

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

ESTERFANI PEREIRA DA SILVA

**ESTUDO METANALÍTICO DO COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO ETANOL
NA ALIMENTAÇÃO DE AVES POEDEIRAS**

**RECIFE
2026**

ESTERFANI PEREIRA DA SILVA

**ESTUDO METANALÍTICO DO COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO ETANOL
NA ALIMENTAÇÃO DE AVES POEDEIRAS**

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

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Carlos
Bôa-Viagem Rabello

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Lilian
Francisco Arantes de Souza.

**RECIFE
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S586e Silva, Esterfani Pereira da.
Estudo metanalítico do coproduto da indústria do etanol na alimentação de aves poedeiras / Esterfani Pereira da Silva. – Recife, 2026.
57 f.; il.

Orientador(a): Carlos Bôa-Viagem Rabello.
Co-orientador(a): Lilian Francisco Arantes de Souza.

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

Inclui referências.

1. Conversão alimentar. 2. Eficiência reprodutivo. 3. Grãos. 4. Alimentação alternativa 5. Análise quantitativa. I. Rabello, Carlos Bôa-Viagem, orient. II. Souza, Lilian Francisco Arantes de, coorient. III. Título

CDD 636



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

**ESTUDO METANALÍTICO DO COPRODUTO DA INDÚSTRIA DO ETANOL
NA ALIMENTAÇÃO DE AVES POEDEIRAS**

Dissertação elaborada por

ESTERFANI PEREIRA DA SILVA

Aprovado em 23/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - Presidente
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Gustavo do Valle Polycarpo
Faculdade de Ciências agrárias e tecnológicas (UNESP/Dracena)

Dr. Marcos José Batista dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

À minha família, aos meus
amigos e ao meu parceiro, com todo
o meu carinho, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares, mas em especial, à minha mãe, **Rosemary**, por me fazer sonhadora. Eu não estaria aqui se não fosse por sua fé em mim.

Ao meu querido amor e companheiro, **Anderson**. Sou ternamente grata por ter estado comigo nos dias nublados, de dúvidas e de medo. Você me inspira todos os dias a *ser o que se é*.

A minha amiga **Talita**, pela paciência, cumplicidade e sinceridade, mas além de tudo, pela parceria ao longo desses dois anos. Não sei o que seria de mim sem sua confiança, que veio sempre acompanhada da sua blusinha rosa e de tantas risadas.

Às minhas amigas e pesquisadoras, **Camilla**, **Dayanne** e **Monique** que me incentivaram e me fizeram acreditar que tudo daria certo. Também, às minhas amigas **Eduarda** e **Wedja**, que sempre me inspiraram e me fortaleceram nos momentos difíceis.

À **Profª. Drª. Lilian**, ao **Prof. Dr. Carlos** e ao **Dr. Marcos**, por acreditarem em mim quando já não havia esperanças, pela confiança, ajuda, suporte, paciência e ensinamentos ao longo de toda a elaboração da minha dissertação. Se hoje sou mestre, devo este título a esses três grandes pesquisadores.

Por fim, a CAPES, pela concessão da bolsa, que permitiu seguir com o meu projeto durante o período da minha pesquisa. E a UFRPE, por ter sido o espaço que tornou possível minha formação acadêmica e o desenvolvimento deste trabalho.

"Madame Bovary, c'est moi."
Gustave Flaubert

RESUMO

O DDGS tem sido amplamente investigado como ingrediente alternativo na alimentação de poedeiras, principalmente em razão de sua disponibilidade e potencial para reduzir os custos das dietas. Entretanto, seus efeitos sobre a produção de ovos e a conversão alimentar permanecem controversos na literatura, dificultando recomendações consistentes para sua utilização. Este estudo teve como objetivo avaliar as evidências sobre os efeitos da inclusão de DDGS em dietas para poedeiras por meio de revisão sistemática e metanálise. A revisão foi conduzida conforme as diretrizes do PRISMA 2020, com buscas em bases de dados científicas. Foram incluídos estudos experimentais publicados entre 2006 e 2026. Os tamanhos de efeito foram estimados por Hedges'g. Também foram realizadas análises de heterogeneidade, meta-regressão, sensibilidade, viés de publicação, equivalência, NNT (number needed to treat), Break-even e avaliação da certeza da evidência pelo sistema GRADE. A meta-análise incluiu 23 estudos e evidenciou que a inclusão de DDGS em dietas para poedeiras não promove benefícios consistentes ao desempenho produtivo. Foi observado efeito negativo significativo sobre a produção de ovos ($g = -0,64$; IC95%: -0,99 a -0,29; $p < 0,001$) e aumento da conversão alimentar ($g = 0,82$; IC95%: 0,32 a 1,31; $p = 0,0017$), ambos com elevada heterogeneidade entre os estudos. As análises indicaram ainda relação dose-resposta negativa para produção de ovos e positiva para conversão alimentar, além de modulação dos efeitos pela fase produtiva das aves e pela composição do coproduto. A análise de Break-even indicou limites de inclusão economicamente mais favoráveis, evidenciando que níveis elevados de DDGS tendem a reduzir a viabilidade produtiva. Apesar da significância estatística, a certeza da evidência foi classificada como muito baixa, refletindo a variabilidade entre os estudos. Em conjunto, os resultados sugerem que a inclusão de DDGS pode comprometer a produção de ovos e a conversão alimentar de poedeiras, reforçando a necessidade de cautela na definição de níveis de inclusão e das condições mais adequadas para seu uso.

