22,70	35,10
Valina	15,50	22,20
Histidina	9,60	12,00
Fenilalanina	15,50	23,40
Tirosina	11,70	16,60
Ácidos Graxos (g/kg)		
Palmítico (C16:0)	31,85	2,24
Estearico (C18:0)	15,26	0,82
Oleico (C18:1, cis)	120,66	4,50
Linoleico (C18:2, cis)	154,33	10,42
Linolênico (C18:3)	0,94	1,46
Araquídico (C20:0)	1,17	0,07
Eicosanóico (C20:1)	0,52	0,06
Índice de iodo (I ₂ /100g óleo)	37,41	2,52
Acidez (%)	0,45	0,006

1162 *A composição de aminoácidos da TG é segundo Heuzé et al. (2021). **Composição do Farelo de Soja segundo
 1163 Rostagno *et al.* 2017; os valores de ácidos graxos do farelo de soja foram estimados com base na composição do
 1164 óleo de soja refinado (AOCS, 2013) ajustado ao valor de extrato etéreo do farelo.

1165 Tabela 2. Fatores antinutricionais presentes na torta de gergelim.

Compostos	Torta de Gergelim
Atividade inibitória da tripsina (U/mg)	1,71 ± 0,231
Lectinas (HA/ml)	-
Taninos (mg catequina/g)	0,20 ± 0,09
Saponinas hemolíticas (µg ES/mg)	243,77 ± 3,47
Compostos fenólicos totais (mg EAT/g)	2,03 ± 0,07
Compostos fenólicos residuais (mg EAT/g)	1,83 ± 0,09

1166 EAT: equivalentes de ácido tânico; ES: equivalente de saponina; HA: hemaglutinante.

1167 *Aves e Alojamento das aves*

1168 Neste estudo, foram utilizados 240 frangos machos da linhagem Ross 308, com apenas 1
 1169 dia de idade e peso médio de 42 g ± 2g, alojados em um galpão de alvenaria, dividido em
 1170 compartimentos de PVC em formato de box com dimensões de 2 x 1 m, revestidos com cama
 1171 de maravalha e equipados com comedouro tubular e bebedouro nipple.

1172 A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas pelo equipamento
 1173 termohigrometro (Highmed, modelo HM-01) durante todo período experimental, obtendo as
 1174 seguintes médias 26,58 ± 1,30; 29,99 ± 1,60 e 22,74 ± 0,96 °C para temperatura ambiente,
 1175 máxima e mínima, respectivamente, e 73,82 ± 8,25; 89,79 ± 2,97 e 61,50 ± 8,18% para umidade
 1176 relativa do ar ambiente, máxima e mínima, respectivamente. Devido à utilização de lâmpadas
 1177 incandescentes no sistema de aquecimento, foi implementada uma iluminação contínua de 24
 1178 horas nos sete primeiros dias. A partir do oitavo dia de alojamento, ocorreu uma redução
 1179 gradual de trinta minutos na duração diária da luz, alcançando eventualmente 20 horas de
 1180 iluminação e 4 horas de escuro.

1181 *Delineamento experimental e rações experimentais*

1182 As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, composto por
 1183 4 tratamentos com 5 repetições e 12 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram
 1184 de uma dieta controle à base de milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos, e mais três
 1185 dietas testes com inclusão de TG de 50, 100 e 150 g/kg (Tabela 3 e 4). A formulação das dietas

1186 seguiu as diretrizes nutricionais de Rostagno et al. (2017) para frangos de corte machos com
 1187 desempenho superior. As dietas e a água foram disponibilizadas *ad libitum*.

1188 Tabela 3. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais nas fases pré-
 1189 inicial (1 a 7 dias) e inicial (8 a 21 dias).

Ingredientes (g/kg)	Níveis de Inclusão da Torta de Gergelim (g/kg)							
	1 a 7 dias				8 a 21 dias			
	0	50	100	150	0	50	100	150
Milho 78,6	431,56	440,89	450,21	447,76	458,84	468,16	477,48	486,80
Soja, Farelo 450	423,79	381,10	338,38	306,09	412,76	370,05	327,33	284,62
Gergelim, Torta	0,00	50,00	100,00	150,00	0,00	50,00	100,00	150,00
Carne e Ossos, Farinha 434,2	65,70	64,46	63,22	61,75	58,38	57,14	55,90	54,66
Óleo de Soja	45,27	29,48	13,68	0,00	54,48	38,68	22,89	7,09
Trigo, Farelo	17,79	17,79	17,79	17,79	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	4,29	4,28	4,27	4,26	4,27	4,26	4,25	4,24
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	3,47	3,26	3,05	2,75	3,40	3,19	3,00	2,77
Calcário calcítico	1,04	1,99	1,95	1,43	2,58	2,07	1,57	1,06
L-Lisina 78,8%	2,97	2,46	2,94	3,58	0,91	1,85	2,80	3,75
Treonina 98,5%	0,00	0,20	0,41	0,49	0,28	0,49	0,71	0,98
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g/kg)								
EMAn (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000	3100	3100	3100	3100
Proteína Bruta	250,00	250,00	250,00	250,00	241,50	241,50	241,50	241,50
Extrato Etéreo	78,64	77,53	76,41	77,13	87,10	85,98	84,87	83,75
Ácido Linoleico	28,27	26,83	25,38	25,14	32,72	31,27	29,83	28,38
Fibra Bruta	29,82	29,66	29,49	29,63	28,07	27,90	27,74	27,57
Cálcio	10,10	10,10	10,10	10,10	9,07	9,07	9,07	9,07
Fósforo Disponível	4,82	4,82	4,82	4,82	4,32	4,32	4,32	4,32
Sódio	2,27	2,27	2,27	2,27	2,21	2,21	2,21	2,21
Aminoácidos Digestíveis (g/kg)								
Lisina	13,60	13,60	13,60	13,60	13,06	13,06	13,06	13,06
Metionina + Cistina	9,89	9,89	9,89	9,89	9,66	9,66	9,66	9,66
Treonina	8,61	8,60	8,60	8,60	8,62	8,62	8,62	8,62
Triptofano	2,83	2,78	2,73	2,74	2,74	2,69	2,64	2,59
Valina	10,75	10,63	10,51	10,55	10,41	10,29	10,17	10,05
Isoleucina	9,69	9,45	9,21	9,15	9,41	9,18	8,94	8,70
Leucina	18,55	18,28	18,00	17,94	18,18	17,91	17,63	17,36
Histidina	5,86	5,79	5,71	5,72	5,71	5,64	5,56	5,48
Composição Analisada (g/kg)								
Matéria seca	881,11	880,91	888,82	889,26	890,41	891,36	890,10	892,20
Proteína bruta	250,69	252,04	253,25	253,19	242,79	242,11	241,20	241,71
Energia bruta (kcal/kg)	4798	4287	4119	4174	4320	4164	4115	4159
Densidade (kg/m ³)	671,61	661,69	651,75	642,10	686,01	676,08	666,15	656,21

1190 ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg; Cobre
 1191 (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco (mínimo)
 1192 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina (mínimo) 18,90
 1193 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 3.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00 UI/g; Vitamina B1
 1194 (mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo) 1.400,00 mg/kg; Vitamina
 1195 B6 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina E (mínimo) 4.250,00 UI/g;

1196 Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol
 1197 (mínimo) 7.500,00 mg/kg; ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

1198 Tabela 4. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais nas fases de
 1199 crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias).

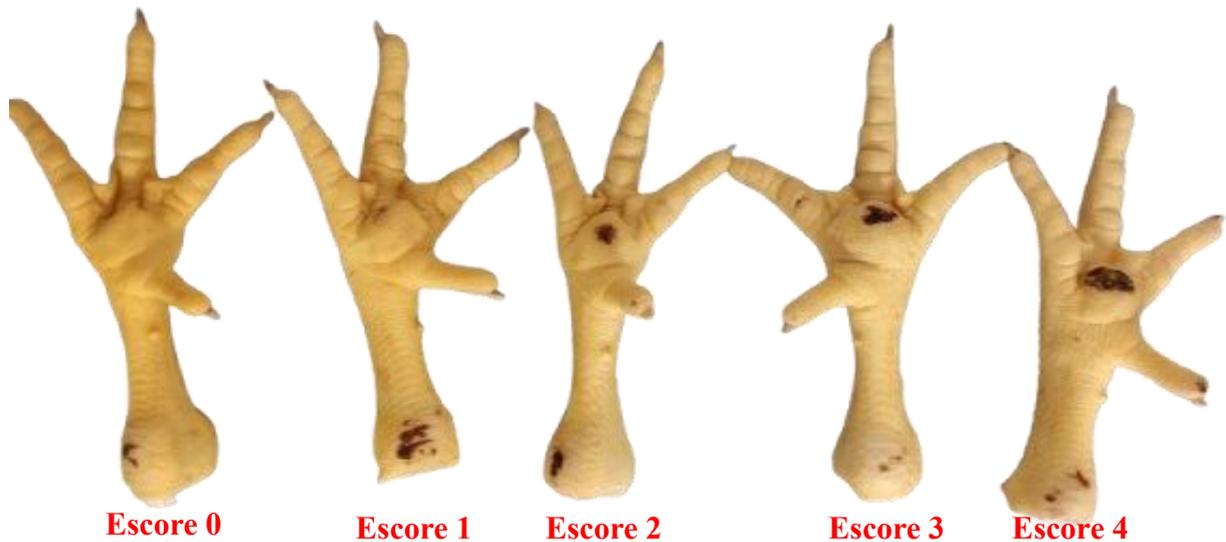
Ingredientes (g/kg)	Níveis de Inclusão da Torta de Gergelim (g/kg)							
	22 a 35 dias				36 a 42 dias			
	0	50	100	150	0	50	100	150
Milho 78,6	509,60	518,92	528,24	537,56	562,26	571,33	580,65	589,97
Soja, Farelo 450	369,96	327,24	284,53	241,82	333,31	290,98	248,27	205,55
Gergelim, Torta	0,00	50,00	100,00	150,00	0,00	50,00	100,00	150,00
Carne e Ossos, Farinha 434,2	50,70	49,46	48,22	46,98	37,94	36,69	35,45	34,21
Óleo de Soja	53,39	37,59	21,79	5,99	52,46	36,74	20,94	5,14
Sal	4,16	4,15	4,14	4,12	4,12	4,11	4,10	4,09
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	3,26	3,05	2,83	2,62	2,33	2,12	1,91	1,69
Calcário calcítico	2,99	2,48	1,98	1,47	2,85	2,34	1,83	1,33
L-Lisina 78,8%	1,43	2,38	3,32	4,27	0,62	1,56	2,51	3,45
Treonina 98,5%	0,43	0,64	0,85	1,06	0,00	0,03	0,24	0,46
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g/kg)								
EMAn (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3200	3200	3200	3200
Proteína Bruta	224,00	224,00	224,00	224,00	205,00	205,00	205,00	205,00
Extrato Etéreo	86,15	85,03	83,92	82,80	84,93	83,88	82,76	81,65
Ácido Linoleico	31,74	30,30	28,85	27,41	30,89	29,49	28,05	26,60
Fibra Bruta	26,86	26,69	26,53	26,36	25,98	25,83	25,67	25,50
Cálcio	8,22	8,22	8,22	8,22	6,61	6,61	6,61	6,61
Fósforo Disponível	3,84	3,84	3,84	3,84	3,09	3,09	3,09	3,09
Sódio	2,11	2,11	2,11	2,11	2,01	2,01	2,01	2,01
Aminoácidos Digestíveis (g/kg)								
Lisina	12,35	12,35	12,35	12,35	10,67	10,67	10,67	10,67
Metionina + Cistina	9,14	9,14	9,14	9,14	7,90	7,90	7,90	7,90
Treonina	8,15	8,15	8,15	8,15	7,20	7,04	7,04	7,04
Triptofano	2,51	2,46	2,41	2,36	2,31	2,26	2,21	2,17
Valina	9,61	9,49	9,37	9,25	8,85	8,74	8,62	8,50
Isoleucina	8,66	8,42	8,19	7,95	7,98	7,75	7,52	7,28
Leucina	17,16	16,89	16,61	16,34	16,26	15,99	15,72	15,44
Histidina	5,33	5,25	5,18	5,10	4,99	4,92	4,84	4,76
Composição Analisada (g/kg)								
Matéria seca	908,80	902,47	908,84	904,43	904,54	905,10	907,41	906,04
Proteína bruta	223,73	221,19	228,31	225,78	205,53	202,12	204,49	203,28
Energia bruta (kcal/kg)	4611	4220	4221	4225	4406	4433	4246	4347
Densidade (kg/m ³)	688,55	678,62	668,69	658,76	691,70	681,90	671,97	661,86
1200	¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg; Cobre							
1201	(mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco (mínimo)							
1202	12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina (mínimo) 18,90							
1203	mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 3.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00 UI/g; Vitamina B1							
1204	(mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo) 1.400,00 mg/kg; Vitamina							
1205	B6 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina E (mínimo) 4.250,00 UI/g;							
1206	Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol							
1207	(mínimo) 7.500,00 mg/kg; ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.							

1208 ***Desempenho***

1209 O programa alimentar foi dividido em quatro fases: pré inicial (1-7 dias), inicial (8-21
1210 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias). Em cada fase, foram registrados os dados
1211 produtivos, incluindo o peso da unidade experimental e o consumo de ração (CR), com o
1212 objetivo de calcular o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA).

1213 ***Avaliação do coxim plantar***

1214 Aos 42 dias de idade foi avaliado o coxim plantar de 10 aves por unidade experimental
1215 afim de averiguar as lesões por pododermatite utilizando o escore na escala de 5 pontos em que:
1216 Escore 0: coxim plantar íntegro, Escore 1: lesão menos de 25% do coxim acometido; Escore 2:
1217 lesão cobrindo de 26 a 50% do coxim; Escore 3: lesão cobrindo de 51 a 75% do coxim; Escore
1218 4: lesão cobrindo mais de 76% do coxim. A metodologia de avaliação do coxim plantar foi
1219 adaptada dos autores Mendes et al. (2012).



1220 Figura 1. Coxim plantar, segundo seus escores, dos frangos avaliados.

1221 ***Metabolizabilidade dos nutrientes***

1222 A metabolizabilidade das rações experimentais foi realizada pelo método de coleta parcial
1223 das excretas em cada box, com a utilização de 1% de indicador (CELITE®) adicionado as
1224 dietas. As aves passaram por dois dias de adaptação à ração com a adição do indicador e dois

1225 dias de coleta de excretas dentro das fases pré inicial (nos dias 5 e 6 de idade), inicial (nos dias
1226 18 e 19 de idade), crescimento (nos dias 32 e 33 de idade) e terminação (nos dias 39 e 40 de
1227 idade). As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em
1228 freezer a -20 °C. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pré secas
1229 em estufa de circulação forçada a 55 °C durante 72 horas e encaminhadas ao Laboratório de
1230 Nutrição Animal da UFRPE.

1231 Foram realizadas análises bromatológicas de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB)
1232 das rações e das excretas segundo a AOAC (2023), e energia bruta (EB) das rações e das
1233 excretas através da bomba calorimétrica (Modelo IKA C200), para assim determinar os
1234 coeficientes de metabolizabilidade aparente de matéria seca (CMAMS), proteína bruta
1235 (CMAPB) e de energia bruta (CMAEB), bem como a energia metabolizável aparente (EMA) e
1236 a corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), seguindo as formulas descritas por Sakomura
1237 e Rostagno (2016).

1238 *Coleta de sangue*

1239 Ao final da fase experimental (42 dias) foi coletado sangue das aves para a realização do
1240 exame hematológico e bioquímica sérica. Para a hematologia, foram selecionadas 3 aves por
1241 tratamento, onde foi coletado 4 ml sangue de cada ave para realizar contagem de hemácia,
1242 hemoglobina, hematócrito, plaquetas, leucócitos, heterofilos, linfócitos, monócitos e
1243 eosinófilos; e quantificar as proteínas plasmáticas totais. A contagem das hemácias, leucócitos
1244 e plaquetas foram realizadas em câmara de Neubauer, após diluição com o reagente Natt-
1245 Herrick. O hematócrito foi determinado através do método microcapilar.

1246 Para análise de bioquímica sérica foram selecionadas 5 aves por tratamento, sendo
1247 coletado 4 ml sangue de cada ave, onde as aves passaram pelo jejum prévio de 8 horas, para
1248 aferir os níveis séricos de fosfatase alcalina (Kit Bioclin, Referência k224-2), albumina (Kit
1249 Bioclin, Referência k040-1), ácido úrico (Kit Bioclin, Referência k139-2), creatinina (Kit

1250 Bioclin, Referência k222-1), proteínas totais (Kit Bioclin, Referência k031-1), globulina
1251 (proteínas totais - albumina), gama glutamil transferase (Kit Bioclin, Referência k080-2),
1252 aspartato aminotransferase (Kit Bioclin, Referência k048-6), alanina transferase (Kit Bioclin,
1253 Referência k049-6), glicose (Kit Bioclin, Referência k082-2), colesterol total (Kit Bioclin,
1254 Referência k083-2), colesterol HDL (Kit Bioclin, Referência k015-1), colesterol VLDL
1255 (triglicerídeos/5), colesterol LDL (colesterol total – colesterol (HDL + VLDL)) e triglicerídeos
1256 (Kit Bioclin, Referência k117-2).

1257 ***Rendimento de carcaça e dos órgãos***

1258 Aos 42 dias de idade 1 ave por parcela foi selecionada de acordo com o peso médio da
1259 parcela, insensibilizada por eletronarcole e eutanasiada, as quais ficaram por 8 horas de jejum.
1260 Foram avaliados peso e rendimento de carcaça (sem pés, cabeça e vísceras), partes (peito, coxa
1261 + sobrecoxa, dorso e asas), vísceras (coração, ventrículo (moela), proventrículo, fígado, baço,
1262 bursa de Fabricius, pâncreas, timo e comprimento de intestino) e gordura total (gordura da
1263 região abdominal mais a gordura do entorno da moela).

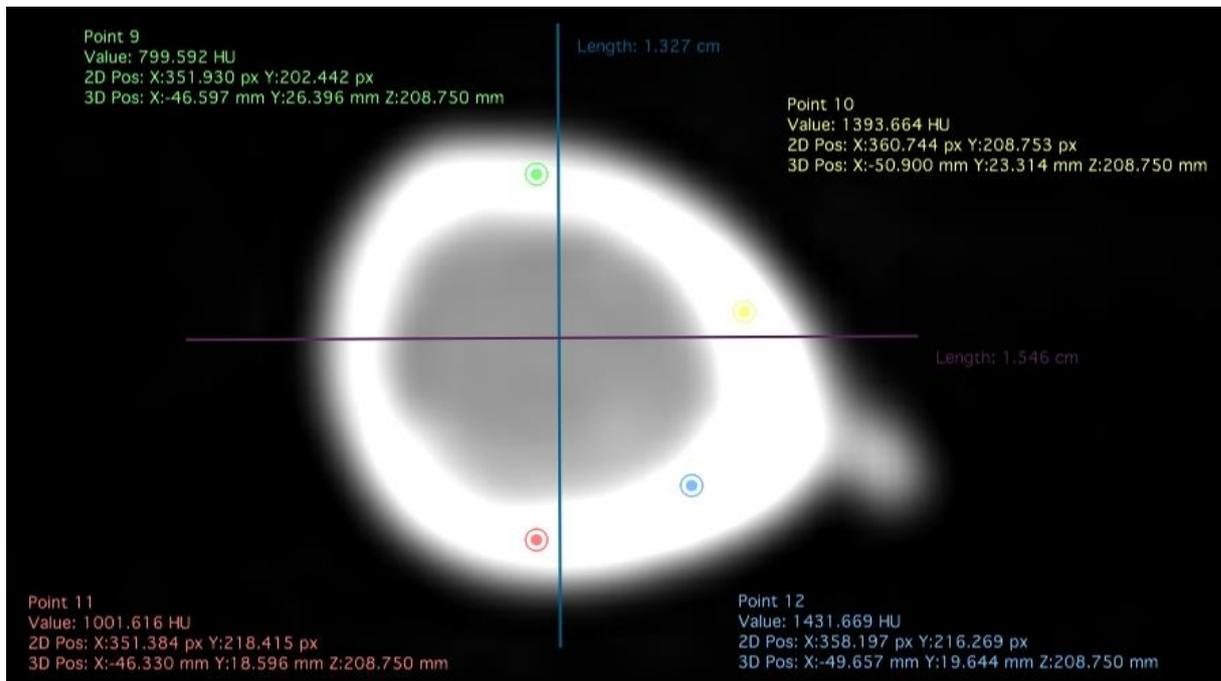
1264 As carcaças foram submetidas a um processo de resfriamento em câmara fria a 4 °C
1265 durante 12 horas, seguido pela pesagem em uma balança de precisão de 0,01 g. O rendimento
1266 da carcaça e das vísceras foi calculado em relação ao peso vivo da ave no momento do abate,
1267 enquanto o rendimento dos cortes foi determinado em relação ao peso total da carcaça.

1268 ***Densitometria, índice de Seedor e composição mineral da tíbia***

1269 Após a avaliação das carcaças dos frangos, foram selecionadas as tíbias do lado direito
1270 de 5 aves por tratamento, para as análises de densitometria óssea, índice de Seedor e
1271 composição mineral óssea. A densitometria óssea foi determinada por tomografia
1272 computadorizada usando o scanner Hi-speed FX1 CT (General Electric, EUA). Os ossos foram
1273 posicionados lado a lado na mesa de exame, e imagens transversais foram obtidas com cortes
1274 de 2 mm de espessura, reconstrução a cada 1 mm, 120 kV e corrente automática do tubo. A

1275 densidade óssea foi calculada com base na atenuação média dos pixels na região de interesse,
 1276 expressa em unidades de Hounsfield (HU).

1277 As imagens foram analisadas no software Dicom (Horos, versão 1.1.7) para estimar a
 1278 radiodensidade óssea em três níveis da diáfise (proximal, medial e distal). Cada região foi
 1279 dividida em quatro quadrantes, selecionando-se uma área circular para avaliação do osso
 1280 cortical (Figura 2). Os resultados foram apresentados em uma unidade de Hounsfield (HU),
 1281 posteriormente corrigidos e convertidos em mg/cm^3 de hidroxiapatita de cálcio, usando a
 1282 equação $\text{BMD} = 200 \text{ HU}_t / (\text{HU}_w - \text{HU}_b)$, conforme metodologia descrita por Oliveira et al.
 1283 (2012) e Simões de Souza et al. (2018).



1284
 1285 Figura 2. Imagem tomográfica em corte transversal da tíbia de frangos de corte.

1286 Para a determinação do índice de Seedor, as tíbias foram descarnadas e pré-secas em
 1287 estufa de ventilação forçada a 55°C durante 48 horas. Após secagem, registrou-se as medidas
 1288 de comprimento com auxílio de um paquímetro digital e pesagem das tíbias, para cálculo do
 1289 índice de Seedor, a fim de fornecer uma estimativa da densidade óssea (quantidade de minerais
 1290 por unidade de área ou volume), por meio da relação do peso de cinzas (mg) com o
 1291 comprimento (mm) do osso, segundo Seedor et al. (1991).

1292 Para análise da composição óssea de minerais, as tíbias foram calcinadas em mufla
 1293 (Modelo 2000F, Zezimaq, Minas Gerais, BR) por 4 horas a 600°C (Yan et al. 2005). Após
 1294 determinação das cinzas, a análise de cálcio foi realizada por espectrometria de absorção
 1295 atômica, segundo métodos analíticos por espectrometria de absorção atômica de chama
 1296 (Modelo Varian Cary 50 UV-Vis) e a de fósforo por espectrofotometria no ultravioleta-visível
 1297 com o uso do reagente molibdovanadato, segundo AOAC (2012).

1298 *Retorno do investimento (ROI)*

1299 Para a avaliação econômica foram considerados o valor da ração corrigida para o
 1300 consumo por tratamento (R\$/kg), o valor da venda do frango vivo (R\$/kg), neste caso foi
 1301 considerado o valor de R\$ 5,50 (valor em cents americano: ¢ 0.91) para cada quilo de peso
 1302 vivo, e por fim o ganho de peso médio por tratamento. Então foi calculado retorno sobre o
 1303 investimento (ROI)= (receitas – custos / investimento), segundo a fórmula estabelecida pela
 1304 empresa Biocamp. A receita foi determinada multiplicando o ganho de peso médio pelo valor
 1305 de venda ave por kg e o investimento foi obtido pela multiplicação do valor total da ração pelo
 1306 consumo. Os preços dos ingredientes que compõem a ração estão descritos na Tabela 5.

1307 Tabela 5. Valores dos ingredientes utilizados para calcular o ROI.

Ingredientes	Unidade (kg)	Valores/kg (R\$)	Valores/kg (US\$) *
Milho 78,6	1	1,36	0.23
Soja, Farelo 450	1	2,64	0.64
Gergelim, Torta	1	1,80	0.30
Carne e ossos, Farinha 434,2	1	0,90	0.15
Óleo de soja	0,8	6,20	1.03
Sal	1	1,05	0.17
Premix	25	754,50	125.08
DL-Metionina	25	857,80	142.20
Calcário	50	15,00	2.49
L-Lisina	25	955,00	158.32
Treonina	25	539,00	89.35
BHT	25	338,25	56.07

1308 *Foi utilizado o conversor de moedas do Banco Central do Brasil. 1 Dólar dos Estados Unidos/USD (220) = 6,0322
 1309 Real/BRL (790).

1310 *Análise estatística*

1311 Os dados foram analisados utilizando o software Statistical Analysis System (SAS)
 1312 versão 9.4. Inicialmente, a normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, e
 1313 a homogeneidade das variâncias, pelo teste de Levene. Para comparar os efeitos dos
 1314 tratamentos, foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) univariada, conforme o modelo
 1315 matemático pelo procedimento PROC GLM do SAS, seguida do teste de Dunnett.