Palavras-chave: conversão alimentar; desempenho produtivo; DDGS; ingredientes alternativos; síntese quantitativa.

ABSTRACT

DDGS has been widely investigated as an alternative feed ingredient for laying hens, mainly due to its availability and potential to reduce diet costs. However, its effects on egg production and feed conversion ratio remain controversial in the literature, hindering consistent recommendations for its use. This study aimed to evaluate the evidence on the effects of dietary DDGS inclusion in laying hens through a systematic review and meta-analysis. The systematic review was conducted according to the PRISMA 2020 guidelines, with searches performed in scientific databases. Experimental studies published between 2006 and 2026 were included. Effect sizes were estimated using Hedges' *g*. Heterogeneity, meta-regression, sensitivity, publication bias, equivalence, number needed to treat (NNT), break-even analysis, and certainty of evidence according to the GRADE approach were also assessed. The meta-analysis included 23 studies and showed that dietary DDGS inclusion does not provide consistent benefits to productive performance in laying hens. A significant negative effect was observed on egg production ($g = -0.64$; 95% CI: -0.99 to -0.29 ; $p < 0.001$), along with a significant increase in feed conversion ratio ($g = 0.82$; 95% CI: 0.32 to 1.31 ; $p = 0.0017$), both with high between-study heterogeneity. The analyses also revealed a negative dose-response relationship for egg production and a positive dose-response relationship for feed conversion ratio, in addition to modulation of the effects by the birds' production phase and the composition of the coproduct. Break-even analysis identified economically more favorable inclusion levels, indicating that high DDGS inclusion levels tend to reduce productive viability. Despite the statistical significance of the findings, the certainty of the evidence was rated as very low, reflecting the substantial variability among studies. Overall, the results suggest that dietary DDGS inclusion may impair egg production and feed conversion ratio in laying hens, highlighting the need for caution when defining inclusion levels and the most appropriate conditions for its use.

Keywords: feed conversion ratio; productive performance; DDGS; alternative feed ingredients; quantitative synthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de fluxo de PRISMA na revisão sistemática aplicada ao uso de DDGS e efeito sobre a produção de ovos e conversão alimentar.....	23
Figura 2. Diagrama de floresta dos efeitos da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos.....	30
Figura 3. Curva dose resposta: DDGS x Produção de ovos.....	31
Figura 4. Diagrama de floresta dos efeitos da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar.....	38
Figura 5. Curva dose resposta: DDGS x Conversão alimentar.....	39

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Consulta das pesquisas nas bases de dados.....	21
Tabela 2. Critérios PICO aplicados a revisão sistemática.....	22
Tabela 3. Caracterização dos estudos incluídos.....	28
Tabela 4. Análise de subgrupos para produção de ovos de poedeiras alimentadas com DDGS.....	32
Tabela 5. Análise de sensibilidade pelo método leave-one-out.....	33
Tabela 6. Comparação dos métodos de viés de publicação.....	34
Tabela 7. Break-Even por Nível de Inclusão de DDGS para produção de ovos.....	36
Tabela 8. Análise de subgrupos da conversão alimentar de poedeiras alimentadas com DDGS.....	40
Tabela 9. Análise de sensibilidade pelo método leave-one-out.....	41
Tabela 10. Comparação dos métodos de viés de publicação.....	42
Tabela 11. Break-Even por Nível de Inclusão de DDGS para conversão alimentar....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

I^2	Índice de inconsistência / heterogeneidade
H^2	Estatística de heterogeneidade
τ^2	Variância entre estudos (efeitos aleatórios)
DDGS	Grãos secos de destilaria com solúveis
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. DDGS: processamento e composição nutricional.....	15
2.2. Utilização do DDGS em dietas para poedeiras e fatores que modulam sua resposta.....	17
2.3. Metanálise aplicada à nutrição de não ruminantes.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Revisão sistemática.....	20
3.2. Triagem e seleção dos artigos.....	22
3.3. Seleção dos estudos.....	23
3.4. Extração e Padronização dos Dados.....	24
3.5. Avaliação da Heterogeneidade.....	24
3.6. Modelos de Efeitos Fixos e Aleatórios.....	25
3.7. Análise de Subgrupos e Meta-regressão.....	25
3.8. Modelagem da resposta ao nível de inclusão de DDGS.....	25
3.9. Avaliação da qualidade da evidência (GRADE).....	25
3.10. Análise de Sensibilidade e Viés de Publicação.....	26
3.11. Análise econômica.....	26
3.12. Análises complementares.....	27
4. RESULTADOS.....	26
4.1. Caracterização dos estudos.....	27
4.2. Desfecho Produção de ovos.....	29
4.2.1. Síntese dos efeitos.....	30
4.2.2. Meta-regressão linear do efeito do DDGS sobre a produção de ovos.....	31
4.2.3. Análises de Subgrupos.....	31
4.2.4. Análise de Sensibilidade.....	33
4.2.5. Certeza da evidência (GRADE).....	33
4.2.6. Detecção de viés de publicação.....	33
4.2.7. Viabilidade econômica da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos.....	34
4.2.8. Análises exploratórias.....	37
4.3. Desfecho conversão alimentar.....	37
4.3.1. Síntese dos efeitos.....	38
4.3.2. Meta-regressão linear do efeito do DDGS sobre a conversão alimentar.....	39
4.3.3. Análise de subgrupos.....	39
4.3.4. Análise de sensibilidade.....	40
4.3.5. Certeza da evidência (GRADE).....	41
4.3.6. Detecção de viés de publicação.....	41
4.3.7. Viabilidade econômica da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar.....	42
4.3.8. Análises exploratórias.....	43
5. DISCUSSÃO.....	44
6. CONCLUSÃO.....	49
7. DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O ovo, reconhecido como um alimento essencial e altamente nutritivo, está amplamente presente na dieta da população brasileira e figura entre os alimentos mais consumidos do mundo (ABPA, 2025), em razão de seu custo acessível e da versatilidade nas formas de preparo. Do ponto de vista nutricional, trata-se de um alimento rico em vitaminas, minerais, ácidos graxos e proteínas de elevado valor biológico (Ludke et al., 2025). Nesse sentido, o ovo consolida-se como uma das principais fontes de nutrientes essenciais destinadas à alimentação humana, desempenhando papel relevante na qualidade da dieta e na contribuição para a segurança alimentar da população (Schiavone et al., 2022).

Esse protagonismo é ainda mais evidente em períodos de instabilidade econômica, quando o alimento se destaca como uma alternativa acessível para o suprimento de proteína, especialmente entre as camadas de menor renda (Soares; Ximenes, 2022). Conforme dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), a produção nacional atingiu cerca de 57 bilhões de unidades em 2024, com um valor bruto de produção aproximado de 26 bilhões de reais, o que evidencia não apenas a magnitude produtiva do setor, mas sua relevância econômica no contexto da avicultura nacional.

Diante da expressiva expansão, a busca por melhor desempenho produtivo tem impulsionado a adoção de estratégias nutricionais mais eficientes (Andrade et al., 2025). Paralelamente, a elevada demanda por insumos na alimentação de animais de produção, especialmente de aves, indica a necessidade de alternativas que reduzam os custos das dietas, os quais podem representar cerca de 70% das despesas totais da produção avícola (Valentim et al., 2021). Nesse sentido, a utilização de coprodutos agroindustriais ganha destaque, sendo os grãos secos de destilaria de milho com solúveis (DDGS) uma alternativa promissora como ingrediente energético e protéico na nutrição de aves (Bittencourt, 2022).

Sob essa perspectiva, a crescente utilização desse ingrediente e a diversidade de resultados reportados na literatura científica, torna-se fundamental empregar abordagens metodológicas robustas que permitam sintetizar, comparar e interpretar de forma integrada esses achados. Nesse contexto, a metanálise se destaca como uma ferramenta

estatística essencial (Higgins et al., 2024), pois possibilita avaliar a heterogeneidade entre estudos, identificar possíveis lacunas no conhecimento e fornecer subsídios sólidos para a tomada de decisões nutricionais baseadas em evidências, fortalecendo, assim, o uso racional e eficiente do DDGS na alimentação de poedeiras (Sauvant et al., 2008).

Sendo assim, a hipótese desta revisão sistemática com metanálise é que a inclusão de DDGS na alimentação de poedeiras comerciais pode exercer efeito sobre a produção de ovos e a conversão alimentar, conforme as evidências disponíveis na literatura científica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DDGS: processamento e composição nutricional

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no ano de 2024, a cadeia de produção de etanol a partir do milho no Brasil gerou volumes expressivos de coprodutos industriais, com produção estimada entre 3,7 e 6,3 milhões de toneladas de DDGS. Valor com tendência de expansão, cuja disponibilidade deve ser considerada pela avicultura, especialmente diante da necessidade contínua de reduzir custos de produção e manter a viabilidade das operações (Barbosa et al., 2025).

Do ponto de vista nutricional, o DDGS apresenta composição caracterizada por elevados teores de proteína bruta (28–30%), cálcio (0,13%), fósforo e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), variando entre aproximadamente 2.500 e 3.200 kcal/kg para aves (Rostagno et al., 2017; Zhu et al., 2022). Entretanto, sua utilização na alimentação de aves exige cautela, uma vez que a variabilidade na composição química, decorrente das diferenças nas matérias-primas utilizadas e nos processos industriais, como fermentação, secagem, reincorporação dos solúveis e extração de óleo, pode impactar diretamente seu valor nutricional e, consequentemente, o desempenho produtivo das aves (Stein; Shurson, 2009). Além disso, o elevado teor de fibra e de polissacarídeos não amiláceos pode limitar sua inclusão em dietas para aves (Świątkiewicz; Koreleski, 2008).