1316 Além disso, foi realizada uma análise de regressão para determinar o melhor nível de
 1317 inclusão da torta de gergelim (TG), considerando os níveis testados de 0, 50, 100 e 150 g/kg.
 1318 As equações de regressão foram ajustadas conforme a significância dos coeficientes linear e
 1319 quadrático, utilizando o procedimento PROC REG do SAS.

1320 Cada tratamento foi testado com cinco repetições, e os resultados foram expressos como
 1321 média \pm desvio padrão. O nível de significância adotado foi de 5%.

1322 A análise de Dunnett foi realizada utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$1323 \quad Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

1324 Onde:

1325 Y_{ij} = Valor observado para o tratamento i na repetição j .

1326 μ = Média geral;

1327 T_i = Efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 5$).

1328 ϵ_{ij} = Erro aleatório, assumido como $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

1329 **RESULTADOS**

1330 ***Desempenho***

1331 Na fase de 1 a 7 dias (Tabela 6; Figura 3), observou-se efeito significativo nas médias de
 1332 peso vivo ($P = 0,0085$), ganho de peso ($P < 0,0001$) e conversão alimentar ($P = 0,0089$), com
 1333 ajuste quadrático para todas as variáveis. O menor peso vivo e ganho de peso foram estimados
 1334 com a inclusão de 95 g/kg de torta de gergelim ($P = 0,0286$), enquanto a pior conversão

1335 alimentar ocorreu com 88,89 g/kg. Pela comparação de médias, apenas o nível de 100 g/kg
1336 diferiu significativamente da dieta controle.

1337 Tabela 6. Valores médios de peso vivo (PV), ganho de peso corporal (GP), consumo de ração
1338 (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas com níveis
1339 crescentes de torta de gergelim.

Níveis de Inclusão (g/kg)	PV (g/ave)	GP (g/ave)	CR (g/ave)	CA (kg:kg)
1 – 7 dias				
0	179,1 ± 1,7	137,1 ± 1,7	143,6 ± 0,9	1,048 ± 0,0097
50	177,3 ± 4,1	135,3 ± 4,1	144,8 ± 5,2	1,070 ± 0,0172
100	166,7 ± 0,3*	124,7 ± 0,3*	142,1 ± 2,6	1,140 ± 0,0202*
150	176,3 ± 1,6	134,3 ± 1,6	144,1 ± 1,3	1,074 ± 0,0189
Média	174,84	132,84	143,67	1,0830
EPM	1,5454	1,5454	1,3927	0,0111
<i>p-value</i>	0,0085	0,0085	0,9321	0,0089
Regressão	Quadrática	Quadrática	NS	Quadrática
1 – 21 dias				
0	1158 ± 9	1116 ± 9	1354 ± 24	1,213 ± 0,0245
50	1200 ± 4*	1158 ± 4*	1353 ± 22	1,168 ± 0,0172
100	1161 ± 5	1119 ± 5	1333 ± 16	1,192 ± 0,0119
150	1122 ± 3*	1080 ± 3*	1274 ± 5*	1,181 ± 0,0042
Média	1160,16	1118,16	1328,71	1,1885
EPM	6,8569	6,8569	11,1737	0,0084
<i>p-value</i>	<0,0001	<0,0001	0,0222	0,2864
Regressão	Quadrática	Quadrática	Linear	NS
1 – 35 dias				
0	2885 ± 25	2843 ± 25	3841 ± 50	1,351 ± 0,0141
50	2889 ± 41	2847 ± 41	3807 ± 64	1,338 ± 0,0219
100	2820 ± 39	2778 ± 39	3779 ± 36	1,361 ± 0,0118
150	2772 ± 43	2730 ± 43	3702 ± 29	1,357 ± 0,0147
Média	2841,65	2799,65	3782,16	1,3515
EPM	20,6868	20,6868	24,6242	0,0076
<i>p-value</i>	0,1289	0,1289	0,2293	0,7683
Regressão	NS	NS	NS	NS
1 – 42 dias				
0	3681 ± 24	3639 ± 24	5383 ± 59	1,479 ± 0,0114
50	3705 ± 42	3663 ± 42	5360 ± 82	1,464 ± 0,0219
100	3612 ± 47	3570 ± 47	5322 ± 52	1,491 ± 0,0101
150	3606 ± 41	3564 ± 41	5267 ± 38	1,478 ± 0,0129
Média	3650,80	3608,80	5332,95	1,4781
EPM	20,6421	20,6421	29,2784	0,0072
<i>p-value</i>	0,2336	0,2336	0,5556	0,6363
Regressão	NS	NS	NS	NS

1340 Efeito Linear: (Consumo de Ração 1 a 21: $y = -0,52x + 1367,5$, $R^2 = 0,797$).

1341 Efeito Quadrático: (Peso vivo 1 a 7: $y = 0,0011x^2 - 0,209x + 180,55$; $R^2 = 0,5458$; Ponto Mínima: 95 g/kg);
1342 (Peso vivo 1 a 21: $y = -0,0081x^2 + 0,921x + 1162,1$; $R^2 = 0,8924$; Ponto Máxima: 56,85 g/kg); (Ganho de Peso

1343 1 a 7: $y = 0,0011x^2 - 0,209x + 138,55$; $R^2 = 0,5458$; Ponto Mínima: 95 g/kg); (Ganho de Peso 1 a 21: $y = -$

1344 $0,0081x^2 + 0,921x + 1120,1$; $R^2 = 0,8924$; Ponto Máxima: 56,85 g/kg); (Conversão Alimentar 1 a 7: $y = -9E-$

1345 $06x^2 + 0,0016x + 1,0388$; $R^2 = 0,6417$; Ponto Máxima: 88,89 g/kg). EPM: Erro Padrão da Média.

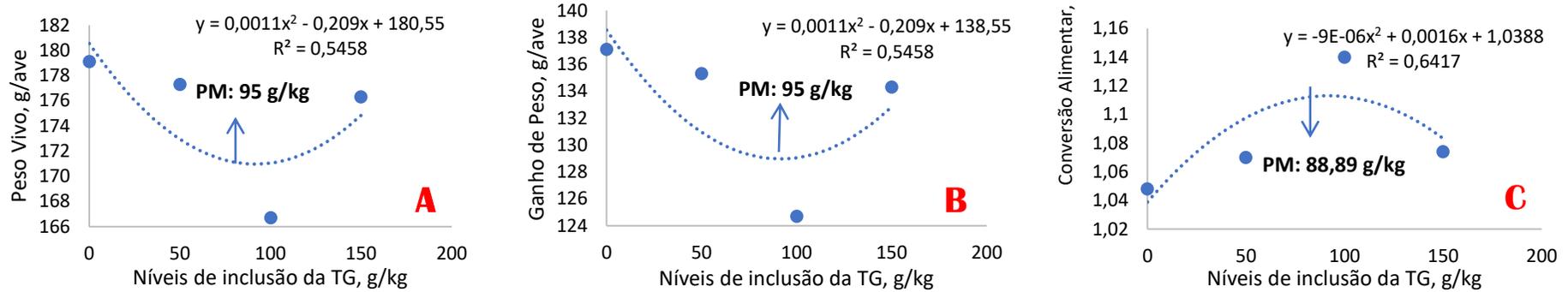


Figura 3. Efeito quadrático do peso vivo (A), ganho de peso (B) e conversão alimentar (C), das aves alimentadas com TG com as idades de 1-7 dias.

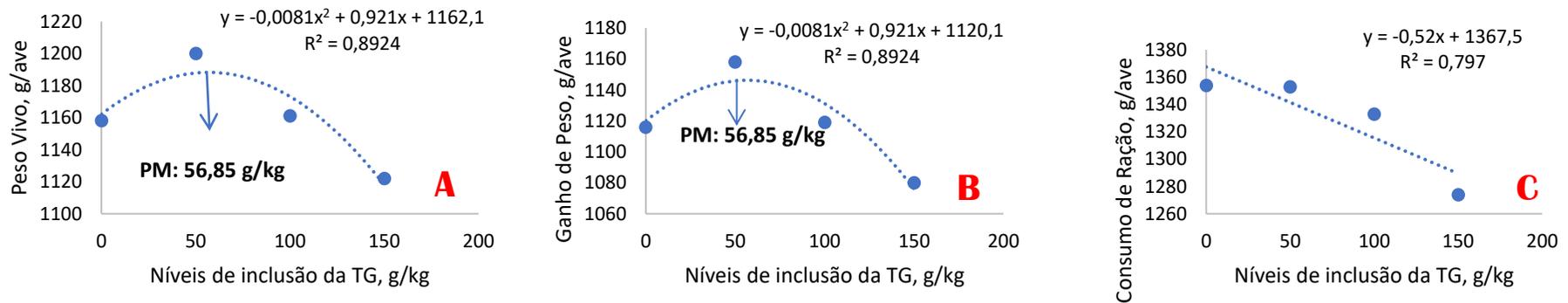


Figura 4. Efeito linear e quadrático do peso vivo (A), ganho de peso (B) e consumo de ração (C), das aves alimentadas com TG com as idades de 1-21 dias.

1346 Na fase de 1 a 21 dias (Tabela 6; Figura 4), observaram-se diferenças significativas nos
 1347 valores de peso vivo ($P < 0,0001$), ganho de peso ($P < 0,0001$) e consumo de ração ($P = 0,0222$).
 1348 Houve efeito quadrático para peso vivo e ganho de peso ($P < 0,0001$ para ambos), e efeito linear
 1349 decrescente para o consumo de ração ($P = 0,0058$), à medida que os níveis de inclusão da torta
 1350 de gergelim aumentaram. Os melhores resultados de peso vivo e ganho de peso foram obtidos
 1351 com a inclusão de 50 g/kg de TG, com ponto ótimo estimado em 56,85 g/kg. Em contrapartida,
 1352 o nível máximo testado (150 g/kg) comprometeu o desempenho dos frangos.

1353 Nas demais fases, de 1 a 35 e de 1 a 42 dias (Tabela 6), não foram observadas diferenças
 1354 estatísticas entre os tratamentos para as variáveis de peso vivo, ganho de peso, consumo de
 1355 ração e conversão alimentar. Dessa forma, o desempenho dos frangos alimentados com
 1356 diferentes níveis de torta de gergelim foi semelhante ao dos frangos que receberam a dieta
 1357 controle, indicando que a inclusão do coproduto não comprometeu o desenvolvimento das aves
 1358 ao longo do período total de criação.

1359 *Avaliação do coxim plantar*

1360 O coxim plantar dos frangos (Tabela 7; Figura 5) apresentou diferença estatística entre
 1361 os tratamentos ($P = 0,0173$), com efeito linear decrescente ($P = 0,0039$), indicando melhoria
 1362 progressiva no escore à medida que se aumentou a inclusão da torta de gergelim na dieta,
 1363 alcançando escore 1 no nível de 150 g/kg.

Tabela 7. Valores médios de escore referente a avaliação do coxim plantar de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.

Níveis de Inclusão (g/kg)	Escore	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
0	$3 \pm 0,322$			
50	$2 \pm 0,163$	0,1740	0,0173	Linear
100	$2 \pm 0,362$			
150	$1 \pm 0,223^*$			
Média	2			

1364 Efeito Linear ($y = -8,402x + 2588,9$, $R^2 = 0,8325$). EPM: Erro Padrão da Média.

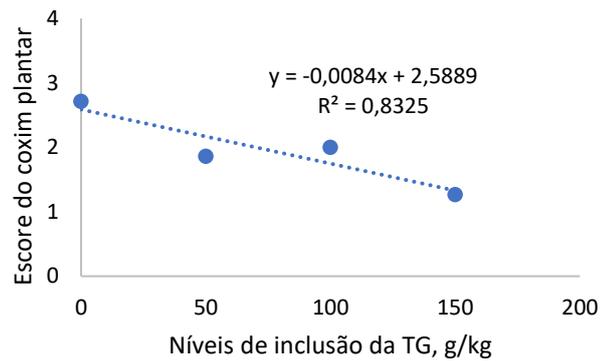


Figura 5. Efeito linear do score do coxim plantar das aves alimentadas com a TG.

1365 ***Metabolizabilidade dos nutrientes***

1366 Na fase de 1 a 7 dias (Tabela 8; Figura 6), a inclusão da torta de gergelim resultou em
 1367 redução significativa dos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta (CMAEB),
 1368 energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo
 1369 nitrogênio (EMAn), com todos os níveis de inclusão diferindo estatisticamente da dieta controle
 1370 e apresentando efeito linear decrescente ($P < 0,0001$ para todas as variáveis).

1371 Na fase de 8 a 21 dias (Tabela 8; Figura 7), foi observada diferença estatística para todas
 1372 as variáveis analisadas (CMAMS, CMAEB, CMAPB, EMA e EMAn) com a inclusão de 50
 1373 g/kg de torta de gergelim, indicando maior aproveitamento dos nutrientes e da energia nesse
 1374 nível. No nível de 100 g/kg, também houve melhoria nos valores de CMAEB e CMAPB,
 1375 embora inferiores aos obtidos com 50 g/kg. A análise de regressão indicou efeito quadrático
 1376 para CMAMS ($P < 0,0001$), CMAEB ($P < 0,0001$) e CMAPB ($P = 0,0018$), com os maiores
 1377 coeficientes estimados nos níveis de inclusão de 78,00 g/kg, 72,72 g/kg e 69,13 g/kg,
 1378 respectivamente, evidenciando um ponto ótimo de inclusão para o melhor aproveitamento dos
 1379 nutrientes e da energia.

1380 Tabela 8. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade aparente dos nutrientes,
 1381 matéria seca (CMAMS), energia bruta (CMAEB), proteína bruta (CMAPB) e da energia
 1382 metabolizável aparente (EMA) e a aparente corrigida para nitrogênio (EMAn), dos frangos de
 1383 corte alimentados com dietas com níveis crescentes de torta de gergelim.

Níveis de Inclusão (g/kg)	1 – 7 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
0	44,97± 2,23	60,71± 1,66	49,72± 2,64	2860± 47	2713± 42
50	41,53± 0,70	51,62± 0,48*	46,04± 2,59	2512± 23*	2339± 32*
100	47,90± 0,54	54,42± 0,60*	51,80± 1,41	2522± 28*	2328± 27*
150	43,27± 0,26	49,37± 0,60*	45,35± 2,49	2317± 28*	2147± 32*
Média	43,38	53,11	48,54	2502	2314
EPM	2,6936	2,1552	5,2272	73,8080	75,7406
<i>p-value</i>	0,1117	<0,0001	0,2053	<0,0001	<0,0001
Regressão	NS	Linear	NS	Linear	Linear
Níveis de Inclusão (g/kg)	8 – 21 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
0	60,99± 0,43	68,60± 0,51	52,25± 0,42	3239± 16	3095± 14
50	64,17± 0,83*	74,40± 0,24*	56,47± 0,41*	3494± 21*	3302± 18*
100	62,17± 0,71	71,64± 0,61*	55,13± 0,36*	3312± 28	3153± 28
150	60,88± 0,72	68,18± 0,54	51,50± 1,15	3231± 13	3085± 13
Média	62,05	70,71	53,84	3319	3159
EPM	1,2945	0,9270	4,6697	49,9584	49,9774
<i>p-value</i>	0,0130	<0,0001	0,0002	<0,0001	<0,0001
Regressão	Quadrática	Quadrática	Quadrática	NS	NS
Níveis de Inclusão (g/kg)	22 – 35 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
0	79,73± 0,68	84,07± 0,54	77,38± 1,04	4221± 6	3974± 6
50	73,98± 0,76*	77,89± 0,80*	69,37± 1,63*	3642± 38*	3418± 33*
100	72,05± 0,35*	75,77± 0,31*	68,79± 1,56*	3519± 14*	3292± 15*
150	69,06± 0,76*	73,75± 0,72*	67,12± 1,11*	3445± 34*	3224± 32*
Média	72,40	76,01	69,82	3552	3339
EPM	1,4715	1,3916	3,0362	59,1202	54,5870
<i>p-value</i>	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001	<0,0001
Regressão	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
Níveis de Inclusão (g/kg)	36 – 42 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
0	78,13± 0,38	82,64± 0,42	71,73± 1,36	4026± 20	3811± 20
50	72,11± 0,97*	77,59± 0,88*	60,13± 1,06*	3800± 43*	3624± 40*
100	73,20± 0,57*	77,58± 0,45*	60,99± 1,44*	3630± 21*	3449± 17*
150	73,13± 0,82*	77,50± 0,68*	62,25± 3,09*	3718± 33*	3535± 26*
Média	73,57	78,35	62,20	3764	3578
EPM	1,6107	1,4186	4,2673	68,6453	61,0970
<i>p-value</i>	<0,0001	<0,0001	0,0018	<0,0001	<0,0001
Regressão	Quadrática	Linear	Quadrática	Quadrática	Quadrática

1384 Efeito Linear: (CMAEB 1-7 dias: $y = -0,0624x + 58,713$; $R^2 = 0,6741$); (EMA 1-7 dias: $y = -3,238x + 2795,6$; $R^2 =$
 1385 $0,8589$); (EMAn 1-7 dias: $y = -3,418x + 2638,1$ $R^2 = 0,8613$); (CMAMS 22-35 dias: $y = -0,0679x + 78,796$; $R^2 =$
 1386 $0,949$); (CMAEB 22-35 dias: $y = -0,0662x + 82,832$; $R^2 = 0,9146$); (CMAPB 22-35 dias: $y = -0,0627x + 75,369$; $R^2 =$
 1387 $0,7824$); (EMA 22-35 dias: $y = -4,902x + 4074,4$; $R^2 = 0,8066$); (EMAn 22-35 dias: $y = -4,752x + 3833,4$; $R^2 =$
 1388 $0,8094$); (CMAEB 36-42 dias: $y = -0,0309x + 81,142$; $R^2 = 0,6141$).
 1389 Efeito Quadrático: (CMAMS 8-21 dias: $y = -0,0004x^2 + 0,0624x + 61,285$; $R^2 = 0,7522$; Ponto Máximo: 78,00
 1390 g/kg); (CMAEB 8-21 dias: $y = -0,0009x^2 + 0,1309x + 68,993$; $R^2 = 0,8781$; Ponto Máximo: 72,72 g/kg); (CMAPB

1391 8-21 dias: $y = -0,0008x^2 + 0,1106x + 52,414$; $R^2 = 0,9678$; Ponto Máximo: 69,13 g/kg); (CMAMS 36-42 dias:
 1392 $y = 0,0006x^2 - 0,1171x + 77,717$; $R^2 = 0,8442$; Ponto Mínimo: 97,58 g/kg); (CMAPB 36-42 dias: $y = 0,0013x^2 -$
 1393 $0,2481x + 71,127$; $R^2 = 0,9161$; Ponto Mínimo: 95,42 g/kg); (EMA 36-42 dias: $y = 0,0314x^2 - 6,898x + 4036,1$; $R^2 =$
 1394 $0,9764$; Ponto Mínimo: 109,84 g/kg); (EMAn 36-42 dias: $y = 0,0273x^2 - 6,101x + 3823,5$; $R^2 = 0,957$; Ponto
 1395 Mínimo: 111,74 g/kg).
 1396 EPM: Erro Padrão da Média.

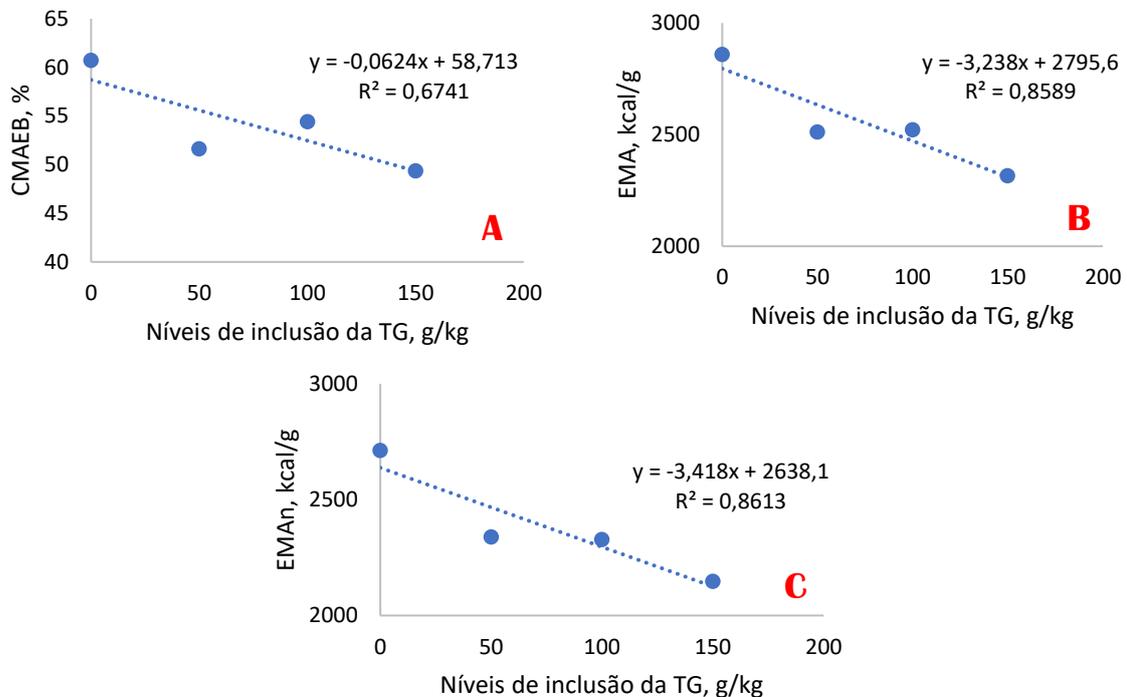


Figura 6. Efeito linear dos coeficientes de metabolizabilidade de energia bruta (A), energia metabolizável aparente (B) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (C) das aves alimentadas com TG, na fase de 1-7 dias.

1397 Na fase de 22 a 35 dias (Tabela 8; Figura 8), todas as variáveis analisadas apresentaram
 1398 diferença estatística em todos os níveis de inclusão da torta de gergelim, com redução gradativa
 1399 no aproveitamento dos nutrientes e da energia. Esse comportamento refletiu um efeito linear
 1400 decrescente significativo para todas as variáveis ($P < 0,0001$).

1401 Já na fase de 36 a 42 dias (Tabela 8; Figura 9), observou-se também diferença estatística
 1402 em todos os níveis de inclusão para todas as variáveis avaliadas. Houve uma redução no
 1403 aproveitamento dos nutrientes e da energia, com efeito quadrático decrescente para CMAMS
 1404 ($P = 0,0008$), CMAPB ($P = 0,0039$), EMA ($P = 0,0001$) e EMAn ($P = 0,0001$), sendo os menores
 1405 coeficientes estimados nos níveis de 97,58 g/kg, 95,42 g/kg, 109,84 g/kg e 111,74 g/kg,
 1406 respectivamente. A variável CMAEB apresentou comportamento linear decrescente
 1407 ($P < 0,0001$).

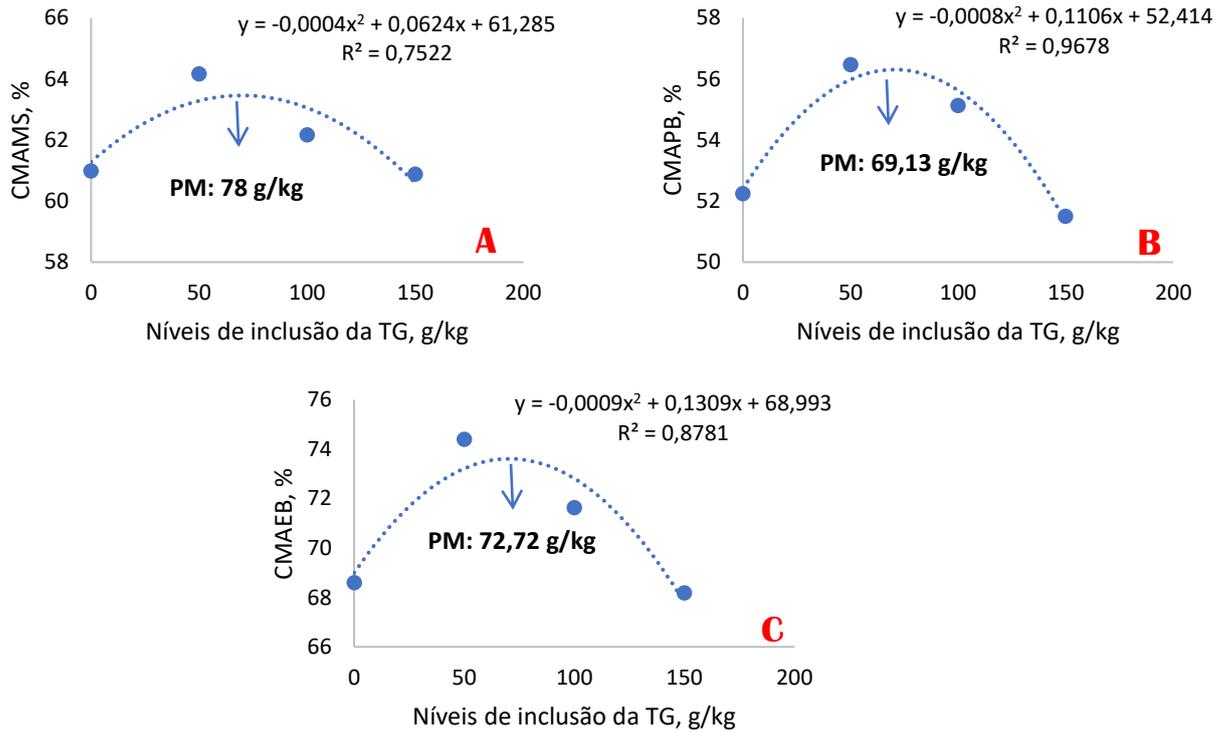


Figura 7. Efeito quadrático dos coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (A), proteína bruta (B) e energia bruta (C) das aves alimentadas com TG, na fase de 8-21 dias.