Caldas et al. (2020) ao avaliar a composição química de DDGS em oito destilarias, encontraram valores diferentes entre os componentes nutricionais, com valores de matéria seca entre 86,6 - 90,8%; proteína bruta 25,6 - 29,9%; fibra bruta 5,9 -

8,9%; amido 0,0 - 6,4%; gordura bruta 4,8 - 11,2% e cinzas 3,9 - 5,0%. Apesar dessa variabilidade composicional, o DDGS se consolida como um ingrediente de interesse na nutrição de aves, não apenas pelo seu aporte de proteína e energia metabolizável, mas também pela contribuição de fósforo disponível e micronutrientes, sendo amplamente considerado em estratégias de formulação de dietas que visam maior flexibilidade nutricional (Cremonese et al., 2015; Valentim et al., 2020).

Quanto ao método de obtenção do DDGS, a moagem a seco é o mais difundido pelas indústrias (Moreira, 2023), onde ocorre a moagem do grão, que posteriormente é cozido, liquefeito e sacarificado mediante a ação de enzimas (alfa-amilase e glucoamilase), ocorrendo a fermentação da glicose em etanol por meio da atuação das leveduras *Saccharomyces cerevisiae* (Damasceno, 2018; Iram et al., 2022). Desta forma, o DDGS consegue ser empregado em dietas de gado leiteiro e de corte, além de servir como fonte nutricional para aves, suínos, ovinos, caprinos, equinos e também em formulações destinadas à aquicultura de peixes e camarões (Christopher et al., 2023).

Em contrapartida, no processo de moagem úmida, a produção de etanol a partir dos grãos envolve uma etapa inicial de fracionamento mais detalhado da matéria-prima, diferentemente da moagem seca (Einsfeld, 2022). Nesse sistema, o grão é previamente submetido à maceração em meio aquoso, geralmente com a adição de dióxido de enxofre, que favorece a separação dos seus principais constituintes, como amido, proteína, fibra e óleo (EMBRAPA, 2021). Após essa etapa, o amido isolado é direcionado às fases de liquefação e sacarificação, nas quais é hidrolisado em açúcares fermentáveis por ação enzimática (Bittencourt, 2022).

Em seguida, esses açúcares são fermentados por leveduras, resultando na produção de etanol (Cordeiro, 2018). Como característica marcante, a moagem úmida permite a obtenção de diversos coprodutos de maior valor agregado, como glúten de milho, óleo e farelos, ao mesmo tempo em que reduz a heterogeneidade do material destinado à fermentação (Ormond, 2023). Entretanto, trata-se de um processo mais complexo e com maior custo operacional, o que limita sua adoção em larga escala quando comparado à moagem a seco (Fan et al., 2023). Dessa forma, as diferenças nos processos de produção influenciam diretamente a composição do DDGS, o que pode repercutir em seu aproveitamento nutricional pelas aves, especialmente em sistemas de produção de poedeiras (Haan et al., 2010; El-Hack et al., 2019).

2.2. Utilização do DDGS em dietas para poedeiras e fatores que modulam sua resposta

A utilização de DDGS em dietas para poedeiras está associada a respostas produtivas heterogêneas, as quais são determinadas por múltiplos fatores, incluindo a variabilidade composicional do ingrediente, o balanceamento nutricional da dieta e as condições fisiológicas das aves (Bao et al., 2025). Na literatura, os resultados divergem quanto à inclusão recomendada (Jha; Mishra, 2021). Roberson et al. (2005) avaliando inclusões de 15%, observou diminuição linear na produção de ovos entre 52 e 53 semanas de idade, enquanto outros autores notaram piora da produção de ovos em níveis de inclusão de 18% (El-Hack et al., 2019) e prejuízos significativos na conversão alimentar com níveis de 20% de inclusão (Jiang et al., 2013).

Adicionalmente, Sun et al. (2013), ao avaliarem níveis crescentes de DDGS, observaram que a inclusão de 50% reduziu significativamente a produção de ovos em relação aos demais tratamentos. Embora a dieta contendo 35% de DDGS tenha apresentado desempenho semelhante ao controle, indicando ausência de prejuízo produtivo nesse nível, a inclusão de 17% também resultou na redução da produção de ovos. Ademais, Loar et al. (2010) observaram que a inclusão de até 32% de DDGS na dieta de poedeiras de segundo ciclo não comprometeu a produção de ovos e a eficiência alimentar. Os autores verificaram maior produção de ovos com a inclusão de 16% de DDGS, enquanto o nível de 32% apresentou desempenho intermediário, sem diferenças significativas em relação ao tratamento controle. Contudo, a substituição do farelo de soja por DDGS em proporções superiores a esse nível pode comprometer o desempenho produtivo, com reduções significativas no consumo de ração, na conversão alimentar, bem como no número e na massa de ovos (Lumpkins et al., 2005).

Apesar dos resultados desfavoráveis observados em alguns estudos, outros autores não verificaram efeitos negativos da inclusão de DDGS sobre o desempenho produtivo das poedeiras. Estudos conduzidos por Lumpkins et al. (2005) e Shin et al. (2016) demonstraram que a inclusão de 15 a 20% de DDGS em dietas para poedeiras pode ser utilizada sem comprometer a produção de ovos e a conversão alimentar. Romero et al. (2012), notaram que a inclusão de 20% de DDGS em dietas para aves entre 26 e 34 semanas de idade não afetou significativamente a produção de ovos, que permaneceu em torno de 96,1% ($P > 0,05$). Em relação à conversão alimentar, foi observada melhora

nas aves alimentadas com DDGS (1,98 vs. 2,04 g de ração/g de massa de ovos), porém sem diferença estatisticamente significativa. De forma semelhante, Castiblanco et al. (2021) relataram que níveis equivalentes de inclusão não comprometeram os índices produtivos e reduziram as emissões de amônia e hidrogênio, indicando benefícios ambientais sem prejuízo ao desempenho das aves.

A variabilidade nas respostas produtivas associadas ao uso de DDGS pode ser, em grande parte, explicada por características nutricionais inerentes ao ingrediente, sobretudo por seu elevado teor de fibra, que tem sido apontado como um dos principais fatores responsáveis pela modulação da resposta produtiva em poedeiras, podendo comprometer a ingestão voluntária e a eficiência de utilização dos nutrientes (Dantas et al., 2026). Especialmente para poedeiras que, do ponto de vista fisiológico, não apresenta trato digestivo especializado na degradação de carboidratos estruturais, possuindo limitações bem definidas quanto ao aproveitamento de dietas com elevado teor de fibra (Tejeda et al., 2021). Logo, ingredientes como DDGS, que apresentam fibra maior que 5%, podem reduzir a densidade energética da dieta e limitar a digestibilidade, resultando em menor ingestão de energia e aminoácidos pelas aves (Jha; Mishra, 2021).

Em síntese, a divergência entre os estudos pode ser atribuída a variações na idade das aves, no período de fornecimento das dietas, no perfil energético e nutricional das formulações, bem como às diferentes condições experimentais adotadas (Shin et al., 2016). Dentre esses fatores, torna-se relevante as concentrações de aminoácidos digestíveis e o seu adequado balanceamento, considerados determinantes para a resposta produtiva das poedeiras (Masa'deh et al., 2011). Somado a isso, a capacidade digestiva das aves, aliada à heterogeneidade dos ingredientes, reforça a complexidade da utilização do DDGS em dietas avícolas, evidenciando que a definição de níveis ideais de inclusão deve considerar, de forma integrada, esses múltiplos fatores (Adedokun et al., 2015).

2.3. Metanálise na nutrição de não ruminantes

Com o aumento do crescimento populacional e a maior demanda por alimentos nutritivos e saudáveis, o setor agropecuário tem ganhado destaque como um dos pilares do sistema alimentar global. Além de sua contribuição para a segurança alimentar e o

desenvolvimento agrícola, o setor também se destaca como um componente relevante da economia mundial (Liu et al., 2026). Diante desse panorama, a adoção de abordagens meta-analíticas surge como uma estratégia eficiente para reduzir custos e otimizar o tempo na tomada de decisão na nutrição animal, ao possibilitar a integração do conhecimento científico (Borenstein et al., 2021), a quantificação de tendências gerais e a avaliação da consistência dos efeitos observados em diferentes condições experimentais (Jang et al., 2022).

A metanálise também permite organizar o conhecimento de maneira sistemática, tendo em vista que as evidências publicadas frequentemente diferem quanto às metodologias, níveis de inclusão e variáveis avaliadas (Garcia et al., 2025). Ao integrar esses fatores de forma estruturada, essa abordagem contribui para aumentar a confiabilidade dos resultados, fornecendo evidências com menor risco de viés (Moher et al., 2009; Camargo et al., 2023). Esse aspecto a diferencia das revisões de literatura tradicionalmente utilizadas em trabalhos acadêmicos, que podem carecer de rigor metodológico, uma vez que os estudos são frequentemente selecionados com base na interpretação dos autores (Faggion et al., 2017).

Ademais, a metanálise também permite avaliar a heterogeneidade entre estudos, detectar possíveis lacunas no conhecimento e fornecer subsídios sólidos para decisões nutricionais baseadas em evidências (Sauvant et al., 2008). Nesse processo, os tamanhos de efeito são utilizados como medidas padronizadas para quantificar os resultados, permitindo a comparação entre estudos distintos por meio de uma métrica comum (Johson; Medina, 2013; Bakbegenuly et al., 2019). A heterogeneidade entre os estudos é avaliada por meio de estatísticas específicas, como o Q de Cochran, I^2 , H^2 e τ^2 (Toluk; Ercan, 2025). Além disso, a representação gráfica dos dados constitui uma ferramenta importante para a análise exploratória, possibilitando a visualização da distribuição dos resultados e a identificação de padrões como normalidade, assimetria ou curtose (Ramani et al., 2021).

A adoção de estudos metanalíticos aplicados à nutrição e à produção de não ruminantes tem se tornado fundamental, em razão de seu potencial de elevar o nível de evidência científica, e possibilitar a detecção de efeitos que, isoladamente, não seriam identificados (Quintana, 2023). Além disso, a metanálise se destaca nesse contexto devido à elevada variabilidade experimental observada nos estudos com não

ruminantes, especialmente em função de diferenças nos ingredientes utilizados, níveis de inclusão, idade dos animais e condições de manejo (Higgins; Thompson, 2002; Sauvante et al., 2008).