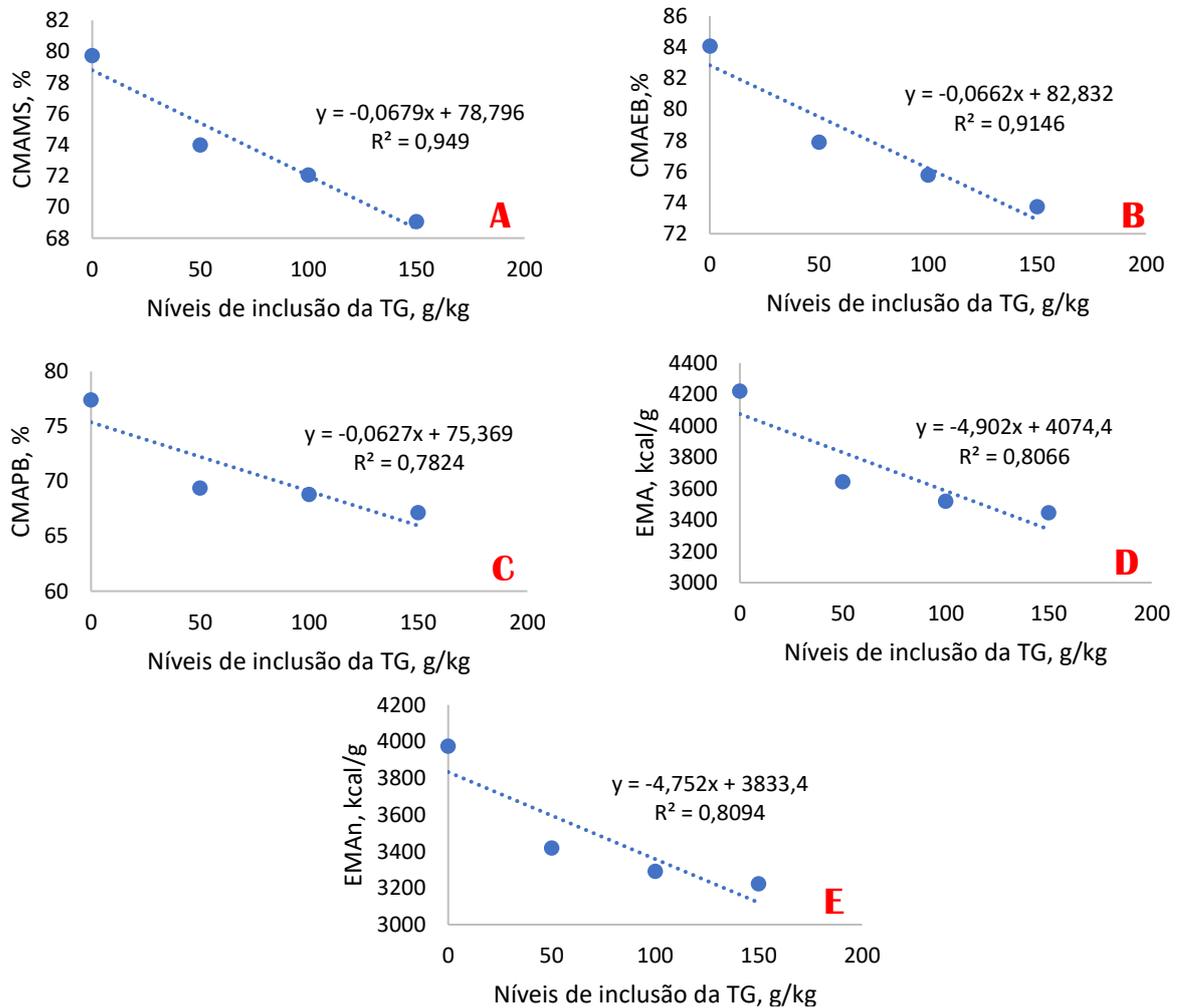


Figura 8. Efeito linear dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (A), energia bruta (B), proteína bruta (C), energia metabolizável aparente (D) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (E) das aves alimentadas com TG, na fase de 22-35 dias.

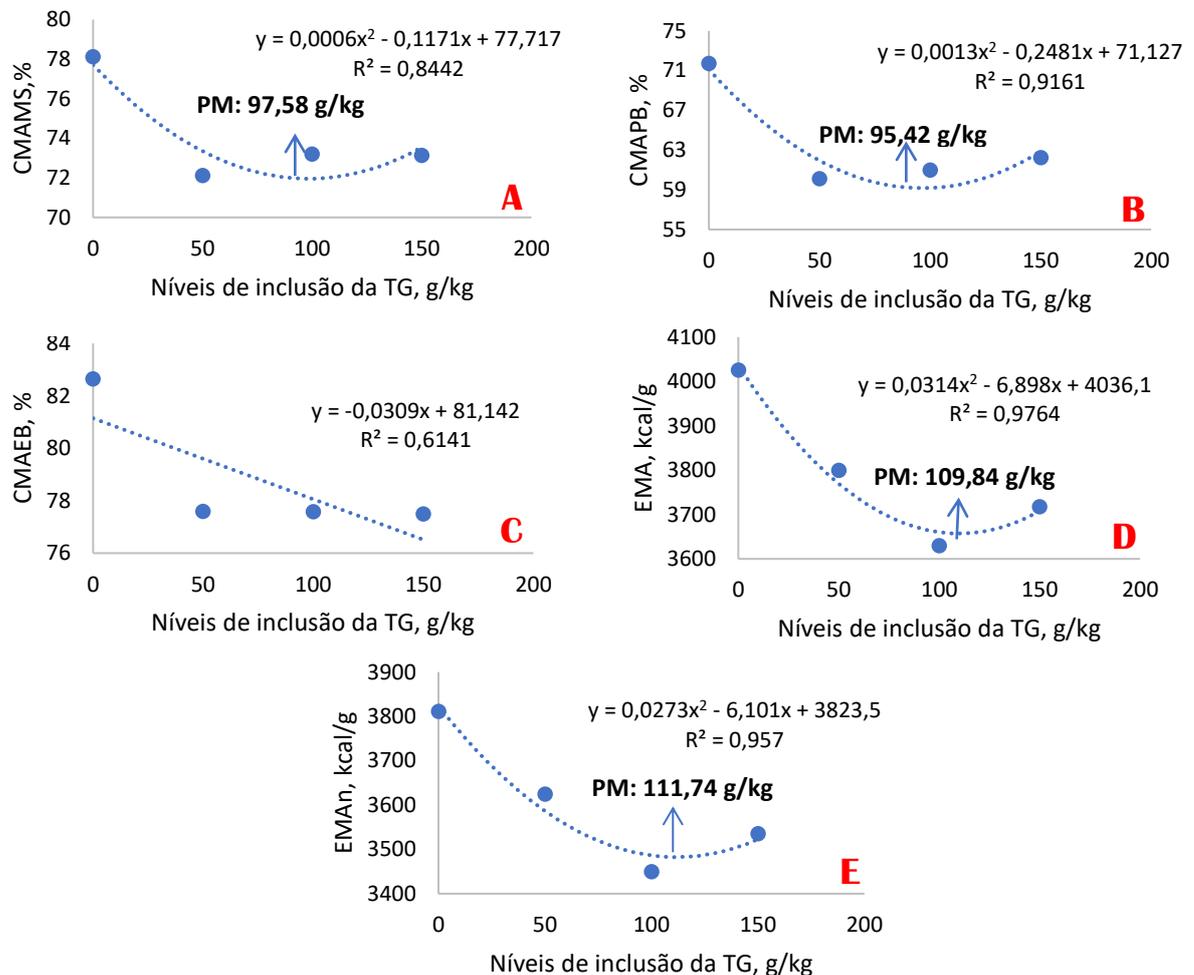


Figura 9. Efeito linear e quadrático dos coeficientes de metabolizabilidade de matéria seca (A), proteína bruta (B), energia bruta (C), energia metabolizável aparente (D) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (E) das aves alimentadas com TG, na fase de 36-42 dias.

1408 **Coleta de sangue**

1409 A inclusão da torta de gergelim à dieta ocasionou a diminuição dos valores médios de
 1410 algumas variáveis hematológicas (Tabela 9, Figura 10), resultando em um comportamento
 1411 estatístico linear decrescente dos leucócitos ($P = 0,0001$) e linfócito ($P < 0,0001$), onde todas
 1412 dietas contendo os níveis de inclusão da torta de gergelim diferiram da dieta controle. Quanto
 1413 ao valor de heterófilo foi alterado de forma quadrática ($P = 0,0010$), em que o nível de 50 g/kg
 1414 elevou o número circulante desta célula de defesa, onde o ponto de máxima foi de 70,31 g/kg.
 1415 Os monócitos reduziram linearmente ($P = 0,0002$) com a inclusão da torta, onde todas as médias
 1416 diferiram da dieta referência.

1417 Tabela 9. Valores médios hematológicos de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.

Itens	Níveis de Inclusão (g/kg)				Média	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
	0	50	100	150				
HEMA, 10 ³ /mm ³	3,17±0,92	5,34±0,53	4,07±0,47	4,70±1,08	4,32	0,4159	0,3212	NS
HETC, %	28,67±0,88	32,33±2,85	29,67±2,33	27,33±0,33	29,50	0,9809	0,3571	NS
HEMO, g/dL	9,57±0,30	10,80±0,95	9,90±0,76	9,10±0,10	9,84	0,3272	0,3381	NS
HETE, U	2880±931	8777±694*	5373±1E ³	2669±571	4924,75	827,60	0,0032	Quadrática
LEUC, 10 ³ /mm ³	42,80±4,30	29,08±3,18*	19,75±2,00*	15,33±2,04*	26,74	3,4243	0,0010	Linear
LINF, U	2890±247	1861±198*	1321±52*	1124±163*	1799,00	220,42	0,0005	Linear
EOS, U	210,7± 30,0	215,0± 45,2	167,3±4,7	125,7±7,2	179,67	16,0375	0,1507	NS
MONO, U	197,3±38,7	88,67±12,45*	26,00±5,29*	21,33±7,13*	83,33	23,1675	0,0011	Linear
PLAQ, mm ³	103,5± 0,5	114,3±3,7	105,8±9,5	97,73±9,40	105,34	3,4567	0,4487	NS
PPT, g/dL	3,33±0,29	3,23±0,15	3,27±0,27	3,03±0,09	3,22	0,0968	0,7782	NS
VGM, fL	80,03±7,54	62,23±9,79	73,70±3,84	54,53±6,36	67,63	4,2821	0,1324	NS

1418 Efeito Linear (LEUC: $y = -0,1835x + 40,501$, $R^2 = 0,9511$); (LINF: $y = -11,676x + 2674,7$; $R^2 = 0,9073$); (MONO: $y = -1,1812x + 171,91$, $R^2 = 0,8655$).1419 Efeito Quadrático (HETE: $y = -0,8601x^2 + 120,94x + 3380,1$, $R^2 = 0,7943$, Ponto Máxima: 70,31 g/kg).

1420 HEMA: Hemácias; HETC: Hematócrito; HEMO: Hemoglobina; HETE: Heterofilo; LEUC: Leucócito; LINF: Linfócito; EOS: Eosinófilo; MONO: Monócito; PLAQ: Plaquetas;

1421 PPT: Proteínas Plasmáticas Totais; VGM: Volume Globular Médio. EPM: Erro Padrão da Média. dL: Decilitro; fL: Fentolitro; g: Gramas; mm: milímetro; U: Unidade. NS:

1422 Não significativo.

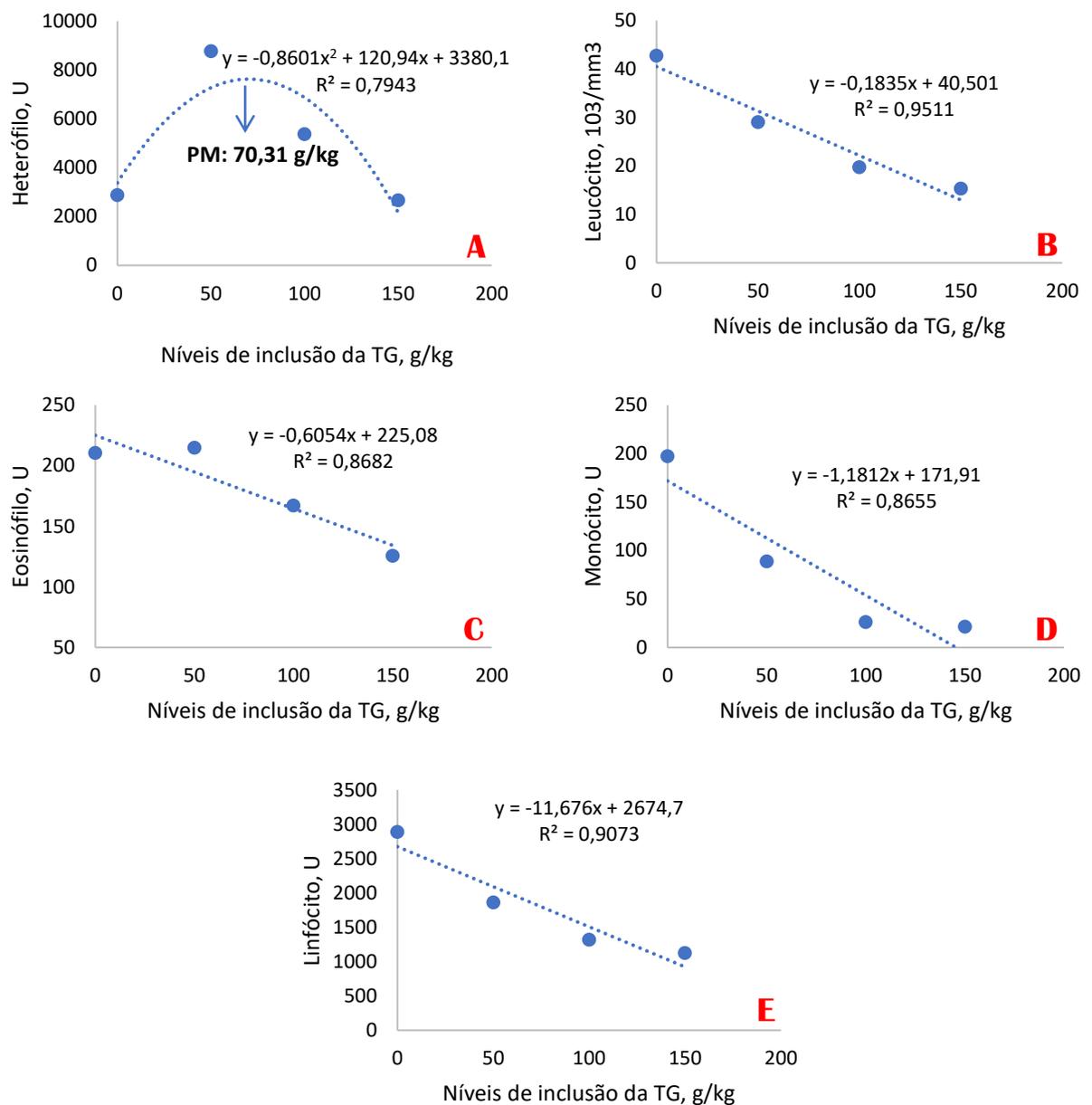


Figura 10. Efeito quadrático do heterófilo (A) e linear para leucócito (B), eosinófilo (C), monócito (D), linfócito (E) das aves alimentadas com TG.

1423 Na bioquímica sérica (Tabela 10, Figura 11), a inclusão da torta resultou em uma
 1424 diminuição linear ($P= 0,0014$) nos valores de creatinina sérica, no qual pelo teste de médias
 1425 apenas o último nível de torta diferiu da dieta controle. Os valores médios do HDL foram
 1426 reduzidos de forma linear ($P= 0,0006$) à medida que a torta de gergelim foi incluída a dieta,
 1427 onde todas as dietas que continham a torta de gergelim diferiram da dieta controle.

1428 Tabela 10. Valores médios de bioquímica sérica de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.

Itens	Níveis de Inclusão (g/kg)				Média	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
	0	50	100	150				
Ácido Úrico, mg/dL	6,330±1,0981	5,068±0,5014	5,914±1,0086	5,094±0,5842	5,60	0,4045	0,6528	NS
Proteínas totais, g/dL	3,352±0,2123	3,173±0,1966	3,159±0,2096	2,888±0,1101	3,14	0,0938	0,3981	NS
Creatinina, mg/dL	0,144± 0,0181	0,130± 0,0145	0,117± 0,0156	0,065±0,0794*	0,114	0,0956	0,0078	Linear
Globulina, g/dL	1,393±0,3851	1,643±0,1478	1,424±0,3117	1,535±0,1690	1,50	0,1268	0,9115	NS
Albumina, g/dL	1,959±0,2393	1,530±0,1508	1,735±0,2367	1,353±0,1631	1,64	0,1061	0,2113	NS
GGT, U/L	24,21± 3,94	27,44± 2,04	23,21± 6,22	21,22± 6,88	24,02	2,4137	0,8564	NS
FA, U/L	2544±254	2747±342	3612±863	2267±164	2792,36	251,9069	0,2748	NS
ALT, U/L	7,460±3,1692	6,848±0,6975	5,431±1,0723	4,772±0,4410	6,13	0,8281	0,6755	NS
AST, U/L	296,6± 44,4	433,6±117,1	365,3± 34,2	405,0± 20,6	375,13	32,3834	0,5033	NS
Glicose, mg/dL	200,0± 29,1	193,8± 35,5	198,5± 8,0	152,9± 9,5	186,29	11,7791	0,4671	NS
Colesterol, mg/dL	106,4± 3,8	89,91± 5,56	96,74± 4,06	92,76±10,21	96,44	3,2808	0,3268	NS
HDL, mg/dL	127,2± 7,6	81,55±11,65*	81,20± 6,09*	77,84± 4,02*	91,95	5,9068	0,0010	Linear
LDL, mg/dL	55,68± 7,83	60,32± 9,82	40,82± 5,64	38,19± 5,18	48,75	4,0106	0,1284	NS
Triglicerídeos, mg/dL	270,1± 10,1	250,2± 27,2	281,8± 13,5	239,4± 20,7	260,39	9,5257	0,4150	NS
VLDL, mg/dL	54,02± 2,01	50,04± 5,43	56,36± 2,69	47,88± 4,15	52,08	1,9051	0,4150	NS

1429 Efeito Linear: (Creatinina: $y = -0,5008x + 151,36$, $R^2 = 0,8777$); (HDL: $y = -0,2969x + 114,21$, $R^2 = 0,6615$).

1430 ALT: Alanina Aminotransferase; AST: Aspartato Aminotransferase; FA: Fosfatase Alcalina; GGT: Gama Glutamil Transferase; HDL: Lipoproteína de Alta Densidade; LDL:

1431 Lipoproteína de Baixa Densidade; VLDL: Lipoproteína de Muito Baixa Densidade. EPM: Erro Padrão da Média. NS: Não significativo. g: Grama; mg: Miligrama; dL: Decilitro;

1432 U: Unidade; L: Litro.

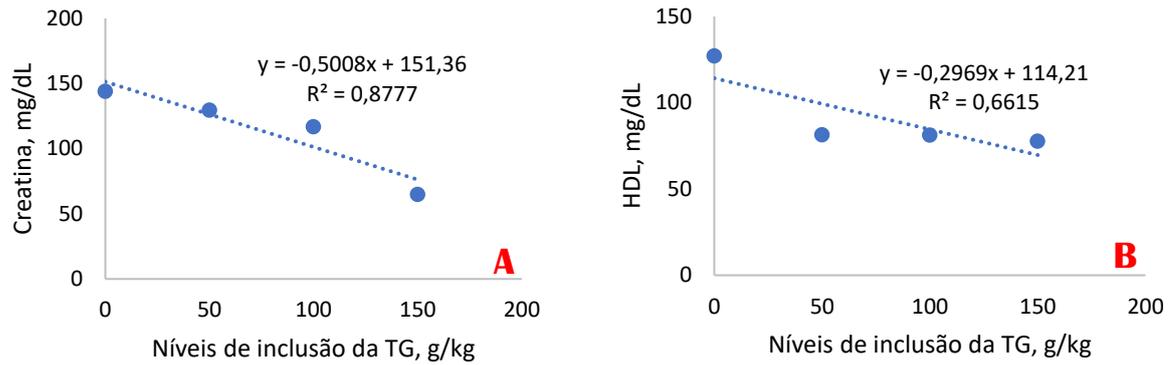


Figura 11. Efeito linear da creatinina (A) e HDL (B) das aves alimentadas com TG.

1433 ***Rendimento de carcaça e dos órgãos***

1434 Houve efeito da inclusão ($P= 0,0077$) da TG nas dietas no peso relativo do ventrículo
 1435 (Tabela 11, Figura 12) apresentando um efeito linear crescente ($P= 0,0040$). Já para as demais
 1436 variáveis de órgãos (Tabela 11) e para o rendimento de carcaça (Tabela 12), não houve efeito
 1437 significativo para as variáveis analisadas.

1438 ***Densitometria, índice de Seedor e composição mineral da tíbia***

1439 A inclusão da torta de gergelim não influenciou o peso relativo da tíbia dos frangos, assim
 1440 como para o índice de Seedor que também não apresentou diferença significativa entre os
 1441 grupos ($P= 0,0836$) e para os valores de densitometria óssea ($P> 0,05$) (Tabela 13). Os
 1442 resultados mostraram que a inclusão de torta de gergelim não teve efeito sobre a mineralização
 1443 óssea das aves.

1444 Apesar disso, a concentração de cálcio foi significativamente menor nos grupos com
 1445 inclusão de torta de gergelim ($P< 0,0001$) (Tabela 13, Figura 9). A torta de gergelim nos níveis
 1446 de 50, 100 e 150 g/kg diferiu significativamente da dieta controle, com redução nos valores à
 1447 medida que a inclusão aumentou. A análise de regressão indicou um efeito linear decrescente
 1448 na concentração de cálcio com o aumento da torta de gergelim.

1449 Tabela 11. Valores médios do peso relativo de órgãos e comprimento de intestino de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão
 1450 da torta de gergelim.

Órgãos (%)	Níveis de Inclusão (g/kg)				Média	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
	0	50	100	150				
Baço	0,101 ± 0,0189	0,090 ± 0,0099	0,088 ± 0,0166	0,083 ± 0,0085	0,0906	0,0067	0,8297	NS
Bursa	0,118 ± 0,0160	0,161 ± 0,0261	0,127 ± 0,0131	0,106 ± 0,0073	0,1281	0,0091	0,1663	NS
Intestino, comprimento (cm)	172,2 ± 5,4	186,0 ± 6,5	184,8 ± 4,6	173,2 ± 12,1	179,05	3,8289	0,4578	NS
Coração	0,387 ± 0,0256	0,492 ± 0,0398	0,422 ± 0,0402	0,439 ± 0,0665	0,4354	0,0226	0,4538	NS
Fígado	1,427 ± 0,1027	1,489 ± 0,0817	1,562 ± 0,0915	1,415 ± 0,0846	1,4734	0,0436	0,6529	NS
Gordura Total	0,850 ± 0,1510	0,806 ± 0,0966	0,655 ± 0,0719	0,760 ± 0,1069	0,7679	0,0533	0,6378	NS
Ventrículo	1,072±0,042	1,199±0,088	1,123±0,059	1,420±0,061*	1,2031	0,0425	0,0077	Linear
Pâncreas	0,153 ± 0,0282	0,167 ± 0,0104	0,172 ± 0,0111	0,183 ± 0,0114	0,1688	0,0082	0,6691	NS
Proventrículo	0,221 ± 0,0556	0,294 ± 0,0155	0,346 ± 0,0548	0,306 ± 0,0286	0,2921	0,0220	0,2471	NS
Timo	0,165 ± 0,0129	0,277 ± 0,0743	0,188 ± 0,0287	0,247 ± 0,0409	0,2193	0,0232	0,3081	NS

1451 Efeito Linear ($y = 0,0019x + 1,0583$, $R^2 = 0,663$). EPM: Erro Padrão da Média. NS: Não Significativo.

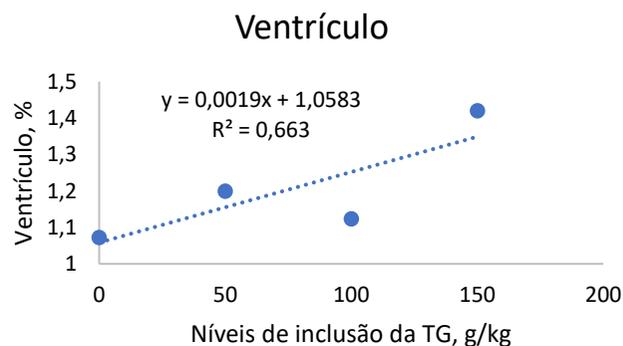


Figura 12. Efeito linear do ventrículo das aves alimentadas com a TG.

1452 Tabela 12. Valores médios do rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.

Itens	Níveis de Inclusão (g/kg)				Média	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
	0	50	100	150				
Carcaça	78,59 ± 1,02	78,27 ± 1,11	79,12 ± 1,21	77,47 ± 0,72	78,36	0,2517	0,2694	NS
Asa	8,88 ± 0,37	9,12 ± 0,20	8,96 ± 0,22	8,74 ± 0,12	8,93	0,1160	0,7420	NS
Coxa + sobrecoxa	27,26 ± 0,45	27,28 ± 0,85	27,79 ± 0,47	28,07 ± 0,10	27,60	0,1507	0,6551	NS
Dorso	22,32 ± 0,78	23,73 ± 0,60	23,89 ± 1,13	23,92 ± 0,78	23,46	0,4177	0,4997	NS
Peito	41,24 ± 0,95	39,71 ± 0,91	39,48 ± 1,16	39,05 ± 0,87	39,87	0,4868	0,4388	NS

1453 EPM: Erro Padrão da Média. NS: Não Significativo.

1454 Tabela 13. Valores médios de cálcio e fósforo, peso relativo, índice de Seedor e densitometria óssea em diferentes regiões da tíbia de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão da torta de gergelim.