Desta forma, diversos trabalhos têm empregado essa abordagem para avaliar os efeitos de componentes dietéticos, como fibras e polissacarídeos não amiláceos, bem como o uso de enzimas exógenas e aditivos alimentares sobre o desempenho produtivo e a digestibilidade dos nutrientes (Jang et al., 2022; Yibar; Uzabaci, 2024; Ditengou et al., 2024). De forma semelhante, em suínos, meta-análises têm sido utilizadas para estimar a digestibilidade de aminoácidos e a eficiência de utilização de ingredientes alternativos, contribuindo para o refinamento de sistemas de formulação de dietas (Messad et al., 2015; Mesad et al., 2016; Zouaoui; Guay, 2018). Portanto, observa-se a expansão dessa abordagem para a avaliação de novos ingredientes e estratégias nutricionais, como fontes proteicas alternativas e aditivos moduladores da microbiota intestinal, evidenciando a consolidação da meta-análise como uma ferramenta essencial na síntese de evidências na nutrição de não ruminantes (Malematja et al., 2024; Singh et al., 2025).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As seções metodológicas quanto a *Revisão Sistemática, Triagem e Seleção de Artigos*, assim como a construção do *Banco de Dados* foram baseados e executados seguindo as diretrizes do guia atualizado do PRISMA 2020, elaborado por Page et al. (2020).

3.1. Revisão sistemática

Neste estudo, os metadados foram obtidos a partir de periódicos indexados e de acesso aberto como Web of Science, Pubmed, ScienceDirect, Scielo, Scopus e Google Acadêmico. Foram elegíveis publicações disponíveis apenas na língua inglesa. Com relação à busca bibliográfica, esta foi realizada com o auxílio de operadores booleanos (AND, OR e NOT) (Tabela 1).

Tabela 1. Consulta das pesquisas nas bases de dados

Banco de dados	Consulta das pesquisas
Web Of Science	("distillers dried grains with solubles" OR "corn distillers dried grains with solubles" OR "DDGS") AND ("laying hens" OR "layers" OR "layer" OR "commercial layers" OR "chickens") AND ("egg quality" OR "egg traits" OR "productive performance" OR "laying performance" OR "performance")
Scielo	((("distillers dried grains with solubles" OR "corn distillers dried grains with solubles" OR "DDGS") AND ("laying hens" OR "layers" OR "layer" OR "commercial layers" OR "chickens") AND ("egg quality" OR "egg traits" OR "productive performance" OR "laying performance" OR "performance"))
Pubmed	("distillers dried grains with solubles" [All Fields] OR "corn distillers dried grains with solubles" [All Fields] OR "DDGS" [All Fields]) AND ("Chickens" [MeSH Terms] OR "laying hens" [All Fields] OR "layers" [All Fields] OR "layer" [All Fields] OR "commercial layers" [All Fields]) AND ("Egg" [MeSH Terms] OR "egg quality" [All Fields] OR "egg traits" [All Fields] OR "productive performance" [All Fields] OR "laying performance" [All Fields] OR "performance" [All Fields])
Scopus	API-KEY ("distillers dried grains with solubles" OR "corn distillers dried grains with solubles" OR "DDGS") AND API-KEY ("laying hens" OR "layers" OR "layer" OR "commercial layers" OR "chickens") AND API-KEY ("egg quality" OR "egg traits" OR "productive performance" OR "laying performance" OR "performance") AND NOT ("poultry" OR "growth" OR "broiler" OR "broilers")
Sciencedirect	("distillers dried grains with solubles" OR "corn distillers dried grains with solubles" OR "DDGS") AND ("laying hens" OR "commercial layers") AND ("egg quality" OR "productive performance" OR "performance")
Google acadêmico	"distillers dried grains with solubles" OR "corn distillers dried grains with solubles" OR "DDGS") AND ("laying hens" OR layers OR layer OR "commercial layers" OR "chickens") AND ("egg quality" OR "egg traits" OR "productive performance" OR "laying performance" OR "performance") -"poultry" -"growth" -"broiler" -"broilers"

Apenas artigos científicos foram incluídos na análise, por representarem maior rigor metodológico e confiabilidade devido à avaliação por pares. Além disso, o recorte temporal abrangeu publicações realizadas nos últimos 20 anos e o delineamento da pergunta da pesquisa, foi estruturado visando atender os critérios PICO (População, Intervenção, Comparação e Outcome/Desfecho) apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios PICO aplicados a revisão sistemática

Unidade	Critérios
População	Aves de postura
Intervenção	DDGS
Comparação	Alimentação convencional
Outcome (desfecho)	Produção de ovos; Conversão alimentar

3.2.Triagem e seleção dos artigos

O processo de triagem foi realizado em etapas sucessivas, compreendendo a identificação dos estudos, leitura dos títulos e resumos e, posteriormente, a avaliação dos textos completos. Foram excluídos artigos de revisão, resumos de eventos científicos, capítulos de livros, teses e dissertações, bem como estudos que avaliaram o DDGS em associação com enzimas, probióticos ou outros aditivos nutricionais que pudessem interferir diretamente nas respostas avaliadas. Também foram excluídos os estudos que não atendiam aos critérios previamente estabelecidos da população, intervenção, período de publicação, desfechos de interesse e qualidade metodológica.