Itens	Níveis de Inclusão, g/kg				Média	EPM	<i>p-value</i>	Regressão
	0	50	100	150				
Peso relativo da tíbia	0,731 ± 0,024	0,775 ± 0,014	0,697 ± 0,068	0,730 ± 0,027	0,733	0,0191	0,5857	NS
Índice de Seedor (mg/mm)	37,15 ± 0,96	36,40 ± 1,11	38,04 ± 1,26	33,69 ± 1,25	36,32	0,6469	0,0836	NS
Cálcio (g/100g)	34,22 ± 1,36	26,82 ± 1,28*	27,25 ± 1,55*	21,63 ± 0,89*	27,48	1,1857	<0,0001	Linear
Fósforo (g/100g)	11,67 ± 0,55	11,56 ± 0,58	13,08 ± 0,73	10,32 ± 0,42	11,657	0,3482	0,0320	Quadrática
Relação Ca:P	2,567 ± 0,117	2,187 ± 0,085*	2,084 ± 0,015*	2,097 ± 0,011*	2,234	0,0562	0,0007	Linear
Densitometria óssea								
Distal	732,7 ± 39,8	834,6 ± 28,9	882,8 ± 58,0	767,8 ± 54,1	804,47	25,2211	0,1440	NS
Medial	1180 ± 21	1201 ± 35	1170 ± 44	1129 ± 44	1170,03	18,0388	0,5810	NS
Proximal	814,5 ± 30,3	842,2 ± 25,0	797,9 ± 27,5	858,0 ± 11,0	828,15	12,4975	0,3393	NS

1456 Efeito Linear: (Cálcio: $y = -0,0747x + 33,081$; $R^2 = 0,8699$); (Relação Ca:P: $y = -0,003x + 2,4607$; $R^2 = 0,7415$).1457 Efeito Quadrático (Fósforo: $y = -0,0003x^2 + 0,0347x + 11,375$; $R^2 = 0,5431$). EPM: Erro Padrão da Média. NS: Não Significativo.

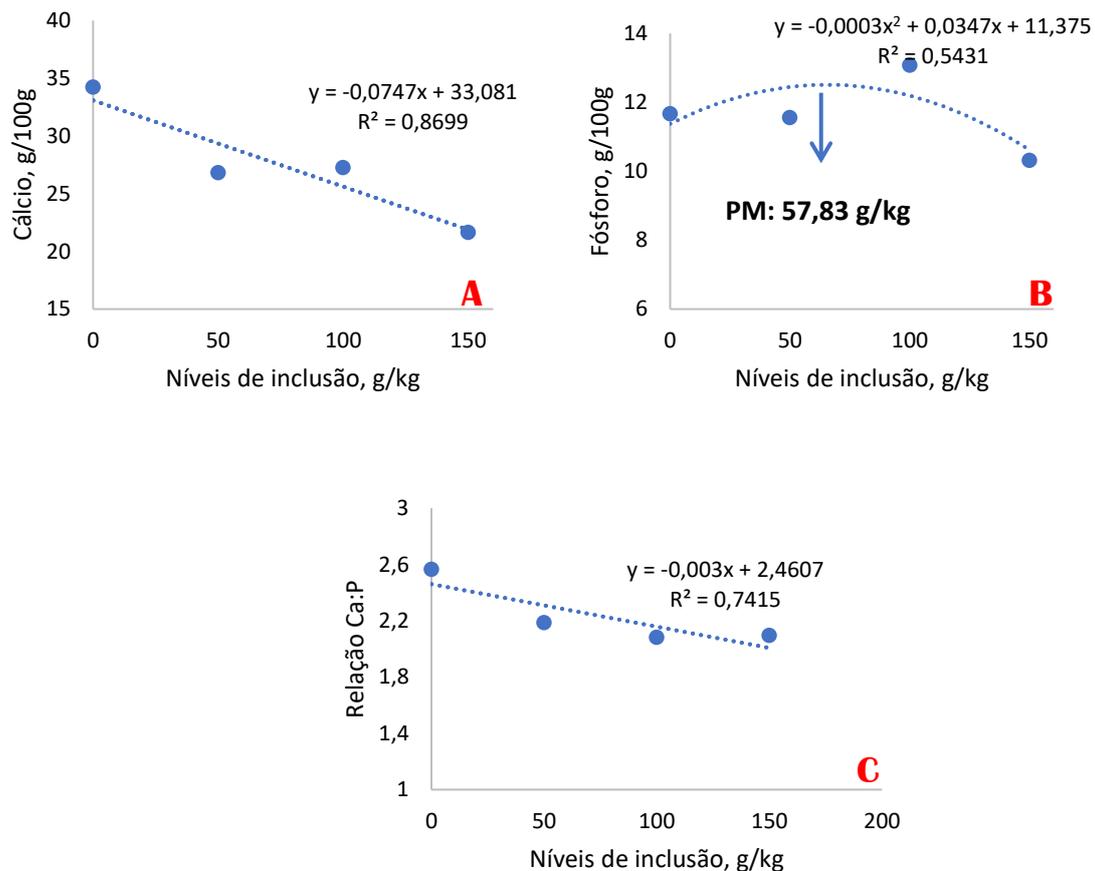


Figura 13. Efeito linear do cálcio (A) e da relação cálcio (C) e efeito quadrático do fósforo (B) da tibia de aves alimentadas com a TG.

1458 Observou-se diferença significativa na concentração de fósforo ($P = 0,0320$) (Tabela 13,
 1459 Figura 13). A análise de regressão indicou um efeito quadrático com ponto de máxima no nível
 1460 de 57,83 g/kg, com níveis intermediários de torta de gergelim apresentando maior concentração
 1461 de fósforo na tibia, enquanto os níveis mais baixos e mais altos tiveram uma redução
 1462 significativa.

1463 A relação cálcio:fósforo foi significativamente afetada pela inclusão de torta de gergelim
 1464 ($P = 0,0007$) (Tabela 13, Figura 13). A relação Ca:P foi significativamente menor nos grupos
 1465 com inclusão de torta de gergelim, especialmente nos níveis de 50, 100 e 150 g/kg, quando
 1466 comparados a dieta controle. A análise de regressão mostrou um efeito linear decrescente,
 1467 indicando que o aumento da torta de gergelim reduziu a relação entre esses minerais.

1468 **Retorno do investimento (ROI)**

1469 De acordo com o ROI a porcentagem de retorno do investimento para as aves
 1470 alimentadas com a ração referência foi de 31%. Ao adicionar a torta de gergelim o retorno
 1471 aumentou gradativamente, sendo 48%, 44% e 65% para as inclusões de 50, 100 e 150 g/kg,
 1472 respectivamente (Tabela 14, Figura 14).

1473 Tabela 14. Valores ração por fases, total e por aves. ROI, viabilidade econômica.

Idade/Fase	Níveis de inclusão, g/kg			
	0	50	100	150
	Valores Por Fase (R\$)			
1-07 Dias	26,02	24,84	22,09	21,00
8-21 Dias	216,29	197,98	194,28	164,64
22-35 Dias	423,31	376,70	378,47	329,90
35-42 Dias	247,76	219,48	220,11	196,26
Valores				
Valor total ração	913,38	819,00	815,76	711,80
Valor de venda das aves (kg)	5,5	5,5	5,5	5,5
Peso médio das aves (kg)	3,639	3,663	3,570	3,564
Valor total de venda das aves (kg)	1.200,87	1.208,79	1.178,10	1.176,12
Investimento (ração)	913,38	819,00	815,76	711,80
ROI (%)	31%	48%	44%	65%

1474 ROI (Retorno Sobre o Investimento) = (receitas – custo / investimento).

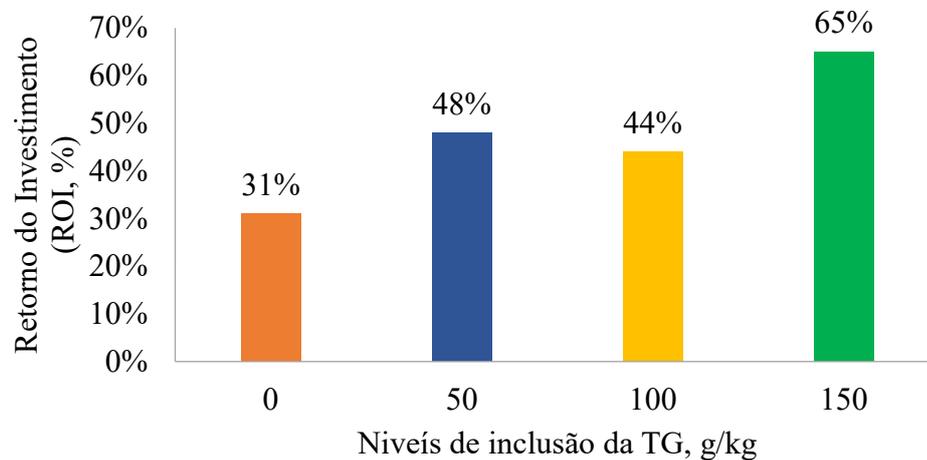


Figura 14. Retorno sobre o investimento comparando as rações com e sem adição de torta de gergelim.

1475

DISCUSSÃO

1476 A torta de gergelim (TG), conhecida por sua riqueza nutricional, apresentou impacto
 1477 sobre o desempenho zootécnico, a metabolizabilidade dos nutrientes, a deposição mineral
 1478 óssea, variáveis sanguíneas, escore de lesão do coxim plantar e peso de ventrículo dos frangos.

1479 Notou-se que a inclusão de 100 g/kg da TG resultou em um desempenho inferior na fase de 1-
1480 7 dias, o que pode estar associado à menor biodisponibilidade de nutrientes, especialmente o
1481 cálcio.

1482 O oxalato de cálcio, um composto antinutricional e de baixa absorção que está presente
1483 na TG em alta concentração (1,04 mg/100g de TG) (Fadimatou et al., 2024), pode interagir com
1484 componentes da dieta e formar complexos insolúveis no trato gastrointestinal, reduzindo a
1485 absorção desse mineral essencial (Torcello-Gómez et al., 2018). Essa interação pode afetar a
1486 digestão lipídica ao impedir a emulsificação eficiente dos lipídeos (Mulet-Cabero e Wilde,
1487 2021), reduzindo a disponibilidade de energia e nutrientes.

1488 A formação de sabões de cálcio no intestino é um fator que pode ter influenciado a
1489 digestibilidade dos lipídeos e, conseqüentemente, a metabolizabilidade da energia. Torcello-
1490 Gómez et al. (2018) relatam que ácidos graxos livres têm maior propensão de interagir com o
1491 cálcio, formando complexos insolúveis que não são absorvidos. A composição lipídica da TG,
1492 rica em ácidos graxos livres (Arab et al., 2022), pode ter contribuído para esse fenômeno,
1493 reduzindo a eficiência na absorção de energia. Ademais, o amadurecimento tardio do trato
1494 digestório das aves na fase neonatal pode ter aumentado esse efeito (Rodríguez-Sánchez et al.,
1495 2019).

1496 Apesar dos efeitos na metabolizabilidade dos nutrientes, as fases de crescimento e final
1497 não apresentaram impacto significativo no desempenho zootécnico, embora tenha havido
1498 redução na metabolizabilidade dos nutrientes. Isso pode estar relacionado à maior capacidade
1499 de adaptação do metabolismo das aves em estágios mais avançados de desenvolvimento, além
1500 da menor exigência relativa de cálcio nessas fases. Ademais, a maior inclusão da TG resultou
1501 em dietas de menor densidade, tornando as dietas mais volumosas e que pode ter influenciado
1502 na redução da ingestão efetiva de nutrientes.

1503 A maior inclusão da TG aumentou o peso do ventrículo, possivelmente devido ao maior
1504 volume da dieta, estimulando a função mecânica desse órgão (Kiarie e Mills, 2019). Estudos
1505 indicam que dietas de maior volume promovem maior retenção da digesta na moela,
1506 melhorando a moagem e digestibilidade dos alimentos (Zaefarian et al., 2016; Abd El-Wahab
1507 et al., 2020).

1508 O cálcio e o fósforo desempenham papel essencial na metabolização energética
1509 (Voorsluijs et al., 2024) e na homeostase fisiológica das aves (Ribeiro et al., 2024). O cálcio é
1510 crucial para a contração muscular, transmissão neuronal e ativação enzimática, além de estar
1511 diretamente envolvido na glicólise e na fosforilação oxidativa, impactando a síntese de ATP
1512 (Voorsluijs et al., 2024). A redução da biodisponibilidade de cálcio pela presença de oxalatos
1513 pode afetar esses processos, reduzindo a eficiência da produção energética e comprometendo a
1514 taxa de crescimento inicial. O fósforo, por sua vez, é fundamental na formação de fosfolipídeos
1515 de membrana, participa da síntese de nucleotídeos e é um componente essencial do ATP, sendo
1516 crucial para a regulação da homeostase ácido-base e do metabolismo ósseo (Nicholls et al.,
1517 2023). O efeito quadrático observado na deposição de fósforo pode estar relacionado a
1518 mecanismos compensatórios de absorção e excreção desse mineral.

1519 A análise da mineralização óssea revelou que a inclusão da TG reduziu os teores de cálcio
1520 na tíbia, em relação ao grupo controle. O fósforo, por sua vez, apresentou efeito quadrático,
1521 com um pico de deposição na dieta contendo 100 g/kg de TG. A relação cálcio/fósforo diminuiu
1522 linearmente com o aumento da inclusão da TG, refletindo possível desbalanço na homeostase
1523 mineral, contudo foi mantida a proporção 2:1. No entanto, a densitometria óssea indicou que
1524 não houve diferença significativa na densidade mineral óssea, sugerindo que os mecanismos
1525 fisiológicos das aves compensaram a menor biodisponibilidade do cálcio por meio de
1526 mecanismos reguladores, como a maior absorção intestinal.

1527 O teor de cálcio encontrado na tíbia das aves alimentadas com a dieta controle foi
1528 semelhante ao relatado por Imari et al. (2020), que observaram valores variando entre 30,79 e
1529 35,73 g/100g ao avaliarem dietas com diferentes níveis de cálcio e fósforo para frangos de corte.
1530 Já o teor de cálcio na tíbia das aves alimentadas com a dieta contendo TG apresentou valores
1531 próximos aos descritos por Díaz-Alonso et al. (2019), que ao testarem dietas com diferentes
1532 níveis e relações de cálcio e fósforo disponível, registraram variações entre 26,86 e 30,59
1533 g/100g. O resultado observado neste estudo para o teor de cálcio nas tíbias dos frangos
1534 alimentados com TG está dentro do esperado, considerando a presença de oxalato de cálcio,
1535 que reduz a biodisponibilidade desse mineral. Ainda assim, os valores obtidos são compatíveis
1536 com os encontrados na literatura.

1537 Em relação ao fósforo, Díaz-Alonso et al. (2019) relataram valores entre 16,93 e 17,13
1538 g/100g, enquanto Imari et al. (2020) observaram uma amplitude maior, com valores de 14,64 a
1539 17,86 g/100g. No presente estudo, o teor de fósforo nas tíbias dos frangos alimentados com TG
1540 foi consideravelmente inferior aos valores descritos na literatura. No entanto, a relação
1541 cálcio:fósforo (Ca:P) manteve-se dentro da faixa recomendada (2:1), o que contribuiu para que
1542 a densitometria óssea das aves alimentadas com TG não apresentasse valores reduzidos.

1543 A semente de gergelim possui uma alta concentração de compostos bioativos com
1544 propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (Sharma et al., 2021). Esses compostos estão
1545 majoritariamente presentes na fração oleosa da semente (Bopitiya e Madhujith, 2015), o que
1546 sugere que a TG, por conter uma quantidade significativa de extrato etéreo, também apresente
1547 elevadas concentrações dessas substâncias.

1548 Nesse contexto, os compostos anti-inflamatórios presentes na TG podem ter contribuído
1549 para a melhora do escore de pododermatite nos frangos de corte, reduzindo o tamanho das
1550 lesões. Deme et al. (2018) demonstraram, em estudo *in vitro*, que derivados de metoxifenol
1551 presentes no óleo de gergelim exibem potentes propriedades anti-inflamatórias, assim como

1552 lignanas, tocoferóis e fitoesteróis, os quais interagem sinergicamente no combate à inflamação
1553 e promovem uma resposta anti-inflamatória mais eficiente.

1554 Além dos efeitos na saúde das aves, a TG influenciou os níveis séricos de creatinina,
1555 promovendo uma redução significativa desse biomarcador. Os valores obtidos em nossa
1556 pesquisa estão em concordância com os apresentados por Kim et al. (2015), que reportaram
1557 variações entre 0,09 e 0,25 mg/dL ao trabalharem com frangos de corte. A creatinina, um
1558 metabólito da creatina presente no sangue, é filtrada pelos rins e excretada na urina. Seus níveis
1559 séricos são indicadores da função renal, sendo que concentrações elevadas podem sugerir
1560 disfunção ou lesão muscular, especialmente quando associadas a variações nos níveis de ALT
1561 e AST (Delanaye et al., 2017). Dessa forma, a redução nos níveis séricos de creatinina com o
1562 uso da TG sugere um efeito protetor sobre os rins dos frangos de corte.

1563 Os coprodutos do gergelim tendem a ser ricos em antioxidantes, o que contribui para a
1564 redução dos níveis séricos de creatinina por aumentar da atividade antioxidantes sérica como
1565 superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase, que combatem os radicais livres e
1566 reduzem o nível de malondialdeído (El-Tahan et al., 2019; Ye et al., 2020). Esses benefícios
1567 são atribuídos principalmente à sesamina, uma lignana predominante na fração oleosa do
1568 gergelim, conhecida por sua riqueza em gama-tocoferol e potente ação antioxidante (Gharby et
1569 al., 2017).

1570 Em relação ao metabolismo lipídico, apesar de a TG ser rica em ácidos graxos
1571 insaturados, observou-se uma redução nos níveis de HDL sérico. Isso pode ser explicado pelo
1572 aumento da concentração de ácidos graxos livres circulantes. Na fase inicial (1-21 dias),
1573 menores inclusões de TG favoreceram o desempenho das aves, possivelmente devido a uma
1574 menor concentração de ácidos graxos livres circulantes, garantindo um suprimento energético
1575 adequado. Contudo, nas fases seguintes (1-35 e 1-42 dias), a inclusão de TG não comprometeu

1576 o desempenho, possivelmente pela presença de óleo de soja nas dietas, que melhora o tempo de
1577 trânsito digestivo e a absorção de nutrientes.

1578 Outro fator relevante é o papel dos esteróis e da sesamina na absorção de colesterol
1579 intestinal. Esses compostos podem reduzir a absorção de colesterol ao inibir o transportador
1580 Niemann-Pick C1-Like 1 (NPC1L1) e diminuir a conversão de colesterol nas células intestinais
1581 (Liang et al., 2015; Wang et al., 2023). Entretanto, em nossa pesquisa, não foram observadas
1582 alterações nos níveis de triglicerídeos, colesterol total e LDL, resultado compatível com os
1583 achados de Salaviti et al. (2021), que não detectaram mudanças nesses parâmetros em frangos
1584 de corte alimentados com peptídeos bioativos da farinha de gergelim. Além disso, os valores
1585 séricos de HDL encontrados são similares aos reportados por Carvalho et al. (2020), que
1586 variaram entre 89,22 e 113,95 mg/dL para frangos de corte.

1587 No que se refere à resposta imunológica, a inclusão progressiva da TG na dieta resultou
1588 na redução dos valores da série branca do sangue, embora esses valores tenham permanecido
1589 dentro da faixa de normalidade. Isso sugere um menor desafio imunológico para as aves,
1590 refletindo uma possível melhora na resposta imune. Khorrami et al. (2018) demonstraram que
1591 o óleo essencial de gergelim e seus compostos fenólicos, como o sesamol, possuem
1592 propriedades imunomoduladoras, suprimindo a resposta da imunidade celular por meio da
1593 regulação das respostas Th2 e da modulação das funções pró-inflamatórias de macrófagos e
1594 células dendríticas. Esses efeitos estão diretamente relacionados às propriedades antioxidantes
1595 e anti-inflamatórias dos compostos fenólicos presentes na fração oleosa do gergelim.

1596 Em comparação aos dados de Carvalho et al. (2020), os valores de leucócitos, heterófilos
1597 e linfócitos relatados por esses autores para frangos de corte ($23,00 \times 10^3/\text{mm}^3$; 10.418 U; 9.188
1598 U, respectivamente) foram superiores aos obtidos no presente estudo para heterófilos e
1599 linfócitos, mas semelhantes em relação aos leucócitos totais. Soares et al. (2020), ao avaliarem
1600 parâmetros hematológicos em frangos de corte, relataram valores de leucócitos, heterófilos,

1601 linfócitos e monócitos de $15,25 \times 10^3/\text{mm}^3$; 3.310 U; 9.340 U e 1.610 U, respectivamente,
1602 demonstrando similaridade apenas com os valores de leucócitos e heterófilos observados neste
1603 estudo. As variações entre os resultados podem ser atribuídas a fatores ambientais, dietéticos e
1604 hormonais, que influenciam a resposta imunológica das aves (Soares et al., 2020). Apesar
1605 dessas diferenças, os valores observados permanecem dentro dos parâmetros fisiológicos
1606 considerados normais, sem indícios de comprometimento da saúde das aves.

1607 Por fim, a inclusão da TG na dieta mostrou um retorno financeiro positivo, especialmente
1608 com a inclusão de 150 g/kg, nível no qual foi observado o melhor retorno sobre o investimento
1609 (ROI) em comparação com outros tratamentos e ao grupo controle. Esse resultado reforça a
1610 viabilidade econômica da TG, particularmente para pequenos e médios produtores rurais,
1611 quando comparada ao farelo de soja. No momento do estudo, o custo da TG era de R\$ 1,80/kg,
1612 enquanto o farelo de soja custava R\$ 3,86/kg, tornando a TG uma alternativa economicamente
1613 vantajosa.

1614 Os resultados obtidos demonstram o potencial da TG como um ingrediente nutricional e
1615 funcional na alimentação de frangos de corte. Apesar das limitações em sua inclusão nas fases
1616 iniciais, devido à presença de fatores antinutricionais e à disponibilidade energética, sua
1617 utilização mostrou benefícios tanto no desempenho acumulativo final quanto na saúde das aves.
1618 Além disso, o efeito nutracêutico da TG foi evidente, promovendo melhorias no sistema
1619 imunológico e reduzindo a incidência de pododermatite. Dessa forma, a TG apresenta-se como
1620 uma alternativa promissora para a avicultura, favorecendo tanto a produtividade quanto o bem-
1621 estar animal.

1622 CONCLUSÃO

1623 A inclusão da torta de gergelim na dieta de frangos de corte demonstrou viabilidade
1624 econômica e zootécnica, proporcionando maior retorno financeiro sem comprometer o
1625 desempenho final das aves. Embora níveis acima de 56,85 g/kg tenham reduzido o desempenho

1626 nas fases iniciais, a inclusão de até 150 g/kg não afetou negativamente o desempenho no período
1627 total de 1 a 42 dias, tampouco os parâmetros de densitometria óssea, assim como, menor
1628 incidência de pododermatite, indicativos de melhora na resposta imune.

REFERÊNCIAS

1629

- 1630 ABD EL-WAHAB, A. et al. The Effects of Feed Particle Size and Floor Type on the Growth
1631 Performance, GIT Development, and Pododermatitis in Broiler Chickens. **Animals**, v.
1632 10, n. 8, p. 1256, 2020.
- 1633 AMORIM, E. L. C. et al. A simple and accurate procedure for the determination of tannin and
1634 flavonoid levels and some applications in ethnobotany and
1635 ethnopharmacology. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 2, n. 1, p. 88-94,
1636 2008.
- 1637 ARAB, R. et al. Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition,
1638 Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential
1639 for Food Applications. **Molecules**, v. 27, n. 14, p. 4508, 2022.
- 1640 AOAC - Association of Official Analytical Chemists International. **Official Method of**
1641 **Analysis: Association of Analytical Chemists**. ed. 19, 2012.
- 1642 AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. **AOAC**,
1643 ed. 22, 2023.
- 1644 AOCS - American Oil Chemists' Society. AOCS Official Methods and Best Practices. **AOCS**,
1645 ed. 7, 2013.
- 1646 BOPITIYA, D.; MADHUJITH, T. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame
1647 (*Sesamum indicum* L.) seed oil. **Tropical Agricultural Research**, v. 24, n. 3, p. 296,
1648 2015.
- 1649 BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities
1650 of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72,
1651 n. 1, p. 248-254, 1976.
- 1652 CARVALHO, G. B. DE et al. Hematology and serum biochemistry of broilers at the initial and
1653 growth stages submitted to different levels of digestible sulfur amino acids. **Ciência**
1654 **Rural**, v. 50, n. 5, p. 1–9, 2020.
- 1655 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Preços agrícolas, da
1656 sociobio e da pesca. **CONAB**, 2024. Accessed Sep. 2024.
1657 <https://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>
- 1658 DELANAYE, P.; CAVALIER, E.; POTTEL, H. Serum Creatinine: Not So Simple! **Nephron**,
1659 v. 136, n. 4, p. 302–308, 2017.
- 1660 DEME, P.; NARASIMHULU, C. A.; PARTHASARATHY, S. Identification and evaluation of
1661 anti-inflammatory properties of aqueous components extracted from sesame (*Sesamum*
1662 *indicum*) oil. **Journal of Chromatography B**, v. 1087–1088, n. April, p. 61–69, 2018.
- 1663 DÍAZ-ALONSO, J. A. et al. Effects of te level and relationship of calcium and available
1664 phosphorus on the growth and tibia mineralization of broiler starter chickens. **Journal of**
1665 **Applied Poultry Research**, v. 28, n. 2, p. 339-349, 2019.
- 1666 EL-TAHAN, R. A. et al. The protective effect of sesame oil against renal toxicity induced by
1667 ccl4 in experimental model. **Journal of the Medical Research Institute**, v. 40, n. 1, p.
1668 24–31, 2019.
- 1669 FADIMATOU, B. et al. Effect of Culinary Treatments on Nutritional and Anti- nutritional
1670 Profils of Sesame Oilcake for Use in Fighting Protein Malnutrition. **Asian Journal of**
1671 **Biotechnology and Bioresource Technology**, v. 10, n. 2, p. 60–71, 2024.
- 1672 GHARBY, S. et al. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame
1673 grown in Morocco. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 2,
1674 p. 105–111, 2017.
- 1675 HEUZÉ, V.; TRAN G.; BASTIANELLI, D.; LEBAS, F. Sesame (*Sesamum indicum*) seeds
1676 and oil meal. **Feedipedia**, 2021. Accessed May. 2023. <https://feedipedia.org/node/26>
- 1677 IMARI, Z. K.; HASSANABADI, A.; MOGHADDAM, H. N. Response of broiler chickens to

- 1678 calcium and phosphorus restriction: Effects on growth performance, carcass traits, tibia
1679 characteristics and total tract retention of nutrients. **Italian Journal of Animal Science**,
1680 v. 19, n. 1, p. 929-939, 2020.
- 1681 KHORRAMI, S.; DANESHMANDI, S.; MOSAYEBI, G. Sesame seeds essential oil and
1682 Sesamol modulate the pro-inflammatory function of macrophages and dendritic cells and
1683 promote Th2 response. **Medical Journal of the Islamic Republic of Iran**, v. 32, n. 1, p.
1684 566–573, 2018.
- 1685 KIARIE, E. G.; MILLS, A. Role of Feed Processing on Gut Health and Function in Pigs and
1686 Poultry: Conundrum of Optimal Particle Size and Hydrothermal Regimens. **Frontiers in**
1687 **Veterinary Science**, v. 6, n. FEB, p. 1–13, 2019.
- 1688 KIM, D. W. et al. Various levels and forms of dietary α -lipoic acid in broiler chickens: Impact
1689 on blood biochemistry, stress response, liver enzymes, and antibody titers. **Poultry**
1690 **Science**, v. 94, n. 2, p. 226–231, 2015.
- 1691 LIANG, Y. T. et al. Cholesterol-Lowering Activity of Sesamin Is Associated with Down-
1692 Regulation on Genes of Sterol Transporters Involved in Cholesterol Absorption. **Journal**
1693 **of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 11, p. 2963–2969, 2015.
- 1694 MENDES, A. S. et al. Measurement of locomotor problems and pad lesions in broilers.
1695 **Arquivos de Zootecnia**, v. 61, n. 234, p. 217-228, 2012.
- 1696 MULET-CABERO, A.-I.; WILDE, P. J. Role of calcium on lipid digestion and serum lipids: a
1697 review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 6, p. 813–826, 2021.
- 1698 NICHOLLS, J. W. et al. On the potential roles of phosphorus in the early evolution of energy
1699 metabolism. **Frontiers**, v. 14, p. 1239189, 2023.
- 1700 OLIVEIRA J. F., et al. Densitometria da vértebra dorsal, osso pleural e osso neural em
1701 tartarugas verdes hípidas por tomografia computadorizada quantitativa. **Ciência Rural**,
1702 v. 42, n. 8, p. 1440–1445, 2012.
- 1703 PAIVA, P. M. G.; COELHO, L. C. B. B. Purification and partial characterization of two lectin
1704 isoforms from *Cratylia mollis* Mart. (camaratu bean). **Applied Biochemistry and**
1705 **Biotechnology**, v. 36, n. 1, p. 113-118, 1992.
- 1706 PRIMO, A. P. **Torta de Gergelim na alimentação de frangos de corte**. Dissertação
1707 apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade
1708 Estadual do Oeste do Paraná. p. 71, 2008.
- 1709 RAMA RAO, S. V. et al. Utilisation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal in broiler
1710 chicken diets. **British Poultry Science**, v. 49, n. 1, p. 81–85, 2008.
- 1711 RIBEIRO, A. G. et al. Heat stress in japanese quails (*Coturnix japonica*): Benefits of phytase
1712 supplementation. **Animals**, v. 14, p. 3599, 2024.
- 1713 RODRIGUEZ-SANCHEZ, R. et al. Evolution of lipid classes and fatty acid digestibility along
1714 the gastrointestinal tract of broiler chickens fed different fat sources at different ages.
1715 **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1341–1353, 2019.
- 1716 ROSTAGNO, H. S. et al. Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho
1717 médio-superior. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**, ed. 4, p. 294, 2017.
- 1718 SÁ, A. G. A. et al. Cold-pressed sesame seed meal as a protein source: Effect of processing on
1719 the protein digestibility, amino acid profile, and functional properties. **Journal of Food**
1720 **Composition and Analysis**, v. 111, n. January, p. 104634, 2022.
- 1721 SALAVATI, M. E. et al. Bioactive Peptides from Sesame Meal for Broiler Chickens: Its
1722 Influence on the Serum Biochemical Metabolites, Immunity Responses and Nutrient
1723 Digestibility. **International Journal of Peptide Research and Therapeutics**, v. 27, n.
1724 2, p. 1297–1303, 2021.
- 1725 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos para Avaliar o Conteúdo de Energia dos
1726 Alimentos. in Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. **Funep.**, ed. 2, p. 30-
1727 42, 2016.

- 1728 SEEDOR, J. G.; QUARTUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The bisphosphonate alendronate
1729 (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral**
1730 **Research**, v. 6, 339–346, 1991.
- 1731 SHARMA, L. et al. Sesame (*Sesamum indicum*) Seed. In: **Oilseeds: Health Attributes and**
1732 **Food Applications**. Singapore: Springer Singapore, p. 305–330, 2021.
- 1733 SILVA, D. R. S. **Processamento do Gergelim: Extração de óleo e aproveitamento dos**
1734 **resíduos para produção de alimentos**. Teses apresentada na Universidade Federal de
1735 Campina Grande. p. 175, 2015.
- 1736 SIMÕES DE SOUZA J. C. et al. Quantitative computed tomography of healthy adult boas (boa
1737 constrictor). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 49, 1012–1015, 2018.
- 1738 SOARES, M. S. et al. Parâmetros hematológicos de frangos de corte: uma ferramenta na
1739 avaliação sanitária. In: **Investigação Científica e Técnica em Medicina Veterinária 2**.
1740 Atena Editora, v. 11, p. 129–140, 2020.
- 1741 TORCELLO-GÓMEZ, A.; BOUDARD, C.; MACKIE, A. R. Calcium Alters the Interfacial
1742 Organization of Hydrolyzed Lipids during Intestinal Digestion. **Langmuir**, v. 34, n. 25,
1743 p. 7536–7544, 2018.
- 1744 VOORSLUIJS, V. et al. Calcium oscillations optimize the energetic efficiency of
1745 mitochondrial metabolism. **IScience**, v. 27, p. 109078, 2024.
- 1746 WAN, Y. et al. Byproducts of Sesame Oil Extraction: Composition, Function, and
1747 Comprehensive Utilization. **Foods**, v. 12, n. 12, p. 2383, 2023.
- 1748 WANG, Q. et al. Effects of Dietary Linoleic Acid on Blood Lipid Profiles: A Systematic
1749 Review and Meta-Analysis of 40 Randomized Controlled Trials. **Foods**, v. 12, n. 11, p.
1750 2129, 2023.
- 1751 YAN, F. et al. Comparison of Methods to Evaluate Bone Mineralization. **Journal of Applied**
1752 **Poultry Research**, v. 14, n. 3, 492–498, 2005.
- 1753 YE, L. et al. Synergistic renoprotective effects of sesame oil and erythropoietin on ischemic
1754 kidney injury after renal transplantation. **AMB Express**, v. 10, n. 1, p. 4, 2020.
- 1755 ZAEFARIAN, F.; ABDOLLAHI, M. R.; RAVINDRAN, V. Particle size and feed form in
1756 broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. **World's**
1757 **Poultry Science Journal**, v. 72, n. 2, p. 277–290, 2016.

CAPITULO IV

1758 **Artigo III* - Uso do óleo de gergelim na alimentação de frangos de corte: influência**
1759 **como aditivo antimicrobiano no desempenho, digestibilidade, composição sanguínea,**
1760 **rendimento de carcaça e órgãos e controle de *E. coli***

1761 **RESUMO**

1762 Os índices zootécnicos na produção de frangos de corte são dependentes do bom
1763 funcionamento do trato gastrointestinal, especialmente em relação a microbiota. Com
1764 isso, a pesquisa foi avaliar o efeito da utilização do óleo de gergelim como aditivo na
1765 dieta dessas aves na fase de 1 a 42 dias, em comparação as dietas sem e com bacitracina
1766 de zinco (Bac Zn) sobre o desempenho, metabolizabilidade de nutrientes (nas fases de 1-
1767 7, 8-21, 22-35 e 36-42 dias), parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e órgãos, e a
1768 atividade antimicrobiana para as cepas *E. coli* e *S. enteritidis* tanto em “*in vitro*” como
1769 “*in vivo*” no ceco das aves. Foram 300 pintainhos distribuídos aleatoriamente 5
1770 tratamentos e 5 repetições, com 12 aves cada. Os tratamentos foram: duas dietas controle
1771 (sem adição de aditivos promotores de crescimento (CSA) e com adição do promotor de
1772 crescimento em 0,50 g de Bac Zn/kg), e demais dietas com níveis crescentes do óleo de
1773 gergelim (3,3; 6,6 e 9,9 g/kg). Os dados foram analisados estatisticamente através da
1774 ANOVA, e posteriormente realizou-se o teste de Dunnett ($P < 0,05$). Como resultados as
1775 dietas com óleo não diferiram das dietas controles na fase total de 1 a 42 dias, apenas nas
1776 fases iniciais de 1 a 7 dias ao adicionar 3,3 g de óleo/kg de dieta houve piora na conversão
1777 alimentar (CA). Na fase de 1 a 21 dias os frangos alimentados com as dietas com óleo
1778 3,3; 6,6 e 9,9 g/kg diferiram da dieta Bac Zn por ter menor valor de PV e GP, porém para
1779 CA, somente a dieta de 3,3 g de óleo/kg houve uma piora em relação as dietas sem e com
1780 Bac Zn. Para a metabolizabilidade da energia houve menor aproveitamento nas fases 1-7
1781 e 22-35 dias dos frangos alimentados com a dieta com 3,3 g de óleo/kg comparado as
1782 dietas CSA, e o aproveitamento de proteína foi reduzido além destas fases também a de
1783 8 a 21 dias. Mas este nível de óleo proporcionou melhor EMA na fase pré-inicial. Ao
1784 adicionar 6,6 g/kg o óleo ocorreu menor aproveitamento de energia em relação a dieta
1785 CSA apenas nas fases de 1 a 7 e 8 a 21 dias, porém uma melhor metabolizabilidade de
1786 proteína em relação a Bac Zn na fase de 22-35 dias. Já o nível de 9,9 g de óleo/kg
1787 ocasionou menor aproveitamento de energia e proteína nas fases de 8-21 e 22-35 dias em
1788 relação a dieta CSA, mas não diferindo da Bac Zn. A proteína foi reduzida o
1789 aproveitamento também na fase de 1-7 dias. A metabolizabilidade dos nutrientes e da
1790 energia não diferiu das dietas sem e com Bac Zn na fase final. Nos parâmetros sanguíneos
1791 o valor de globulina na dieta óleo 6,6 g/kg diferiu da dieta CSA apresentando um menor
1792 valor, enquanto as demais dietas com óleo foram semelhantes as dietas CSA e Bac Zn. A
1793 contagem de *E. coli* diminuiu com a adição do óleo de gergelim, onde o óleo 3,3 g/kg
1794 promoveu maior controle de *E. coli* aos 21 dias e 42 dias com menores valores. Ao
1795 comparar as duas fases, aos 42 dias a contagem de *E. coli* no ceco das aves que
1796 consumiram dietas com óleo de gergelim, apresentaram menores valores ao comparar
1797 com a fase até os 21 dias, sendo a dieta com 6,6 g de óleo/kg foi a de maior diferença
1798 entre as fases. A adição do óleo de gergelim proporcionou bons resultados no desempenho
1799 das aves, portanto a dieta com concentração de 6,6 g de óleo/kg ocasionou resultados
1800 satisfatórios no desempenho, na metabolização dos nutrientes e energia, e principalmente
1801 na contagem de *E. coli*, sendo este nível o indicado para o uso na alimentação de frangos
1802 de corte em substituição a bacitracina de zinco.

1803 **Palavras-chaves:** aditivo, frango de corte, microbiota residente, óleo de gergelim,
1804 *Sesamum indicum* L.

1805 **ABSTRACT**

1806 The zootechnical indices in broiler chicken production depend on the proper functioning
1807 of the gastrointestinal tract, especially regarding the microbiota. This study aimed to
1808 evaluate the effect of using crude sesame oil as a dietary additive for these birds from 1
1809 to 42 days of age, compared to diets without additives and diets with zinc bacitracin (Bac
1810 Zn), on performance, nutrient metabolizability (in the phases 1-7, 8-21, 22-35, and 36-42
1811 days), blood parameters, carcass and organ yield, and antimicrobial activity against *E.*
1812 *coli* and *S. Enteritidis* strains both *in vitro* and *in vivo* in the cecum of the birds. A total
1813 of 300 chicks were randomly distributed into five treatments with five replicates each,
1814 consisting of 12 birds per replicate. The treatments included two control diets (one
1815 without growth-promoting additives (CSA) and another with 0.50 g/kg of Bac Zn) and
1816 three diets with increasing levels of sesame oil (3.3, 6.6, and 9.9 g/kg). Data were
1817 statistically analyzed using ANOVA, followed by Dunnett's test ($P < 0.05$). The results
1818 showed that diets with sesame oil did not differ from control diets in overall performance
1819 from 1 to 42 days. However, in the initial phase (1-7 days), the addition of 3.3 g of oil/kg
1820 led to poorer feed conversion (FC). From 1 to 21 days, broilers fed diets containing 3.3,
1821 6.6, and 9.9 g/kg of oil showed lower body weight (BW) and weight gain (WG) compared
1822 to the Bac Zn diet. However, regarding FC, only the 3.3 g/kg oil diet resulted in worse
1823 performance than both control diets. Energy metabolizability was lower in the 1-7 and
1824 22-35 day phases for broilers fed the 3.3 g/kg oil diet compared to CSA diets, while
1825 protein utilization was reduced not only in these phases but also in the 8-21 day phase.
1826 However, this oil level improved apparent metabolizable energy (AME) in the pre-starter
1827 phase. The 6.6 g/kg oil diet resulted in lower energy utilization compared to CSA diets
1828 only in the 1-7 and 8-21 day phases but improved protein metabolizability compared to
1829 Bac Zn in the 22-35 day phase. Meanwhile, the 9.9 g/kg oil level led to lower energy and
1830 protein utilization in the 8-21 and 22-35 day phases compared to CSA diets but showed
1831 no differences from Bac Zn. Protein utilization was also reduced in the 1-7 day phase. In
1832 the final phase, nutrient and energy metabolizability did not differ between control diets
1833 (with and without Bac Zn). Regarding blood parameters, the globulin level in the 6.6 g/kg
1834 oil diet was lower than in the CSA diet, whereas the other oil-supplemented diets showed
1835 values similar to CSA and Bac Zn diets. The *E. coli* count decreased with the addition of
1836 sesame oil, with the 3.3 g/kg oil diet showing greater *E. coli* control at 21 and 42 days.
1837 When comparing these two phases, at 42 days, *E. coli* counts in the cecum of birds fed
1838 sesame oil diets were lower than in the 21-day phase, with the 6.6 g/kg oil diet showing
1839 the most significant difference between phases. The addition of sesame oil yielded
1840 positive effects on broiler performance. Therefore, the diet containing 6.6 g/kg of oil
1841 resulted in satisfactory performance, improved nutrient and energy metabolism, and
1842 notably reduced *E. coli* counts, making this level the most suitable for replacing zinc
1843 bacitracin in broiler feed.

1844 **Keywords:** additive, broiler chicken, resident microbiota, sesame oil, *Sesamum indicum*
1845 *L.*

INTRODUÇÃO

1846

1847 A busca por aditivos fitogênicos e alimentos nutracêuticos capazes de modular o
1848 sistema imune e a microbiota residente das aves de produção está em crescente ascensão,
1849 pois há uma expectativa para a retirada total dos antibióticos como promotores de
1850 crescimento nos sistemas de criação (Ribeiro et al., 2021). Normativas e leis (WHO,
1851 1997; Castanon, 2007; BRASIL, 2020), já vetaram o uso de alguns antibióticos que eram
1852 utilizados como promotores de crescimento, com a justificativa de que o uso contínuo em
1853 dosagens subterapêuticas podem proporcionar e/ou intensificar a resistência bacteriana.

1854 Apesar de ser uma mutação natural, a resistência bacteriana é uma preocupação
1855 tanto para os avicultores quanto para o mercado consumidor, pois alguns antibióticos
1856 deixam resíduos em produtos como carne (Paul et al., 2022) e ovos (Cornejo et al., 2020),
1857 levando o consumidor final a uma exposição desnecessária a antibióticos.

1858 Devido a esta preocupação, o assunto passou a ser questão de saúde pública.
1859 Entretanto, muitos são os desafios sanitários encontrados em alojamentos de aves criadas
1860 em sistema industrial e, também, naquelas criadas em sistema de subsistência, onde a
1861 retirada total de promotores de crescimento levaria a uma disbiose (Hedman et al., 2020;
1862 Ribeiro et al., 2021).

1863 Com isso muitos trabalhos já mostraram que produtos fitogênicos (Orlowski et al.,
1864 2018; Armanini et al., 2021), assim como os probióticos (Xu et al., 2023), prebióticos
1865 (Zhen et al., 2023), simbióticos (Ribeiro et al., 2023; Silva et al., 2024), ácidos orgânicos
1866 (Nguyen e Kim, 2020; Stamilla et al., 2020), óleos essenciais (Adaszynska-Skwirzynska
1867 et al., 2021), entre outros, podem modular benéficamente o sistema imune e a microbiota
1868 residente das aves, melhorando o desempenho animal. Entretanto, alguns produtos são
1869 inacessíveis para produtores de subsistência e de pequeno e médio porte, com isso vale a

1894 semiárido do Brasil. As sementes de gergelim prensadas não receberam torra ou
1895 aquecimento prévio, originando assim o óleo de gergelim.

1896 Para a utilização do óleo de gergelim nas dietas foram considerados os valores de
1897 energia bruta do óleo (EB: 9946 kcal/kg) determinado pela bomba calorimétrica (Modelo
1898 IKA C200) e de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio do
1899 óleo de gergelim (EMAn: 7907 kcal/kg) para frangos de corte determinado pelo método
1900 de coleta total de excreta. A composição de ácidos graxos do óleo de gergelim (Tabela 1)
1901 foi realizada através da cromatografia gasosa de ésteres metílicos de ácidos graxos
1902 (Shimadzu, modelo GC 2010 AF). A energia bruta foi determinada no Laboratório de
1903 Combustíveis da Universidade de Pernambuco (UPE), já a análise de ácidos graxos foi
1904 determinada no Laboratório de Engenharia de Separações da Universidade de São Paulo
1905 (USP).

1906 Tabela 1. Composição de ácidos graxos e química do óleo de gergelim e do óleo de soja
1907 refinado, utilizados na formulação da dieta experimental expressos no estado em que se
1908 encontra, em comparação ao óleo de gergelim comercial e ao óleo de soja degomado.

Ácidos Graxos (g/kg)	Óleo de Gergelim †	Óleo de Gergelim Comercial [‡]	Óleo de Soja Refinado *	Óleo de Soja Degomado **
Palmítico (C16:0)	98,1	79,0	115,0	99,5
Estearico (C18:0)	47,0	45,0	42,0	39,2
Oleico (C18:1, cis)	371,6	344,0	231,0	271,1
Linoleico (C18:2, cis)	475,3	479,0	534,5	529,8
Linolênico (C18:3)	2,9	2,0	75,0	60,3
Araquidônico (C20:0)	3,6	3,0	3,5	-
Eicosanóico (C20:1)	1,6	-	3,0	-
Índice de iodo (I ₂ g/100g óleo)	115,2	104,00	130,5	-
Acidez (%)	1,39	1,00	0,30	0,76

1909 † Óleo de gergelim utilizado no presente estudo. ‡ Composição do óleo de gergelim comercial vide
1910 especificações do fabricante (QualiCoco). * Composição do óleo de soja refinado segundo AOCS (2013). **
1911 Composição do óleo de soja degomado segundo Rade (2014).

1912 *Alojamento das aves*

1913 Neste estudo, foram utilizados 300 frangos machos da linhagem Ross 308, com 1
1914 dia de idade e peso médio de 42 g ± 2g, alojados em galpão de alvenaria, dividido em

1915 compartimentos de PVC em formato de box com dimensões de 2 x 1 m, revestidos com
1916 cama de maravalha e equipados com comedouro tubular e bebedouro nipple.

1917 A temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por termohigrometro
1918 (Highmed, modelo HM-01) durante todo período experimental, obtendo as seguintes
1919 médias $26,58 \pm 1,30$; $29,99 \pm 1,60$ e $22,74 \pm 0,96$ °C para temperatura média, máxima e
1920 mínima, respectivamente, e $73,82 \pm 8,25$; $89,79 \pm 2,97$ e $61,50 \pm 8,18\%$ para umidade
1921 relativa do ar ambiente, máxima e mínima, respectivamente. Devido à utilização de
1922 lâmpadas incandescentes no sistema de aquecimento, foi implementada uma iluminação
1923 contínua de 24 horas nos sete primeiros dias. A partir do oitavo dia de alojamento, ocorreu
1924 uma redução gradual de trinta minutos na duração diária da luz, alcançando
1925 eventualmente 20 horas de iluminação e 4 horas de escuro.

1926 ***Delineamento experimental e rações experimentais***

1927 O experimento consistiu no ensaio de desempenho, onde as aves foram distribuídas
1928 em delineamento inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos com 5 repetições
1929 e 12 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de duas dietas referência,
1930 sendo a primeira à base de milho e farelo de soja sem adição de aditivos promotores de
1931 crescimento (CSA), e a segunda idem a dieta controle porém com adição do promotor de
1932 crescimento bacitracina de zinco na concentração de 0,50 g/kg (Bac Zn); as demais dietas
1933 testes idem a dieta controle com níveis crescentes do óleo de gergelim nos níveis de 3,3;
1934 6,6 e 9,9 g/kg (Tabela 2, 3, 4 e 5).

1935 A formulação das rações seguiu as diretrizes nutricionais de Rostagno et al. (2017)
1936 para frangos de corte machos com desempenho médio-superior. As rações e a água foram
1937 disponibilizadas *ad libitum*.

1938 ***Desempenho***

1939 O programa alimentar foi dividido em quatro fases: pré inicial (1-7 dias), inicial (8-
 1940 21 dias), crescimento (22-35 dias) e final (36-42 dias). Em cada fase, foram registrados
 1941 os dados produtivos, incluindo o peso da unidade experimental e o consumo de ração
 1942 (CR), com o objetivo de calcular o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA).
 1943 Tabela 2. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase
 1944 pré-inicial (1 a 7 dias).