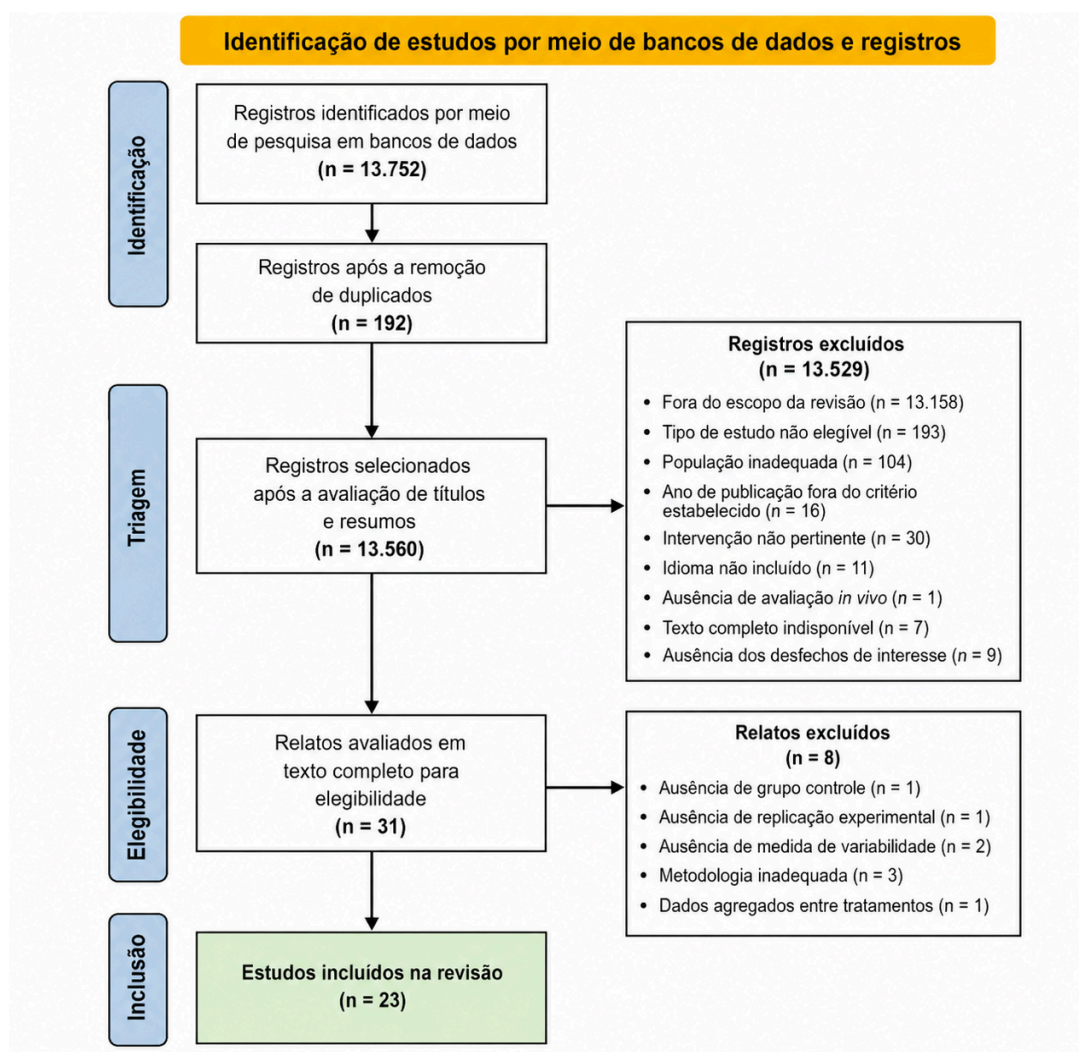
Quanto aos critérios de elegibilidade, foram incluídos estudos experimentais publicados entre 2006 e 2026, conduzidos com aves poedeiras na fase de produção e que avaliaram a inclusão de DDGS nas dietas como fator experimental principal. Os estudos deveriam apresentar dados quantitativos relacionados à produção de ovos (%) e a conversão alimentar (g de ração/g de massa de ovos). Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os artigos foram classificados como “aptos” ou “não aptos” e

organizados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel (Microsoft 365) para compor a base de dados da revisão.

3.3. Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, os registros identificados nas bases de dados foram submetidos à remoção de duplicatas e à triagem por títulos e resumos. Em seguida, os estudos potencialmente elegíveis foram avaliados na íntegra de acordo com os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos é apresentado na Figura 1, conforme as recomendações do PRISMA 2020.

Figura 1. Diagrama de fluxo de PRISMA na revisão sistemática aplicada ao uso de DDGS e efeito sobre a produção de ovos e conversão alimentar.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4. Extração e Padronização dos Dados

As análises estatísticas foram conduzidas no ambiente R (R Core Team), utilizando diferentes pacotes especializados conforme a etapa analítica. Para importação e manipulação dos dados, foram utilizados os pacotes *readxl*, *dplyr*, *tidyr*, *stringr* e *forcats*. As meta-análises foram realizadas com os pacotes *meta* e *metafor*, enquanto o pacote *metaviz* foi utilizado para visualização dos resultados. Abordagens bayesianas foram conduzidas com os pacotes *brms*, *posterior* e *bayesplot*. Para modelagem estatística complementar, foram utilizados os pacotes *nlme*, *MASS*, *car*, *effsize* e *splines*. A geração de gráficos foi realizada com os pacotes *ggplot2*, *gridExtra* e *patchwork*. A elaboração de tabelas e relatórios foi realizada com os pacotes *rmarkdown*, *knitr* e *kableExtra*.