Ingredientes	Níveis dos Ingredientes (g kg ⁻¹)				
	1 a 7 dias				
	CSA	Bac Zn	3,3	6,6	9,9
Milho 78,6	449,88	450,91	450,20	449,49	448,77
Soja, Farelo 450	456,33	456,15	456,27	456,40	456,53
Fosfato Bicálcico	19,89	19,89	19,89	19,89	19,89
Óleo de Gergelim	0,00	0,00	3,30	6,60	9,90
Bacitracina de Zinco	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Óleo de Soja	49,11	48,76	46,05	43,34	40,63
Sal	5,37	5,37	5,37	5,37	5,37
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Calcário calcítico	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50
L-Lisina 78,8%	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Treonina 98,5%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g kg ⁻¹)					
EMAn (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína Bruta	235,50	235,50	235,50	235,50	235,50
Extrato Etéreo	74,96	74,65	71,92	69,20	66,47
Fibra Bruta	30,04	30,05	30,04	30,03	30,02
Cálcio	10,10	10,10	10,10	10,10	10,10
Fósforo Disponível	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82
Sódio	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27
Aminoácidos Digestíveis (g kg ⁻¹)					
Lisina	13,60	13,60	13,60	13,60	13,60
Metionina + Cistina	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89
Treonina	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
Valina	10,29	10,29	10,29	10,29	10,29
Isoleucina	9,71	9,70	9,71	9,71	9,71
Leucina	18,38	18,38	18,38	18,38	18,38
Histidina	5,86	5,86	5,86	5,86	5,86
Composição Analisada (g kg ⁻¹)					
Matéria Seca	888,58	884,19	876,60	876,19	886,75
Proteína Bruta	238,83	228,46	233,73	223,50	230,52
Energia Bruta (kcal/kg)	4729	5323	4662	4693	4641

1945 ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg;
 1946 Cobre (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco
 1947 (mínimo) 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina
 1948 (mínimo) 13,90 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 5.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00
 1949 UI/g; Vitamina B1 (mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo)

1950 1.400,00 mg/kg; Vitamina B5 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina
 1951 E (mínimo) 4.250,00 UI/g; Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT
 1952 (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol (mínimo) 7.500,00 mg/kg;
 1953 ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

1954 Tabela 3. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase
 1955 inicial (8 a 21 dias).

Ingredientes	Níveis dos Ingredientes (g kg ⁻¹)				
	8 a 21 dias				
	CSA	Bac Zn	3,3	6,6	9,9
Milho 78,6	492,92	493,95	493,24	492,52	491,81
Soja, Farelo 450	408,42	408,34	408,37	408,49	408,62
Fosfato Bicálcico	17,54	17,54	17,54	17,54	17,55
Óleo de Gergelim	0,00	0,00	3,30	6,60	9,90
Bacitracina de Zinco	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Óleo de Soja	55,62	55,28	52,56	49,85	47,14
Sal	5,24	5,24	5,24	5,24	5,24
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
Calcário calcítico	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
L-Lisina 78,8%	2,23	2,23	2,23	2,23	2,22
Treonina 98,5%	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g kg ⁻¹)					
EMAn (kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína Bruta	219,30	219,30	219,30	219,30	219,30
Extrato Etéreo	82,15	81,84	79,12	76,39	73,66
Fibra Bruta	28,45	28,45	28,45	28,44	28,44
Cálcio	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07
Fósforo Disponível	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32
Sódio	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
Aminoácidos Digestíveis (g kg ⁻¹)					
Lisina	13,06	13,06	13,06	13,06	13,06
Metionina + Cistina	9,66	9,66	9,66	9,66	9,66
Treonina	8,62	8,62	8,62	8,62	8,62
Valina	9,49	9,49	9,49	9,49	9,49
Isoleucina	8,90	8,90	8,90	8,90	8,90
Leucina	17,27	17,28	17,27	17,27	17,27
Histidina	5,45	5,45	5,45	5,45	5,45
Composição Analisada (g kg ⁻¹)					
Matéria Seca	893,72	885,84	889,92	890,36	895,78
Proteína Bruta	217,33	217,42	223,28	226,05	225,46
Energia Bruta (kcal/kg)	4664	4727	4845	4845	4754

1956 ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg;
 1957 Cobre (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco
 1958 (mínimo) 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina
 1959 (mínimo) 13,90 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 5.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00
 1960 UI/g; Vitamina B1 (mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo)
 1961 1.400,00 mg/kg; Vitamina B5 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina
 1962 E (mínimo) 4.250,00 UI/g; Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT
 1963 (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol (mínimo) 7.500,00 mg/kg;

1964 ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

1965 Tabela 4. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase de
1966 crescimento (22 a 35 dias).

Ingredientes	Níveis dos Ingredientes (g kg ⁻¹)				
	22 a 35 dias				
	CSA	Bac Zn	3,3	6,6	9,9
Milho 78,6	539,89	540,92	540,21	539,49	538,78
Soja, Farelo 450	365,49	365,30	365,43	365,56	365,69
Fosfato Bicálcico	15,24	15,24	15,24	15,24	15,24
Óleo de Gergelim	0,00	0,00	3,30	6,60	9,90
Bacitracina de Zinco	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Óleo de Soja	54,28	53,93	51,22	48,50	45,79
Sal	4,99	4,99	4,99	4,99	4,99
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	3,51	3,51	3,51	3,51	3,52
Calcário calcítico	8,31	8,31	8,31	8,31	8,31
L-Lisina 78,8%	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Treonina 98,5%	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g kg⁻¹)					
EMAn (kcal/kg)	3150	3150	3150	3150	3150
Proteína Bruta	204,50	204,50	204,50	204,50	204,50
Extrato Etéreo	81,77	81,45	78,73	76,00	73,28
Fibra Bruta	27,17	27,17	27,17	27,16	27,16
Cálcio	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22
Fósforo Disponível	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Sódio	2,11	2,11	2,11	2,11	2,11
Aminoácidos Digestíveis (g kg⁻¹)					
Lisina	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Metionina + Cistina	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Treonina	8,15	8,15	8,15	8,15	8,15
Valina	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80
Isoleucina	8,20	8,20	8,20	8,20	8,21
Leucina	16,36	16,36	16,36	16,35	16,35
Histidina	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
Composição Analisada (g kg⁻¹)					
Matéria Seca	908,23	905,93	907,59	907,74	904,48
Proteína Bruta	202,69	207,61	202,56	201,51	201,15
Energia Bruta (kcal/kg)	4593	4653	4646	4690	4772

1967 ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg;
1968 Cobre (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco
1969 (mínimo) 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina
1970 (mínimo) 13,90 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 5.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00
1971 UI/g; Vitamina B1 (mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo)
1972 1.400,00 mg/kg; Vitamina B5 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina
1973 E (mínimo) 4.250,00 UI/g; Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT
1974 (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol (mínimo) 7.500,00 mg/kg;

1975 ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

1976 Tabela 5. Composição química e valores nutricionais das dietas experimentais na fase final (36
1977 a 42 dias).

Ingredientes	Níveis dos Ingredientes (g kg ⁻¹)				
	36 a 42 dias				
	CSA	Bac Zn	3,3	6,6	9,9
Milho 78,6	590,63	591,64	590,94	590,24	589,54
Soja, Farelo 450	316,32	316,16	316,27	316,38	316,49
Fosfato Bicálcico	11,53	11,53	11,53	11,53	11,53
Óleo de Gergelim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bacitracina de Zinco	0,00	0,50	3,30	6,60	9,90
Óleo de Soja	59,59	59,25	56,53	53,81	51,10
Sal	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75
Premix ¹	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
DL-Metionina 99%	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
Calcário calcítico	6,87	6,87	6,87	6,87	6,86
L-Lisina 78,8%	2,52	2,51	2,52	2,52	2,52
Treonina 98,5%	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
BHT ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Composição Nutricional (g kg ⁻¹)					
EMAn (kcal/kg)	3250	3250	3250	3250	3250
Proteína Bruta	186,00	186,00	186,00	186,00	186,00
Extrato Etéreo	88,03	87,73	85,00	82,26	79,53
Fibra Bruta	25,65	25,66	25,65	25,64	25,64
Cálcio	6,61	6,61	6,61	6,61	6,61
Fósforo Disponível	3,09	3,09	3,09	3,09	9,09
Sódio	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
Aminoácidos Digestíveis (g kg ⁻¹)					
Lisina	11,13	11,13	11,13	11,13	11,13
Metionina + Cistina	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90
Treonina	7,04	7,04	7,04	7,04	7,04
Valina	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Isoleucina	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
Leucina	15,28	15,28	15,28	15,28	15,28
Histidina	4,68	4,68	4,68	4,68	4,68
Composição Analisada (g kg ⁻¹)					
Matéria Seca	902,67	903,20	903,00	901,05	904,88
Proteína Bruta	183,57	183,01	189,37	188,16	181,05
Energia Bruta (kcal/kg)	3908	3842	3935	3971	3907

1978 ¹ Níveis de garantia por quilo do produto: Iodo (mínimo) 265,00 mg/kg; Selênio (mínimo) 80,00 mg/kg; Cobre
1979 (mínimo) 3.000,00 mg/kg; Ferro (mínimo) 9.550,00 mg/kg; Manganês (mínimo) 13,50 g/kg; Zinco (mínimo)
1980 12,50 g/kg; Ácido Fólico (mínimo) 250,00 mg/kg; Niacina (mínimo) 7.800,00 mg/kg; Biotina (mínimo) 13,90
1981 mg/kg; Ácido Pantotênico (mínimo) 5.180,00 mg/kg; Vitamina A (mínimo) 2.400.000,00 UI/g; Vitamina B1
1982 (mínimo) 550,00 mg/kg; Vitamina B12 (mínimo) 3,75 mg/kg; Vitamina B2 (mínimo) 1.400,00 mg/kg; Vitamina
1983 B5 (mínimo) 615,00 mg/kg; Vitamina D3 (mínimo) 590.000,00 UI/g; Vitamina E (mínimo) 4.250,00 UI/g;
1984 Vitamina K (mínimo) 875,00 mg/kg; Colina (mínimo) 69,50 g/kg; BHT (mínimo) 100,00 mg/kg; Halquinol
1985 (mínimo) 7.500,00 mg/kg;

1986 ² Antioxidante, Butil-Hidroxitolueno.

1987 *Metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das rações*

1988 Para determinar a metabolizabilidade das rações experimentais foi realizada adotando o
1989 método de coleta de excreta parcial, com a cinza ácida insolúvel (CELITE®) a 1% na dieta. As
1990 aves passaram por dois dias de adaptação à dieta com a adição do indicador, seguido de dois
1991 dias de coleta de excretas dentro das fases pré inicial (nos dias 5 e 6), inicial (nos dias 18 e 19),
1992 crescimento (nos dias 32 e 33) e terminação (nos dias 39 e 40). As excretas foram
1993 acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a -20 °C.
1994 Posteriormente, as excretas foram descongeladas, homogeneizadas, pré secas em estufa de
1995 circulação forçada a 55 °C durante 72 horas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal
1996 da UFRPE.

1997 Foram realizadas análises bromatológicas de matéria seca (MS), proteína bruta (PB)
1998 das rações e das excretas segundo a AOAC (2023), e a energia bruta (EB) das rações e excreta
1999 foram determinadas através da bomba calorimétrica (Modelo IKA C200), para assim
2000 determinar os coeficientes de metabolizabilidade aparente de matéria seca (CMAMS), proteína
2001 bruta (CMAPB) e de energia bruta (CMAEB), bem como a energia metabolizável aparente
2002 (EMA) e a corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), seguindo as formulas propostas por
2003 Matterson et al. (1965).

2004 *Coleta de sangue, hematologia e bioquímica sérica*

2005 Ao final do período experimental (42 dias) foram coletados 4 ml sangue de 3 aves por
2006 tratamento para realizar as análises hematológicas destacando as variáveis sanguíneas: hemácia,
2007 hemoglobina, hematócrito, plaquetas, proteínas plasmáticas totais, leucócitos, heterofilos,
2008 linfócitos, monócitos e eosinófilos. A contagem das hemácias, leucócitos e plaquetas foram
2009 realizadas em câmara de Neubauer, após diluição com o reagente Natt-Herrick. O hematócrito
2010 foi determinado através do método microcapilar.

2011 Para verificar a bioquímica sérica das aves, foram coletadas 4 ml de sangue de 1 ave por
2012 parcela em jejum prévio de 8 horas, para aferir os níveis séricos: fosfatase alcalina (Kit Bioclin,
2013 Referência k224-2), albumina (Kit Bioclin, Referência k040-1), ácido úrico (Kit Bioclin,
2014 Referência k139-2), creatinina (Kit Bioclin, Referência k222-1), proteínas totais (Kit Bioclin,
2015 Referência k031-1), globulina (proteínas totais - albumina), gama glutamil transferase (Kit
2016 Bioclin, Referência k080-2), aspartato aminotransferase (Kit Bioclin, Referência k048-6),
2017 alanina transferase (Kit Bioclin, Referência k049-6), glicose (Kit Bioclin, Referência k082-2),
2018 colesterol total (Kit Bioclin, Referência k083-2), colesterol HDL (Kit Bioclin, Referência k015-
2019 1), colesterol VLDL (triglicerídeos/5), colesterol LDL (colesterol total – colesterol (HDL +
2020 VLDL)) e triglicerídeos (Kit Bioclin, Referência k117-2). As amostras de bioquímica sérica
2021 foram analisadas por espectrofotometria (Doles, modelo D-250).

2022 ***Rendimento de carcaça e dos órgãos***

2023 Aos 42 dias de idade 1 ave por parcela foi selecionada de acordo com o peso médio da
2024 parcela, insensibilizada por eletronarose e eutanasiada, as quais ficaram 8 horas de jejum.
2025 Foram avaliados peso e rendimento de carcaça (sem pés, cabeça e vísceras), partes (peito, coxa
2026 + sobrecoxa, dorso e asas), vísceras (coração, ventrículo (moela), proventrículo, fígado, baço,
2027 bursa de Fabricius, pâncreas, timo e comprimento de intestino) e gordura total (gordura da
2028 região abdominal mais a gordura do entorno da moela).

2029 As carcaças foram submetidas a um processo de resfriamento em câmara fria a 4 °C
2030 durante 12 horas, seguido pela pesagem em uma balança de precisão de 0,01 g. O rendimento
2031 da carcaça foi calculado em relação ao peso vivo da ave no momento do abate, enquanto o
2032 rendimento dos cortes e das vísceras foram determinados em relação ao peso da carcaça.

2033 Análise Microbiológica**2034 In vitro**

2035 Antes de iniciar o experimento de campo foi então realizado o teste *in vitro* para averiguar
2036 a atividade antimicrobiana do óleo de gergelim, para as cepas de *Salmonella enteritidis* (ATCC
2037 13076 e UFPEDA 414) e *Escherichia coli* (ATCC 25922; UFPEDA 224). Os protocolos de
2038 enriquecimento, semeio e confirmação das cepas seguiram as recomendações da ISO 6579-
2039 1:2017 para *Salmonella enteritidis* e a BAM/FDA: 2016 para a *E. coli*. Toda análise *in vitro*
2040 foi realizada no Laboratório de Coleção de Microrganismos da Universidade Federal de
2041 Pernambuco (UFPE).

2042 Para a realização do teste da atividade antimicrobiana do óleo de gergelim, foi preparada
2043 suspensões padronizadas equivalentes a escala 0,5 de McFarland de cada cepa e em seguida
2044 foram retiradas alíquotas de 100µl de cada suspensão bacteriana que foram semeadas em ágar
2045 Muller Hilton. Posteriormente foi realizado o teste da atividade antimicrobiana sendo
2046 empregada a técnica de poços na placa do meio de cultura. Foram feitos cinco poços no meio
2047 de cultura e colocado 50 µl de óleo puro (100%) e do óleo solubilizado em 1% de Tween 80
2048 nas concentrações de 50; 25; 12,5; e 6,25% de óleo nos poços. Posteriormente as placas
2049 semeadas foram incubadas a 37 °C por 24h e avaliadas quanto a concentração inibitória mínima
2050 (MIC) em relação ao óleo de gergelim. Como controle positivo foi utilizado os discos de
2051 antibiograma de ampicilina (10 µg) e ciprofloxacino (5 µg). Os resultados dos ensaios
2052 realizados foram obtidos mediante mensuração do diâmetro dos halos de inibição formados ao
2053 redor dos discos e calculados pela média aritmética dos diâmetros, expressos em mm (Pelissari
2054 et al., 2010).

2055 In Vivo

2056 O teste *in vivo* consistiu na coleta do conteúdo cecal em diferentes fases de vida da ave
2057 (1°, 21° e 41° dia de idade), para investigar e quantificar a presença das cepas bacterianas,

2058 *Salmonella enteritidis* e *Escherichia coli*. As amostras de conteúdo cecal foram encaminhadas
2059 ao Laboratório de Coleção de Microrganismos da UFPE.

2060 Inicialmente foi realizada a coleta do conteúdo cecal de 5 frangos de corte em jejum com
2061 1 dia de idade, para assim compor um pool representando o lote das aves alojadas.
2062 Posteriormente foi coletado o conteúdo cecal de 1 ave por parcela no 21º e 41º dia de idade. Em
2063 todas as coletas de conteúdo cecal foi pesado 3g do conteúdo em balança de precisão, utilizando
2064 utensílios estéreis para manuseio do material. O conteúdo cecal foi armazenado em tubos falcon
2065 contendo o caldo triptona soja (TSB) + 10% de glicerol e congelados a -20 °C.

2066 Para a pesquisa e contagem das bactérias do conteúdo cecal foram utilizados caldos e
2067 meios ágar específicos para cada cepa microbiana, sendo o caldo Rappaport e tetracionato, meio
2068 ágar xilose lisina desoxicolato (XLD) e ágar verde brilhante (AVB) para a *Salmonella*
2069 *enteritidis* (ISO 6579-1:2017), e meio ágar EMB para a *E. coli* (BAM/FDA: 2016).

2070 O conteúdo cecal foi descongelado e diluído de forma seriada em solução salina até a
2071 concentração de 10^{-9} para tornar possível a identificação e contagem das bactérias (Unidade
2072 Formadora de Colônia, UFC), em seguida foram seguidos a metodologia dos protocolos
2073 supracitados. As placas semeadas passaram por um período de incubação de 24h a 37 °C,
2074 seguida de leitura para averiguação de crescimento de colônias características segundo as
2075 bactérias investigadas e contagem das UFC.

2076 ***Análise estatística***

2077 Os dados foram analisados utilizando o software Statistical Analysis System (SAS)
2078 versão 9.4. Inicialmente, a normalidade dos resíduos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e
2079 a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Como os dados de *E. coli* apresentaram
2080 heterogeneidade de variâncias, foi aplicada uma transformação logarítmica para estabilizar as
2081 variâncias e aproximar a distribuição dos resíduos à normalidade.

2082 Para comparar os efeitos dos tratamentos, foi realizada uma Análise de Variância
2083 (ANOVA) univariada, conforme o modelo matemático pelo procedimento PROC GLM do
2084 SAS, seguida do teste de Dunnett para comparações múltiplas. Como o experimento contou
2085 com cinco tratamentos, sendo dois deles controles (controle referência sendo a dieta sem adição
2086 de aditivos promotores de crescimento e o controle com a adição da bacitracina de zinco), o
2087 teste de Dunnett foi aplicado considerando os dois controles como grupo base para comparação
2088 com os demais tratamentos. Cada tratamento foi testado com cinco repetições, e os resultados
2089 foram expressos como média \pm desvio padrão. O nível de significância adotado foi de 5%.

$$2090 \quad Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

2091 Onde:

2092 Y_{ij} = Valor observado para o tratamento i na repetição j .

2093 μ = Média geral;

2094 T_i = Efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 5$).

2095 ϵ_{ij} = Erro aleatório, assumido como $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

2096 **RESULTADOS**

2097 ***Desempenho***

2098 Na fase de 1-7 dias (Tabela 6), os frangos alimentados com a dieta óleo 3,3 g/kg
2099 apresentaram pior valor para a CA ($P = 0,0342$) quando comparados a dieta CSA; porém as
2100 demais dietas com óleo foram semelhantes à ambas as dietas controles. Já na fase de 1-21 dias
2101 (Tabela 6) houve diferença para o peso vivo (PV) ($P = 0,0200$), GP ($P = 0,0200$) e CA ($0,0057$),
2102 ou seja, os frangos alimentados com óleo de gergelim nas concentrações de 3,3; 6,6 e 9,9 g/kg
2103 apresentaram menor PV e GP em relação as dietas controle Bac Zn, não diferindo da dieta sem
2104 Bac Zn. Já na CA nesta mesma idade os frangos obtiveram pior valor quando alimentados com
2105 a dieta óleo 3,3 g/kg, que diferiu das duas dietas controles. Porém, nas fases acumulativas de 1-

2106 35 dias e de 1-42 dias as dietas com os níveis de óleo não diferiram das dietas sem e com Bac
2107 Zn.

2108 Tabela 6. Valores médios de peso vivo (PV), ganho de peso vivo (GP), consumo de ração (CR)
2109 e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo óleo de
2110 gergelim, em todas as fases de criação.

Dietas	PV (g/ave)	GP (g/ave)	CR (g/ave)	CA (kg:kg)
	1 – 7 dias			
CSA	181,8 ± 1,3	138,0 ± 1,3	140,9 ± 0,9	1,021 ± 0,005
Bac Zn	178,7 ± 1,4	135,0 ± 1,4	141,7 ± 2,5	1,050 ± 0,017
Óleo 3,3	173,9 ± 2,7	130,2 ± 2,7	139,6 ± 2,5	1,073 ± 0,006 ⁺
Óleo 6,6	179,5 ± 1,8	135,7 ± 1,8	139,0 ± 3,0	1,024 ± 0,013
Óleo 9,9	178,6 ± 1,3	134,9 ± 1,3	142,1 ± 1,4	1,054 ± 0,015
Média	178,5	134,75	140,7	1,0443
EPM	3,9837	3,9837	4,9851	0,0273
<i>p-value</i>	0,0697	0,0697	0,8339	0,0342
1 – 21 dias				
CSA	1177 ± 9	1134 ± 9	1304 ± 12	1,150±0,005
Bac Zn	1210 ± 7	1166 ± 7	1337 ± 14	1,147±0,007
Óleo 3,3	1155 ± 8*	1112 ± 8*	1310 ± 10	1,178±0,004 ⁺ *
Óleo 6,6	1162 ± 18*	1118 ± 18*	1268 ± 28	1,134±0,011
Óleo 9,9	1171 ± 8*	1128 ± 8*	1295 ± 15	1,148±0,007
Média	1175	1131	1303	1,1515
EPM	24,3731	24,3731	38,5142	0,0164
<i>p-value</i>	0,0200	0,0200	0,1161	0,0057
1 – 35 dias				
CSA	2846 ± 24	2802 ± 24	3829 ± 37	1,367 ± 0,011
Bac Zn	2887 ± 37	2843 ± 37	3923 ± 84	1,380 ± 0,017
Óleo 3,3	2905 ± 81	2861 ± 81	3903 ± 86	1,365 ± 0,010
Óleo 6,6	2856 ± 35	2812 ± 35	3815 ± 64	1,357 ± 0,010
Óleo 9,9	2873 ± 38	2829 ± 38	3854 ± 69	1,362 ± 0,009
Média	2873	2829	3865	1,3660
EPM	105,3839	105,3839	157,4160	0,0265
<i>p-value</i>	0,9049	0,9049	0,7787	0,7275
1 – 42 dias				
CSA	3654 ± 55	3610 ± 55	5266 ± 67	1,459 ± 0,014
Bac Zn	3719 ± 63	3675 ± 63	5407 ± 122	1,471 ± 0,018
Óleo 3,3	3678 ± 76	3634 ± 76	5337 ± 92	1,469 ± 0,008
Óleo 6,6	3713 ± 33	3669 ± 33	5357 ± 80	1,460 ± 0,014
Óleo 9,9	3756 ± 64	3712 ± 64	5391 ± 113	1,452 ± 0,010
Média	3704	3660	5352	1,4622
EPM	133,7855	133,7855	217,1051	0,0303
<i>p-value</i>	0,7857	0,7857	0,8562	0,8554

2111 EPM: Erro Padrão da Média. CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle
2112 com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas controles (CSA e Bac Zn) diferirem entre si: ⁺Difere
2113 da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: ⁺Difere da dieta
2114 CSA. ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ^{**}Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.

2115 *Metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das rações*

2116 As dietas com níveis crescentes de óleo diferiram das rações sem e com Bac Zn para as
 2117 variáveis de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia das rações em todas as fases
 2118 avaliadas (Tabela 7).

2119 Tabela 7. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade aparente (CMAMS, CMAEB,
 2120 CMAPB), EMA e a EMAn dos frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.

Dietas	1 – 7 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
CSA	61,91± 0,74 ⁺	68,31± 0,99	64,55± 1,66 ⁺	2986± 17	2388± 26
Bac Zn	57,11± 0,66 [*]	68,55± 0,61	55,14± 0,60 [*]	3048± 12	2422± 32
Óleo 3,3	56,14± 0,34 ⁺	62,07± 0,51 ^{+*}	52,63± 1,27 ⁺	3088± 29 ⁺	2469± 42
Óleo 6,6	58,92± 1,05 ⁺	65,54± 0,92 ^{+*}	59,69± 1,57	3044± 34	2443± 39
Óleo 9,9	61,30± 0,59 [*]	67,61± 0,65	56,92± 1,68 ⁺	3009± 21	2406± 28
Média	59,0761	66,4167	57,7854	3035	2426
EPM	1,5985	1,6985	3,1661	53,6810	75,9385
<i>p-value</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0635	0,4932
Dietas	8 – 21 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
CSA	69,93± 0,86 ⁺	74,08± 0,86	71,22± 1,21 ⁺	3231± 47	2711± 60
Bac Zn	64,78± 1,15 [*]	71,02± 1,24	64,39± 1,48 [*]	3357± 59	2809± 84
Óleo 3,3	64,65± 0,88 ⁺	70,82± 0,81	66,21± 0,76 ⁺	2894± 24 ^{+*}	2429± 42 ^{+*}
Óleo 6,6	66,22± 1,27 ⁺	72,24± 0,96	68,28± 1,19	3076± 43 [*]	2581± 54 ^{+*}
Óleo 9,9	62,12± 0,56 ⁺	68,14± 0,67 ⁺	63,44± 0,56 ⁺	3138± 30 [*]	2626± 34
Média	65,5415	71,2588	66,7073	3139	2631
EPM	2,1798	2,0729	2,4430	94,8782	128,8740
<i>p-value</i>	0,0003	0,0038	0,0004	<0,0001	0,0022
Dietas	22 – 35 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
CSA	79,78± 0,43 ⁺	82,85± 0,36 ⁺	80,45± 0,42 ⁺	3455± 40	2884± 45
Bac Zn	71,16± 0,96 [*]	75,44± 1,04 [*]	70,42± 0,68 [*]	3510± 48	2925± 56
Óleo 3,3	72,37± 0,59 ⁺	76,25± 0,59 ⁺	72,50± 1,22 ⁺	3431± 39	2889± 61
Óleo 6,6	77,07± 0,50 ^{+*}	80,87± 0,60 [*]	78,17± 0,37 [*]	3500± 46	2944± 64
Óleo 9,9	68,39± 0,86 ^{+*}	74,10± 0,74 ⁺	67,28± 1,87 ⁺	3239± 32 ^{+*}	2721± 55
Média	73,7555	77,9019	73,7613	3427	2873
EPM	1,5649	1,5705	2,3981	92,9228	126,0557
<i>p-value</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0011	0,0781
Dietas	36 – 42 dias				
	CMAMS	CMAEB	CMAPB	EMA	EMAn
CSA	77,02± 0,27 ⁺	76,41± 0,44 ⁺	71,35± 0,71	3806± 17 ⁺	3150± 37
Bac Zn	79,25± 0,31 [*]	79,33± 0,31 [*]	71,31± 1,38	3649± 32 [*]	3136± 36
Óleo 3,3	78,33± 0,69	78,48± 0,73	71,53± 1,37	3543± 27 ⁺	2950± 46 ^{+*}
Óleo 6,6	76,99± 0,79 [*]	76,66± 0,86 [*]	72,90± 1,38	3793± 28 [*]	3160± 25
Óleo 9,9	77,46± 0,54	77,01± 0,54 [*]	71,93± 1,20	3536± 35 ^{+*}	2966± 44 ^{+*}
Média	77,8119	77,5787	71,8031	3665	3073
EPM	1,2532	1,3634	2,7552	64,0765	86,1796
<i>p-value</i>	0,0433	0,0113	0,8827	<0,0001	0,0008

2121 EPM: Erro Padrão da Média. CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle
2122 com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas controles (CSA e Bac Zn) diferirem entre si: ⁺Difere
2123 da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: ⁺Difere da dieta
2124 CSA. ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ⁺^{*}Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.

2125 Na fase de 1-7 dias houve diferença para os CMAMS ($P < 0,0001$), onde às dietas CSA e
2126 Bac Zn diferiram entre si havendo maior aproveitamento dos nutrientes da dieta controle sem
2127 Bac Zn. Estas dietas também foram superiores as dietas contendo óleo nas concentrações de 3,3
2128 e 6,6 g/kg, enquanto às com o óleo na concentração de 9,9 g/kg houve maior aproveitamento
2129 de nutrientes quando comparada a dieta controle com Bac Zn, não diferindo da dieta CSA.
2130 Também houve diferença no CMAEB ($P < 0,0001$) para esta fase que obteve menor
2131 aproveitamento de energia para a dieta óleo 3,3 e 6,6 g/kg, onde ambas diferiram das dietas
2132 controle, não ocorrendo o mesmo com os frangos alimentados com a dieta contendo óleo na
2133 concentração de 9,9 g/kg, ou seja, aproveitou a energia da dieta tão bem quando os alimentados
2134 com as dietas sem e com Bac Zn. Quanto a EMA a dieta contendo 3,3 g/kg de óleo foi
2135 significativamente maior que a dieta CSA ($P = 0,0241$, considerando o Teste de Dunnett).

2136 O CMAPB apresentou diferença estatística ($P < 0,0001$) entre às dietas sem e com Bac Zn,
2137 onde a dieta com Bac Zn obteve menor aproveitamento de proteína, como também ocorreu com
2138 a dieta contendo óleo na concentração de 3,3 g/kg. A dieta sem Bac Zn também foi superior a
2139 dieta com 9,9 g/kg de óleo, porém não diferiu da dieta controle com Bac Zn, enquanto a dieta
2140 6,6 g/kg não diferiu de ambas as dietas sem e com Bac Zn.

2141 Na fase de 8 a 21 dias, o comportamento estatístico das variáveis CMAMS ($P = 0,0003$)
2142 e CMAPB ($P = 0,0004$) foi semelhante ao observado na fase de 1 a 7 dias, com diferenças entre
2143 as dietas CSA e Bac Zn. No entanto, para os demais coeficientes, as dietas CSA e Bac Zn não
2144 apresentaram diferenças entre si. Em relação ao CMAMS, todas as dietas contendo óleo de
2145 gergelim diferiram apenas da dieta CSA, demonstrando menor aproveitamento de nutrientes.
2146 Para o CMAEB, apenas a dieta com 9,9 g/kg de óleo de gergelim apresentou redução
2147 significativa na eficiência de aproveitamento da energia bruta em comparação à dieta CSA.

2148 No CMAPB ($P= 0,0004$), as dietas com 3,3 e 9,9 g/kg de óleo de gergelim também
2149 diferiram da dieta CSA, apresentando menor aproveitamento de proteína, enquanto a dieta com
2150 6,6 g/kg foi estatisticamente semelhante às dietas CSA e Bac Zn. Além disso, EMA ($P < 0,0001$)
2151 e EMAn ($P = 0,0022$) apresentaram diferenças significativas nesta fase. O aproveitamento
2152 energético foi menor em EMA para todas as dietas contendo óleo de gergelim, sendo que a
2153 dieta com 3,3 g/kg diferiu das duas dietas controle por apresentar o menor valor, enquanto as
2154 demais dietas contendo óleo diferiram apenas da dieta com bacitracina de zinco, também
2155 apresentando menor eficiência energética. O mesmo padrão foi observado para a EMAn nas
2156 dietas com 3,3 e 6,6 g/kg de óleo. Para essa variável, as dietas CSA e Bac Zn foram semelhantes
2157 entre si, enquanto a dieta com 9,9 g/kg de óleo de gergelim na EMAn apresentou resultados
2158 estatisticamente semelhante aos das dietas CSA e Bac Zn.

2159 Na fase de 22 a 35 dias, observaram-se diferenças estatísticas para CMAMS ($P < 0,0001$),
2160 CMAEB ($P < 0,0001$), CMAPB ($P < 0,0001$) e EMA ($P = 0,0011$). As dietas CSA e Bac Zn
2161 diferiram entre si nas variáveis CMAMS, CMAEB e CMAPB, com a dieta CSA apresentando
2162 maior aproveitamento de energia e nutrientes. A dieta contendo 3,3 g/kg de óleo de gergelim
2163 diferiu apenas da dieta controle, demonstrando menor valor, mas foi estatisticamente
2164 semelhante à dieta com bacitracina de zinco.

2165 A dieta com 6,6 g/kg de óleo diferiu das dietas controle com e sem bacitracina de zinco
2166 na variável CMAMS, apresentando um valor inferior ao da dieta CSA, porém superior ao da
2167 dieta Bac Zn. Além disso, essa mesma dieta diferiu da dieta com bacitracina de zinco para
2168 CMAEB e CMAPB, pois apresentou maior aproveitamento energético e proteico. Já a dieta
2169 contendo 9,9 g/kg de óleo de gergelim obteve menor aproveitamento de nutrientes e EMA em
2170 comparação às dietas controle. Para CMAEB e CMAPB, essa dieta também diferiu da dieta
2171 controle, registrando menor eficiência na utilização de energia e proteína.

2172 Na fase de 36-42 dias houve diferença estatística para os CMAMS (P= 0,0433), CMAEB
2173 (P=0,0113), EMA (P<0,0001) e EMAn (P= 0,0008). Nesta fase, as dietas sem e com Bac Zn
2174 diferiram entre si nos CMAMS, CMAEB e EMA, onde a dieta sem Bac Zn apresentou menor
2175 aproveitamento de nutrientes e energia bruta comparada a dieta com Bac Zn, enquanto para a
2176 EMA obteve maior aproveitamento, não diferindo ao avaliar a EMAn. Ao verificar os níveis de
2177 óleo a dieta com 6,6 g/kg de óleo de gergelim diferiu da dieta com Bac Zn para o CMAMS e
2178 CMAEB, por apresentar menor aproveitamento da matéria seca e energia. Entretanto, este nível
2179 de óleo (6,6 g/kg) proporcionou um melhor valor de EMA em relação a dieta com Bac Zn, não
2180 diferindo da dieta sem Bac Zn, tanto ao avaliar a EMA e também a EMAn. O nível de 9,9 g/kg
2181 apenas diferiu em relação ao CMAEB, também ocasionou valor menor de aproveitamento
2182 energético em relação a ambas as dietas sem e com Bac Zn. Entretanto, as dietas com o nível
2183 de óleo de 3,3 g/kg ocasionaram as aves menores valores de EMA e EMAn em relação as dietas
2184 sem e com Bac Zn.

2185 ***Coleta de sangue, hematologia e bioquímica sérica***

2186 Houve diferença estatística para a globulina (P= 0,0285) (Tabela 8, Figura 1), onde as
2187 dietas CSA e Bac Zn diferiram entre si apresentando maior valor para a dieta CSA. O nível
2188 sérico dos frangos alimentados com a dieta contendo 6,6 g/kg de óleo de gergelim apresentou
2189 menor valor para a globulina, obtendo valor semelhante as aves alimentadas com Bac Zn, onde
2190 ambas diferiram da dieta CSA. As demais variáveis de bioquímica sérica não apresentaram
2191 diferença estatística. Não houve diferença estatística também para as variáveis de hematologia
2192 (Tabela 9).

2193 ***Rendimento de carcaça e órgãos***

2194 Não houve diferença estatística para as variáveis de rendimento de órgãos (Tabela 10) e
2195 carcaça (Tabela 11).

2196 Tabela 8. Valores médios de bioquímica sérica de frangos de corte alimentados óleo de gergelim.

Itens	CSA	Bac Zn	Óleo 3,3	Óleo 6,6	Óleo 9,9	Média	EPM	<i>p-value</i>
Ácido Úrico, mg/dL	5,693 ± 0,68	5,403 ± 0,98	5,514 ± 0,54	6,487 ± 1,30	3,965 ± 0,58	5,4125	1,9316	0,3757
Proteínas totais, g/dL	2,991 ± 0,10	2,950 ± 0,24	2,831 ± 0,43	2,660 ± 0,22	2,633 ± 0,25	2,8130	0,6020	0,8283
Creatinina, mg/dL	0,065 ± 0,01	0,102 ± 0,03	0,114 ± 0,01	0,069 ± 0,02	0,062 ± 0,01	0,0822	0,0379	0,1422
Globulina, g/dL	1,702 ± 0,16 ⁺	0,976 ± 0,20 [*]	1,174 ± 0,25	0,961 ± 0,17 ⁺	1,548 ± 0,11	1,2724	0,4097	0,0285
Albumina, g/dL	1,289 ± 0,16	1,974 ± 0,30	1,895 ± 0,38	1,698 ± 0,19	1,495 ± 0,24	1,6701	0,5946	0,3714
GGT, U/L	23,00 ± 2,52	21,57 ± 1,95	19,92 ± 2,28	22,23 ± 2,81	22,26 ± 2,74	21,7959	5,5452	0,9243
FA, U/L	2585 ± 838	2713 ± 236	2838 ± 414	3502 ± 550	3327 ± 546	2993,112	1237,16	0,7202
ALT, U/L	3,674 ± 1,27	3,399 ± 0,59	4,185 ± 0,34	3,658 ± 0,34	5,583 ± 1,36	4,0998	2,0095	0,4550
AST, U/L	462,0 ± 80,20	371,1 ± 25,00	423,8 ± 81,50	452,5 ± 109,40	383,9 ± 62,70	418,656	172,07	0,8906
Glicose, mg/dL	187,7 ± 29,2	196,9 ± 25,50	174,8 ± 19,60	160,1 ± 12,20	179,3 ± 17,60	179,752	48,4713	0,8004
Colesterol, mg/dL	99,02 ± 7,46	109,1 ± 4,70	99,96 ± 5,67	102,1 ± 5,80	93,98 ± 5,09	100,8296	13,0060	0,4881
HDL, mg/dL	70,78 ± 5,18	79,82 ± 7,40	84,17 ± 4,45	80,41 ± 5,98	55,10 ± 10,28	74,0552	15,5858	0,0532
LDL, mg/dL	31,30 ± 6,29	30,12 ± 2,99	38,85 ± 3,82	32,51 ± 7,50	20,66 ± 2,13	30,6888	11,1302	0,1838
Triglicerídeos, mg/dL	277,7 ± 8,60	266,9 ± 12,60	273,2 ± 19,60	271,1 ± 12,10	268,0 ± 11,50	271,356	29,8934	0,9793
VLDL, mg/dL	55,54 ± 1,72	53,38 ± 2,52	54,63 ± 3,91	54,21 ± 2,41	53,59 ± 2,30	54,2712	5,9787	0,9793

2197 ALT: Alanina Aminotransferase; AST: Aspartato Aminotransferase; FA: Fosfatase Alcalina; GGT: Gama Glutamil Transferase; HDL: Lipoproteína de Alta Densidade; LDL:
2198 Lipoproteína de Baixa Densidade; VLDL: Lipoproteína de Muito Baixa Densidade. EPM: Erro Padrão da Média. g: Grama; mg: Miligrama; dL: Decilitro; U: Unidade; L: Litro.
2199 CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas controles (CSA e Bac Zn)
2200 diferirem entre si: ⁺Difere da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: ⁺Difere da dieta CSA. ^{*}Difere da dieta Bac Zn.
2201 ^{**}Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.

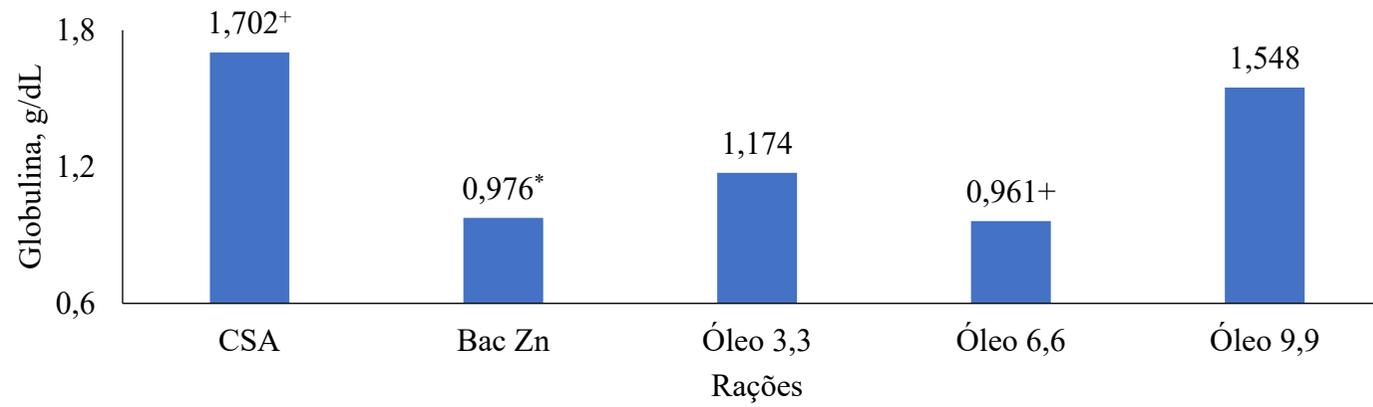


Figura 1. Níveis séricos de globulina de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de óleo de gergelim.

2203 Tabela 9. Valores médios hematológicos de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.

Itens	CSA	Bac Zn	Óleo 3,3	Óleo 6,6	Óleo 9,9	Média	EPM	<i>p-value</i>
HEMA, 10 ³ /mm ³	5,033±1,16	4,333±0,15	4,533±0,27	4,633±1,14	3,533±0,75	4,4133	1,4062	0,7598
HETC, %	33,00± 3,79	30,67± 2,3	27,00± 0,58	27,33± 1,45	29,00± 1,15	29,400	3,7594	0,3295
HEMO, g/dL	11,00± 1,25	10,30± 0,78	9,000±0,17	9,100±0,49	9,667±0,38	9,8133	1,2461	0,3115
HETE, U	3973±1E ³	3782±300	3421±422	6187±2E ³	2409±755	3954,5333	2107,04	0,3345
LEUC, 10 ³ /mm ³	18,75± 2,38	16,18± 1,53	17,23± 3,00	27,00± 6,13	14,90± 5,18	18,8133	6,9881	0,2998
LINF, U	1368± 94	1035±174	1309±240	1801±259	1137±489	1329,8667	491,4691	0,4160
EOS, U	50,08±33,71	121,4± 16,30	30,95±15,78	219,5±125,90	91,28±41,66	102,6393	107,4046	0,2929
MONO, U	60,00±29,87	65,67±28,92	41,00±10,39	68,33± 5,36	176,7±159,20	82,3333	127,7920	0,7156
PLAQ, mm ³	85,57±19,66	97,60± 0,53	100,0± 9,00	88,40±19,70	102,6± 22,80	94,8333	28,7141	0,9316
PPT, g/dL	3,167±0,17	3,367±0,45	2,800±0,12	3,200±0,35	3,300±0,10	3,1667	0,4747	0,6438
VGM, fL	68,77± 7,03	70,83± 7,80	59,87± 2,63	69,03±20,40	92,10±24,76	72,1200	26,2257	0,6563

2204 HEMA: Hemácias; HETC: Hematócrito; HEMO: Hemoglobina; HETE: Heterofilo; LEUC: Leucócito; LINF: Linfócito; EOS: Eosinófilo; MONO: Monócito; PLAQ: Plaquetas;
 2205 PPT: Proteínas Plasmáticas Totais; VGM: Volume Globular Médio. EPM: Erro Padrão da Média. dL: Decilitro; fL: Fentolitro; g: Gramas; mm: milímetro; U: Unidade. CSA:
 2206 Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas controles (CSA e Bac Zn) diferirem
 2207 entre si: [†]Difere da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: [†]Difere da dieta CSA. ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ^{**}Difere da
 2208 dieta CSA e da dieta Bac Zn.

2209 Tabela 10. Valores médios do peso relativo de órgãos e comprimento do intestino de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.

Órgãos (%)	CSA	Bac Zn	Óleo 3,3	Óleo 6,6	Óleo 9,9	Média	EPM	<i>p-value</i>
Baço	0,090 ± 0,007	0,090 ± 0,018	0,090 ± 0,012	0,101 ± 0,016	0,129 ± 0,043	0,1001	0,0508	0,6913
Bursa	0,112 ± 0,016	0,151 ± 0,019	0,130 ± 0,012	0,137 ± 0,020	0,133 ± 0,018	0,1328	0,0386	0,6200
Intestino, comprimento (cm)	190,8 ± 9,9	197,4 ± 14,6	180,0 ± 8,4	186,2 ± 9,8	193,2 ± 15,0	189,52	26,5684	0,8633
Coração	0,364 ± 0,027	0,422 ± 0,032	0,427 ± 0,028	0,424 ± 0,046	0,388 ± 0,025	0,4049	0,0730	0,5841
Fígado	1,773 ± 0,117	1,545 ± 0,075	1,626 ± 0,067	1,606 ± 0,091	1,594 ± 0,049	1,6289	0,1857	0,3973
Gordura Total	0,916 ± 0,110	1,027 ± 0,071	1,040 ± 0,042	0,970 ± 0,167	0,931 ± 0,126	0,9768	0,2504	0,9076
Ventrículo	1,168 ± 0,062	1,163 ± 0,111	1,309 ± 0,069	1,350 ± 0,126	1,184 ± 0,034	1,2348	0,1947	0,4237
Pâncreas	0,160 ± 0,017	0,189 ± 0,024	0,164 ± 0,015	0,206 ± 0,011	0,186 ± 0,020	0,1809	0,0397	0,3640
Proventrículo	0,263 ± 0,007	0,310 ± 0,016	0,304 ± 0,041	0,321 ± 0,035	0,292 ± 0,035	0,2981	0,0666	0,6978
Timo	0,194 ± 0,017	0,201 ± 0,047	0,221 ± 0,069	0,226 ± 0,056	0,220 ± 0,042	0,2126	0,1101	0,9876

2210 EPM: Erro Padrão da Média. CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas
 2211 controles (CSA e Bac Zn) diferirem entre si: [†]Difere da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: [†]Difere da dieta CSA.
 2212 ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ^{**}Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.

2213 Tabela 11. Valores médios do rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.

Itens	CSA	Bac Zn	Óleo 3,3	Óleo 6,6	Óleo 9,9	Média	EPM	<i>p-value</i>
Carcaça, (%)	78,81 ± 0,35	77,77 ± 0,41	77,24 ± 0,35	78,40 ± 0,60	78,11 ± 0,72	78,0662	1,1391	0,2750
Asa	8,93 ± 0,13	9,18 ± 0,11	8,74 ± 0,24	8,86 ± 0,21	8,92 ± 0,32	8,9252	0,4841	0,6985
Coxa	12,81 ± 0,33	13,32 ± 0,36	12,37 ± 0,38	12,22 ± 0,23	12,64 ± 0,32	12,6719	0,7309	0,1914
Sobrecoxa	14,97 ± 0,78	14,43 ± 0,61	14,42 ± 0,64	14,57 ± 0,13	14,90 ± 0,44	14,6598	1,2659	0,9294
Dorso	22,82 ± 1,03	23,05 ± 0,70	24,12 ± 0,60	22,95 ± 0,56	21,90 ± 0,40	22,9676	1,5437	0,3030
Peito	40,32 ± 1,02	39,85 ± 1,01	40,45 ± 0,47	41,16 ± 0,66	41,52 ± 0,50	40,6594	1,7256	0,5651

2214 EPM: Erro Padrão da Média. CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas
2215 controles (CSA e Bac Zn) diferirem entre si: ⁺Difere da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer diferença estatística nas dietas com o óleo: ⁺Difere da dieta CSA.
2216 ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ⁺^{*}Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.

2217 **Análise Microbiológica**

2218 Para o teste *in vitro* não observada formação do halo de inibição quando foi utilizado o
 2219 óleo de gergelim puro e diluído em meio Tween, para as cepas de *Salmonella enteritidis* e
 2220 *Escherichia coli* (Tabela 12). Não foram encontrados microrganismo das cepas investigadas no
 2221 ceco das aves com 1 dia de idade. Não foi encontrado *Salmonella enteritidis* no ceco das aves
 2222 em nenhuma das fases investigadas, contudo a *E. coli* foi encontrada no conteúdo cecal nas
 2223 fases de 21 e 42 dias (Tabela 13, Figura 2).

2224 Houve diferença estatística para a contagem de *E. coli* no conteúdo cecal dos frangos com
 2225 21 dias de idade, onde os valores para o óleo 6,6 g/kg e o óleo 9,9 g/kg foram significativamente
 2226 maiores que os valores para a dieta CSA (P= 0,0209; P= 0,0458, respectivamente) e a dieta Bac
 2227 Zn (P= 0,0206; P= 0,0452, respectivamente).

2228 Os valores para o óleo 3,3 g/kg aos 21 dias (P= 0,0337) e 42 dias (P= 0,0246) foram
 2229 significativamente menores que o valor para a dieta Bac Zn aos 42 dias de idade. O óleo 3,3
 2230 g/kg promoveu maior controle de *E. coli* aos 21 e 42 dias com menores valores médios.

2231 Aos 42 dias a contagem de *E. coli* com o uso do óleo de gergelim gerou menor valor
 2232 quando comparado aos valores aos 21 dias, onde o óleo 6,6 g/kg apresentou maior amplitude
 2233 da diferença entre as médias, sendo de 0,591. A dieta Bac Zn gerou valor de contagem superior
 2234 (P=0,0081) aos 42 dias quando comparado com o valor aos 21 dias.

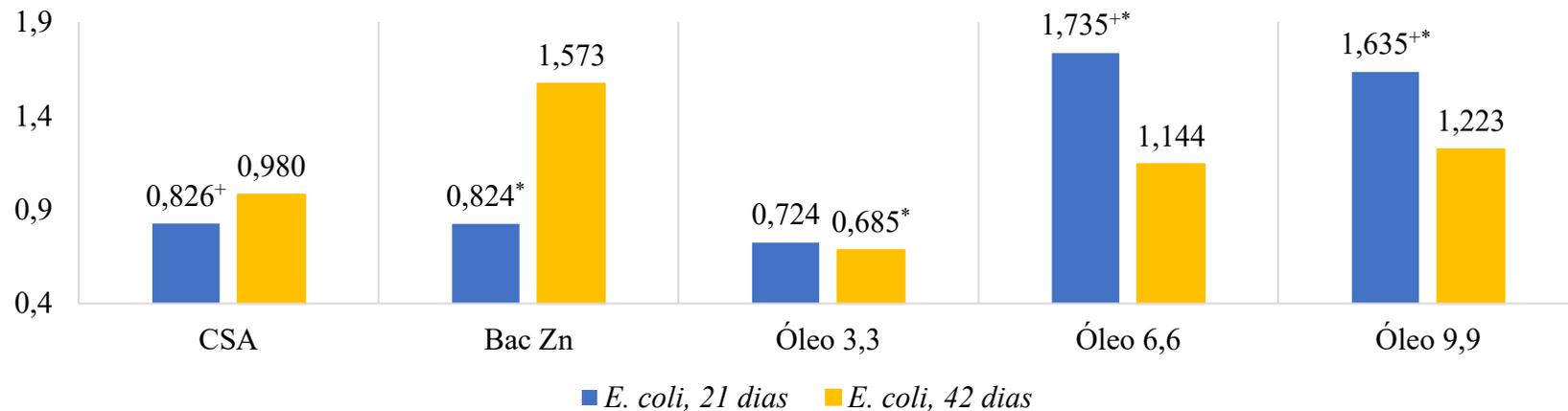
2235 Tabela 12. Resposta *in vitro* da concentração inibitória mínima das cepas *Salmonella enteritidis*
 2236 (ATCC 13076 e UFPEDA 414) e *Escherichia coli* (ATCC 25922; UFPEDA 224) na presença
 2237 do óleo de gergelim, formação do halo inibitório (mm).

Óleo / Antibiótico	Cepas	
	<i>Salmonella enteritidis</i> (mm)	<i>Escherichia coli</i> (mm)
Óleo de gergelim puro (poço)	-	-
Óleo de gergelim 50% (poço)	-	-
Óleo de gergelim 25% (poço)	-	-
Óleo de gergelim 12,5% (poço)	-	-
Óleo de gergelim 6,25% (poço)	-	-
Ciprofloxacino (5 µg)	27,0	30,0
Ampicilina (10 µg)	30,0	22,0

2238 Tabela 13. Valores médios ajustados da contagem de *E.coli* do conteúdo cecal de frangos de corte alimentados com óleo de gergelim.

Dieta	Contagem de <i>E. coli</i>			<i>p-value</i>			
	21 dias	42 dias	Diferença [#]	EPM	Tratamento	Idade	Tratamento x Idade
CSA	0,826 ± 0,190 ⁺	0,980 ± 0,202	+ 0,154				
Bac Zn	0,824 ± 0,112 [*]	1,573 ± 0,282	+ 0,749				
Óleo 3,3	0,724 ± 0,160	0,685 ± 0,152 [*]	- 0,039	0,1914	0,0050	0,8106	0,0121
Óleo 6,6	1,735 ± 0,056 ⁺⁺	1,144 ± 0,234	- 0,591				
Óleo 9,9	1,635 ± 0,067 ⁺⁺	1,223 ± 0,295	- 0,412				
Média	1,149	1,121					
Interação	Idade	<i>p-value</i>	Médias das diferentes idades				
Óleo 3,3 x Bac Zn	21 x 42	0,0337	0,724 x 1,573				
Óleo 3,3 x Bac Zn	42 x 42	0,0246					
Óleo 6,6 x CSA	21 x 21	0,0209					
Óleo 6,6 x Bac Zn	21 x 21	0,0206					
Óleo 9,9 x CSA	21 x 21	0,0405					
Óleo 9,9 x Bac Zn	21 x 21	0,0452					
Controle Bac Zn x Bac Zn	21 x 42	0,0081	0,824 x 1,573				

2239 # Diferença de aumento ou redução de *E. coli* entre as fases. EPM: Erro Padrão da Média. CSA: Dieta controle sem aditivo promotor de crescimento. Bac Zn: Dieta controle
 2240 com adição do aditivo Bacitracina de Zinco. Quando as dietas controles (CSA e Bac Zn) diferirem entre si: ⁺Difere da dieta Bac Zn. ^{*}Difere da dieta CSA. Quando ocorrer
 2241 diferença estatística nas dietas com o óleo: ⁺Difere da dieta CSA. ^{*}Difere da dieta Bac Zn. ⁺⁺Difere da dieta CSA e da dieta Bac Zn.



2242

Figura 2. Efeito do óleo de gergelim sobre a contagem de *E.coli* ao longo do tempo.

DISCUSSÃO

2243

2244 A inclusão do óleo de gergelim nas concentrações de 6,6 e 9,9 g/kg as dietas
2245 proporcionaram um bom desempenho as aves, sendo estas semelhantes a aquelas que receberam
2246 as dietas basais (sem e com Bac Zn), ou seja, não houve diminuição nos índices zootécnicos,
2247 para a fase de 1-7 dias. Apesar na diminuição do PV e GP na fase de 1-21 dias, as aves
2248 alimentadas com o óleo de gergelim obtiveram CA semelhante a aquelas alimentadas com o
2249 aditivo bacitracina de zinco e com a ração isenta de aditivo. Todavia, a inclusão com 3,3 g/kg
2250 nas fases iniciais (1-7 dias e 1-21 dias) levou ao aumento da conversão alimentar, assim como
2251 menor peso vivo e ganho de peso, sendo esta resposta associada ao menor aproveitamento de
2252 energia e até de proteína bruta, fator atrelado também a imaturidade do trato gastrointestinal e
2253 baixa produção de enzimas digestivas (Rodríguez-Sánchez et al., 2019).

2254 Apesar da ausência de depreciação no desempenho nas fases finais (22 – 35 dias e 36 –
2255 42 dias), ao realizar a inclusão do óleo de gergelim nas concentrações de 3,3 e 9,9 g/kg as dietas
2256 há uma queda na metabolização de energia e proteína na fase de 22 – 35 dias e principalmente
2257 de EMA e EMAn na fase de 36 – 42 dias. Possivelmente a resposta está atrelada a composição
2258 do próprio óleo de gergelim que é rico em ácidos graxos livres, além de outros compostos
2259 bioativos que podem interferir na absorção de nutrientes (Arab et al., 2022; Murugesan et al.,
2260 2017).

2261 Segundo Murugesan et al. (2017), a digestibilidade e o grau de saturação dos lipídeos,
2262 também é outro fator que pode influenciar na metabolização de energia, onde ácidos graxos
2263 insaturados presentes no alimento maximizam a digestão lipídica e o aproveitamento
2264 energético. Entretanto, estes mesmos autores, também relatam que quanto maior a quantidade
2265 de ácidos graxos na sua forma livre, pode alterar a sua eficiência na absorção dos produtos de
2266 sua digestão. Arab et al. (2022), constatou que o óleo de gergelim é rico em ácidos graxos livres

2267 (AGL), encontrando o valor de 16,24%. Enquanto que o óleo de soja pode ter de 0,57 a 1,40%
2268 de AGL (Osawa e Gonçalves, 2006).

2269 Dependendo do nível da inclusão do óleo de gergelim e da quantidade retirada do óleo de
2270 soja nas dietas, o arranjo da dieta pode aumentar a quantidade de AGL. Apesar do óleo de
2271 gergelim ser rico em AGL, as maiores inclusões na dieta podem ter disponibilizado grande
2272 quantidade de ácido oleico, proporcionando uma maior absorção deste composto, promovendo
2273 uma estabilidade no aproveitamento de energia e conseqüentemente resultando na ausência de
2274 queda no desempenho (Selivanska et al., 2022).

2275 A maior disponibilidade de ácido oleico, nas dietas com óleo de gergelim, pode ter
2276 compensado a maior disponibilidade de AGL. O óleo de gergelim usado no estudo apresentou
2277 371,6 g/kg de ácido oleico, enquanto que o óleo de soja refinado apresenta 231,0 g/kg do mesmo
2278 ácido graxo.

2279 Além disso, compostos bioativos do óleo de gergelim, principalmente a sesamina, podem
2280 inibir a absorção de colesterol por regular negativamente a expressão de genes envolvidos na
2281 absorção intestinal do colesterol, como NPC1L1, ACAT2, MTP, ABCG5 e ABCG8 (Liang et
2282 al., 2015). Contudo, ainda não foi documentado na literatura se os compostos bioativos contido
2283 no óleo de gergelim são capazes de regular negativamente outros genes ligados a absorção dos
2284 demais lipídeos. Visto que a existência deste mecanismo poderia diminuir a metabolização dos
2285 lipídeos e conseqüentemente diminuir a EMAn, em frangos de corte.

2286 O óleo de gergelim apresenta quantidades consideráveis de compostos bioativos, como,
2287 sesamolina (202,92 mg/100g) e sesamina (393,25 mg/100g) (Arab et al., 2022) que estão
2288 associados a respostas benéficas para a saúde, como, ações anti-inflamatórias (Deme et al.,
2289 2018), antioxidantes (Ye et al., 2020) e antimicrobianas (Ogawa et al., 2014; Saleem, 2011),
2290 além de controlar a absorção de colesterol (Liang et al., 2015). Contudo, ainda não é sabido se
2291 estes compostos podem atuar de forma negativa na absorção de nutrientes, como exemplo na

2292 absorção de proteína, por serem compostos fenólicos. Pois foi visto no presente estudo que a
2293 metabolização da proteína diminuiu com a inclusão de 3,3 e 9,9 g/kg.

2294 Sabe-se que a absorção de compostos fenólicos após a ingestão de alimentos é geralmente
2295 baixa. Pois a maioria dos polifenóis consumidos permanece no trato gastrointestinal, onde
2296 podem exercer efeitos inibitórios sobre enzimas envolvidas na degradação de sacarídeos,
2297 lipídios e proteínas (Velickovic e Stanic-Vucinic, 2018).

2298 Alguns trabalhos utilizando níveis maiores de óleo de gergelim na alimentação de frangos
2299 de corte, mostram efeitos benéficos. Dentre os trabalhos encontra-se o de Huo et al. (2019), que
2300 ao utilizarem o óleo de gergelim (50 g/kg) na alimentação de frangos de corte em substituição
2301 a fonte energética principal, observaram melhoria na conversão alimentar nas fases de
2302 crescimento e terminação. Também foi visto menor teor de gordura abdominal para as aves
2303 alimentadas com óleo de gergelim, sendo esta variável um reflexo da menor quantidade de
2304 triglicerídeos totais e colesterol total nos níveis séricos do sangue das aves alimentadas com
2305 óleo, além de diminuir a quantidade de linfócitos T circulantes e aumentar a glutathione
2306 peroxidase.

2307 Já Solbi et al. (2021), ao avaliarem o óleo de gergelim (20 g/kg de 1-10 dias; 30 g/kg de
2308 11-24 dias; e 40 g/kg de 25-35 dias) para frangos de corte atestou que houve aumento para as
2309 variáveis morfométricas do intestino, incluindo a largura das vilosidades e a área da superfície
2310 das vilosidades na região do jejuno, com isso houve maior ganho de peso corporal e conversão
2311 alimentar, por haver maior aproveitamento do extrato etéreo da dieta. Os autores também
2312 atribuem os achados a quantidade de antioxidantes contida no óleo, mas possivelmente a
2313 sinergia de outros mecanismos foram cruciais para esses resultados, como exemplo a atividade
2314 anti-inflamatória (Deme et al., 2018) e antimicrobiana do óleo (Bawazir e Shantaram, 2018).

2315 Algumas pesquisas *in vitro* mostraram o efeito antimicrobiano do óleo de gergelim, sendo
2316 eficaz contra várias cepas bacterianas, incluindo *E. coli* (Saleem, 2011; Sallam et al., 2021;

2317 Zhuosi et al., 2024). Apesar dos resultados *in vitro* apresentados na literatura, o presente estudo
2318 não demonstrou efeito de inibição no crescimento das cepas de *Salmonella enteritidis* e *E. coli*
2319 no teste *in vitro*, entretanto no teste *in vivo* ao adicionar o óleo de gergelim às dietas dos frangos
2320 de corte houve diminuição expressiva na população de *E. coli* do conteúdo cecal ao longo do
2321 tempo, principalmente nas concentrações de 6,6 e 9,9 g/kg.

2322 Por não haver outros estudos *in vivo* que validaram o efeito do óleo de gergelim sobre
2323 bactérias patogênicas, principalmente em animais, não se sabe ao certo todos os mecanismos
2324 pelo qual o óleo de gergelim atuou para gerar tal resposta à *E. coli*. Contudo, testes *in vitro*,
2325 como o de Sallam et al. (2021), que avaliaram o alimento (almondega) inoculado com *E. coli*
2326 (ATCC 51659) e depois tratado com óleo de gergelim, afirmaram que compostos fenólicos,
2327 como o sesamol, presente no óleo de gergelim, podem penetrar nas estruturas da membrana
2328 mitocondrial, na membrana citoplasmática e na parede celular microbiana, resultando na
2329 interrupção da força motriz de prótons e na perda excessiva de íons e moléculas essenciais, que
2330 levam à morte celular bacteriana.

2331 Em outro estudo *in vitro* avaliando diversos alimentos inoculados com *E. coli* (ATCC
2332 25922) e tratados com óleo de gergelim, Zhuosi et al. (2024) descreveram o efeito
2333 antibacteriano do óleo de gergelim e o possível mecanismo do sesamol contra patógenos
2334 transmitidos por alimentos. Os pesquisadores afirmaram que a utilização do óleo de gergelim
2335 levou a danos substanciais à integridade e permeabilidade da membrana celular bacteriana da
2336 *E. coli*, levando conseqüentemente à liberação de ácidos nucleicos, proteínas das células,
2337 resultando na morte celular.

2338 Levando em consideração os achados das pesquisas, foi hipotetizado que no presente
2339 estudo, a redução das cepas *E. coli* do conteúdo cecal dos frangos alimentados com 6,6 de óleo
2340 de gergelim ocorreu através do mecanismo desencadeado pelo composto sesamol, presente no

2341 óleo de gergelim. Contudo, mais estudos precisam ser realizados para que sejam esclarecidos
2342 todos os mecanismos de ação do óleo de gergelim, principalmente estudos com animais.

2343 No presente estudo foi visto que a globulina sérica foi alterada com a adição de bacitracina
2344 de zinco e com a inclusão do óleo de gergelim no nível de 6,6 g/kg, onde apresentaram menores
2345 valores. Apesar desta diminuição, os valores de globulina estão semelhantes a aqueles
2346 encontrados por Maciel et al. (2007) para frangos de corte que variou de 0,95 a 1,64 g/dl. Em
2347 contra partida, Sugiharto et al. (2024), ao avaliar os níveis séricos de frangos de corte
2348 encontraram valores de globulina que variaram de 1,61 a 2,25 g/dl.

2349 As globulinas são um tipo de proteína plasmática de alta massa molecular, cuja função é
2350 servir de suporte para anticorpos, além de outras funções como transportar nutrientes e
2351 hormônios (Lumeij, 2008). Visto que as globulinas são importantes para a produção de
2352 anticorpos e para a imunidade, a diminuição desta variável sérica pode estar associada a
2353 melhoria da microbiota do conteúdo cecal, já que neste nível de óleo também houve uma
2354 redução expressiva da população de *E. coli*.

2355 Em concordância com a presente pesquisa, Khorrami et al. (2018), comprovaram que
2356 tanto o óleo essencial de gergelim como compostos fenólicos isolados do gergelim, o sesamol,
2357 foram capazes de modular o sistema imune dos ratos suprimindo a resposta da imunidade
2358 celular com o domínio das respostas Th2 e modularam as funções pró-inflamatórias dos
2359 macrófagos e das células dendríticas. Os pesquisadores atrelam essas respostas
2360 imunomoduladoras a função antioxidantes e anti-inflamatória que é encontrada nos compostos
2361 fenólicos da fração oleosa do gergelim.

2362 O óleo de gergelim possui perfil nutracêutico, contudo precisa ser investigado mais
2363 minuciosamente a sua adição em rações como aditivo zootécnico. Precisa-se de mais estudos
2364 que abordem de forma precisa a inclusão do óleo de gergelim às dietas de aves, para que se
2365 torne possível a compreensão dos fatores diretos e indiretos que interferem na dinâmica

2366 metabólica, por meio dos componentes do óleo. Além de tornar mais lúcido os efeitos sobre o
2367 desempenho, metabolizabilidade de nutrientes, variáveis sanguíneas e principalmente na
2368 microbiota.

2369

CONCLUSÃO

2370 É recomendável adicionar o óleo de gergelim na concentração de 6,6 g/kg à dieta dos
2371 frangos de corte por promover resultados satisfatórios para globulina, metabolização dos
2372 nutrientes e energia, e principalmente na contagem de *E. coli* que houve maior amplitude de
2373 redução dos 21 aos 42 dias, sendo indicado para o uso na alimentação de frangos de corte em
2374 substituição a bacitracina de zinco.

REFERÊNCIAS

2375

- 2376 ADASZYŃSKA-SKWIRZYŃSKA, M.; SZCZERBIŃSKA, D.; ZYCH, S. The use of lavender
2377 (*Lavandula angustifolia*) essential oil as an additive to drinking water for broiler chickens
2378 and its in vitro reaction with enrofloxacin. **Animals**, v. 11, n. 6, 2021.
- 2379 ARAB, R. et al. Effects of Seed Roasting Temperature on Sesame Oil Fatty Acid Composition,
2380 Lignan, Sterol and Tocopherol Contents, Oxidative Stability and Antioxidant Potential
2381 for Food Applications. **Molecules**, v. 27, n. 14, p. 4508, 2022.
- 2382 ARMANINI, E. H. et al. Research in Veterinary Science Inclusion of a phytogetic bend in
2383 broiler diet as a performance enhancer and anti-aflatoxin agent: Impacts on health ,
2384 performance , and meat quality. **Research Veterinary Science**, v. 137, n. December
2385 2020, p. 186–193, 2021.
- 2386 AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. **AOAC**,
2387 ed. 22, 2023.
- 2388 AOCS - American Oil Chemists' Society. AOCS Official Methods and Best Practices. **AOCS**,
2389 ed. 7, 2013.
- 2390 BAM/FDA: 2016. BAM Chapter 4A: Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Bacteriological**
2391 **Analytical Manual**. 2016.
- 2392 BAWAZIR, A. M. A.; SHANTARAM, M. Effect of Yemeni Sesame Oil Against Some
2393 Pathogenic Bacteria and Fungi. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and**
2394 **Research**, v. 9, n. 6, p. 1000–1005, 2018.
- 2395 BOPITIYA, D.; MADHUJITH, T. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame
2396 (*Sesamum indicum* L.) seed oil. **Tropical Agricultural Research**, v. 24, n. 3, p. 296,
2397 2015.
- 2398 **BRASIL**. Instrução Normativa nº 1, de 13 de janeiro de 2020. Proibição em território nacional
2399 de aditivos melhoradores de desempenho que contenham antimicrobianos classificados
2400 como importantes na medicina humana. Diário Oficial da União, Ministério da
2401 Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, DF,
2402 23 jan. 2020. Seção 1, ed. 16, p. 6, 2020.
- 2403 CASTANON, J.I.R. History of the Use of Antibiotic as Growth Promoters in European Poultry
2404 Feeds. **Poultry Science**, v. 86, n. 1, p. 2466–2471, 2007.
- 2405 CHENG, G. et al. Antimicrobial drugs in fighting against antimicrobial resistance. **Frontiers**
2406 **in Microbiology**, v. 7, n. APR, p. 1–11, 2016.
- 2407 CORNEJO, J. et al. Assessing antibiotic residues in poultry eggs from backyard production
2408 systems in Chile, first approach to a non-addressed issue in farm animals. **Animals**, v.
2409 10, n. 6, p. 1–11, 2020.
- 2410 DEME, P.; NARASIMHULU, C. A.; PARTHASARATHY, S. Identification and evaluation of
2411 anti-inflammatory properties of aqueous components extracted from sesame (*Sesamum*
2412 *indicum*) oil. **Journal of Chromatography B**, v. 1087–1088, n. April, p. 61–69, 2018.
- 2413 HEDMAN, H. D.; VASCO, K. A.; ZHANG, L. A review of antimicrobial resistance in poultry
2414 farming within low-resource settings. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1–39, 2020.
- 2415 HUO, W. et al. Effects of dietary lipid sources on growth performance, nutrient digestibility,
2416 blood T lymphocyte subsets, and cardiac antioxidant status of broilers. **Animal**
2417 **Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 68–73, 2019.
- 2418 ISO 6579-1:2017. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection,
2419 enumeration and serotyping of *Salmonella* - Part 1: Detection of *Salmonella spp.*
2420 **International Organization for Standarsization**, ed. 1, p. 50, 2017.
- 2421 KHORRAMI, S.; DANESHMANDI, S.; MOSAYEBI, G. Sesame seeds essential oil and
2422 Sesamol modulate the pro-inflammatory function of macrophages and dendritic cells and
2423 promote Th2 response. **Medical Journal of the Islamic Republic of Iran**, v. 32, n. 1, p.

- 2424 566–573, 2018.
- 2425 LIANG, Y. T. et al. Cholesterol-Lowering Activity of Sesamin Is Associated with Down-
2426 Regulation on Genes of Sterol Transporters Involved in Cholesterol Absorption. **Journal**
2427 **of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 11, p. 2963–2969, 2015.
- 2428 LUMEIJ, J. T. Avian clinical biochemistry. In: **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**.
2429 p. 839–872, 2008.
- 2430 MACIEL, R. M. et al. Perfil eletroforético das proteínas séricas de frangos de corte alimentados
2431 com dietas contendo aflatoxinas e / ou argila clinoptilolita natural. **Ciência Rural**, v. 37,
2432 n. 3, p. 744–749, 2007.
- 2433 MATTERSON, L.D. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Res.**
2434 **Rep.**, v.7, p.3-11, 1965.
- 2435 MELO, M. O. P. et al. Estudo tecnológico da obtenção de farinha desengordurada a partir do
2436 resíduo do extrato aquoso de gergelim (*Sesamum indicum L.*). **Caderno Pedagógico**, v.
2437 21, n. 1, p. 3482–3508, 2024.
- 2438 MURUGESAN, G. R.; KERR, B. J.; PERSIA, M. E. Energy content of select dietary
2439 supplemental lipids for broilers, turkeys, and laying hens. **Journal of Applied Poultry**
2440 **Research**, v. 26, n. 4, p. 536–547, 2017.
- 2441 NGUYEN, D. H.; KIM, I. H. Protected organic acids improved growth performance, nutrient
2442 digestibility, and decreased gas emission in broilers. **Animals**, v. 10, n. 3, p. 0–10, 2020.
- 2443 OGAWA, T.; NISHIO, J.; OKADA, S. Effect of Edible Sesame Oil on Growth of Clinical
2444 Isolates of *Candida albicans*. **Biological Research For Nursing**, v. 16, n. 3, p. 335–343,
2445 2014.
- 2446 ORLOWSKI, S. et al. Effects of phytogenic additives on meat quality traits in broiler chickens
2447 1. **Journal Animal Science**, v. 96, n. 1, p. 3757–3767, 2018.
- 2448 OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G. Titulação potenciométrica aplicada na determinação
2449 de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. **Química Nova**, v. 29, n. 3, p.
2450 593-599, 2006.
- 2451 PAUL, S. S. et al. Effects of Dietary Antimicrobial Growth Promoters on Performance
2452 Parameters and Abundance and Diversity of Broiler Chicken Gut Microbiome and
2453 Selection of Antibiotic Resistance Genes. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, n. June, p.
2454 1–19, 2022.
- 2455 PELISSARI, G. P.; PIETRO, R. C. L. R.; MOREIRA, R. R. D. Atividade antibacteriana do
2456 óleo essencial de *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC., Asteraceae. **Revista Brasileira**
2457 **de Farmácia**. v. 20, n. 1, p. 70-74, 2010.
- 2458 **QUALICOCO**. Especificação técnica óleo de gergelim. Rio Grande do Sul: Qualicoco, 2023.
- 2459 RADE, L. L. **Avaliação do uso de óleo de soja degomado e etanol supercrítico em processo**
2460 **contínuo não catalítico para a produção de biodiesel**. 2014. 89 f. Dissertação (Engenharia
2461 Química), Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. 2014.
- 2462 RIBEIRO, A. G. et al. Hábitats da microbiota residente e aditivos equilibradores intestinais para
2463 aves de produção: revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p.
2464 e242101018800, 2021.
- 2465 RIBEIRO, A. G. et al. Replacing bacitracin zinc antibiotic with symbiotic additive in pullet
2466 diet. **Animal Production Science**, v. 64, n. 1, 2023.
- 2467 RODRIGUEZ-SANCHEZ, R. et al. Evolution of lipid classes and fatty acid digestibility along
2468 the gastrointestinal tract of broiler chickens fed different fat sources at different ages.
2469 **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1341–1353, 2019.
- 2470 ROSTAGNO, H. S. et al. Exigências nutricionais de frangos de corte machos de desempenho
2471 médio-superior. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**, ed. 4, p. 294, 2017.
- 2472 SALEEM, T. S. M. Anti-microbial activity of sesame oil. **International Journal of Research**
2473 **in Phytocemistry & Phamacology**, v. 1, n. 1, p. 21–23, 2011.

- 2474 Sallam, K. I. et al. Ensuring safety and improving keeping quality of meatballs by addition of
2475 sesame oil and sesamol as natural antimicrobial and antioxidant agents. **Food**
2476 **Microbiology**, v. 99, n.1, p. 103834, 2021.
- 2477 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos para Avaliar o Conteúdo de Energia dos
2478 Alimentos. in Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. **Funep.**, ed. 2, p. 30-
2479 42, 2016.
- 2480 LEVITSKY Y. A. et al. High oleic sunflower oil decreases endogenous biosynthesis of
2481 energy fatty acids and increases endogenous biosynthesis of ω -3 long-chain pufa. **Grain**
2482 **Products and Mixed Fodder's**, v. 22, n. 88, p. 36–40, 2022.
- 2483 SHARMA, L. et al. Sesame (*Sesamum indicum*) Seed. In: **Oilseeds: Health Attributes and**
2484 **Food Applications**. Singapore: Springer Singapore, 2021. p. 305–330.
- 2485 SILVA, D. A. et al. Symbiotic can replace zinc bacitracin in diets for layer-type chicks. **Animal**
2486 **Production Science**, v. 64, n. 3, 2024.
- 2487 SOLBI, A. et al. Efficacy of lysophospholipids on growth performance, carcass, intestinal
2488 morphology, microbial population and nutrient digestibility in broiler chickens fed
2489 different dietary oil sources. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 1612–
2490 1619, 2021.
- 2491 STAMILLA, A. et al. animals Effects of Microencapsulated Blends of Organics Gut
2492 Morphology and Microbiology. **Animals** 2020, v. 33, n. 10, p. 442, 2020.
- 2493 SUGIHARTO, S. et al. Physiological responses and intestinal conditions of broiler chickens
2494 treated with encapsulated *Acalypha australis* L. leaf extract and chitosan. **Veterinary**
2495 **World**, v. 17, n. 5, p. 994–1000, 2024.
- 2496 VELICKOVIC, T. D. C.; STANIC-VUCINIC, D. J. The Role of Dietary Phenolic Compounds
2497 in Protein Digestion and Processing Technologies to Improve Their Antinutritive
2498 Properties. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, 2018.
- 2499 WHO. The medical impact of antimicrobial use in food animals. **World Health Organization**
2500 **24**. 1997.
- 2501 XU, H. et al. Probiotic mediated intestinal microbiota and improved performance, egg quality
2502 and ovarian immune function of laying hens at different laying stage. **Frontiers in**
2503 **Microbiology**, v. 14, n. January, p. 1–17, 2023.
- 2504 YE, L. et al. Synergistic renoprotective effects of sesame oil and erythropoietin on ischemic
2505 kidney injury after renal transplantation. **AMB Express**, v. 10, n. 1, p. 4, 2020.
- 2506 ZHEN, W. et al. Effect of dietary *Saccharomyces*-derived prebiotic refined functional
2507 carbohydrates as antibiotic alternative on growth performance and intestinal health of
2508 broiler chickens reared in a commercial farm. **Poultry Science**, v. 102, n. 6, p. 102671,
2509 2023.
- 2510 ZHUOSI, L. et al. Antibacterial Effect and Possible Mechanism of Sesamol against Foodborne
2511 Pathogens. **Foods**, v. 13, n. 3, p. 435, 2024.
- 2512