Para cada estudo incluído, foram extraídas informações referentes às médias, medidas de dispersão (desvio-padrão, erro-padrão ou coeficiente de variação) e tamanho amostral (n) para as variáveis produção de ovos e conversão alimentar. Quando necessário, os dados foram convertidos para uma métrica comum, expressa em média e desvio-padrão, de modo a possibilitar a comparação entre os diferentes estudos. Posteriormente, foram calculados os tamanhos de efeito para o desfecho produção de ovos e conversão alimentar, os quais foram utilizados nas análises metanalíticas.

3.5. Avaliação da Heterogeneidade

A heterogeneidade entre os estudos foi avaliada por meio da estatística Q de Cochran, do índice I^2 e da estimativa de τ^2 (tau ao quadrado). O teste Q foi utilizado para verificar se a variabilidade observada entre os tamanhos de efeito era superior àquela esperada apenas pelo erro amostral. Foi adotado nível de significância de $P < 0,10$ para o teste Q . O índice I^2 foi empregado para quantificar a proporção da variabilidade total atribuída à heterogeneidade entre os estudos, enquanto o parâmetro τ^2 foi utilizado para estimar a variância entre estudos, fornecendo uma medida absoluta da heterogeneidade presente na metanálise.

3.6. Modelo de efeitos Aleatórios

A síntese dos tamanhos de efeito foi realizada por meio de um modelo de efeitos aleatórios, adotado como abordagem principal em razão da heterogeneidade esperada

entre os estudos incluídos. Esse modelo pressupõe que os tamanhos de efeito verdadeiros não são idênticos, mas variam entre os estudos em decorrência de diferenças metodológicas, características das aves, níveis de inclusão de DDGS, composição do coproduto e demais condições experimentais. Assim, considera-se que os efeitos observados representam uma distribuição de efeitos verdadeiros, incorporando tanto a variabilidade intra-estudo quanto a variabilidade entre estudos.

3.7. Análise de Subgrupos e Meta-regressão

Para investigar possíveis fontes de heterogeneidade entre os estudos, foram realizadas análises de subgrupos com base nos teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) do DDGS. Adicionalmente, foi conduzida análise de subgrupos de acordo com a fase produtiva das poedeiras, classificadas em pré-pico, pico e pós-pico de produção. Também foram realizadas análises de meta-regressão com estimativa robusta da variância, utilizando o nível de inclusão de DDGS como variável moderadora contínua. Adicionalmente, foi avaliada a interação entre o nível de inclusão de DDGS e a idade das aves, com o objetivo de investigar possíveis variações na magnitude do efeito em função da fase produtiva das poedeiras. Os resultados da metanálise foram apresentados graficamente por meio de diagramas de floresta (forest plots).

3.8. Modelagem da resposta ao nível de inclusão de DDGS

Com o objetivo de descrever a relação entre os níveis de inclusão de DDGS nas dietas e a variável resposta “produção de ovos” e “conversão alimentar”, foram ajustados modelos linear, linear-plateau e quadrático. Os modelos foram comparados quanto à qualidade de ajuste utilizando o Critério de Informação Bayesiano (BIC), o coeficiente de determinação (R^2) e a validação cruzada do tipo leave-one-out (LOO-CV, Leave-One-Out Cross-Validation), empregada para avaliar o desempenho preditivo dos modelos. A seleção do modelo mais adequado considerou, de forma conjunta, o menor valor de BIC, o maior valor de R^2 e o melhor desempenho preditivo obtido pela LOO-CV.

3.9. Avaliação da qualidade da evidência (GRADE)

A qualidade da evidência do desfecho “produção de ovo” e “conversão alimentar” incluído na revisão sistemática e metanálise foi avaliada por meio da

abordagem Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) (Guyatt et al., 2008). A certeza da evidência foi classificada em quatro níveis (alta, moderada, baixa e muito baixa), considerando os domínios de risco de viés, inconsistência, imprecisão, indireção e viés de publicação, conforme proposto pelo GRADE Working Group.

3.10. Análise de Sensibilidade e Viés de Publicação

A robustez dos resultados foi avaliada por meio de análise de sensibilidade leave-one-out, com remoção sequencial de cada estudo e reestimativa do efeito combinado. O viés de publicação foi investigado por meio de Funnel Plots e dos testes de Egger e Begg. Complementarmente, foram aplicados os métodos Trim and Fill, gráfico Doi (Doi plot), índice Luis Furuya-Kanamori index (LFK) e PET-PEESE (Precision Effect Test and Precision Effect Estimate with Standard Error), visando complementar a avaliação de viés de publicação e de efeitos de pequenos estudos.

3.11. Análise econômica

Foi realizada uma análise de ponto de equilíbrio econômico (*break-even analysis*) para determinar o preço máximo de aquisição do DDGS que poderia ser utilizado na formulação das dietas sem comprometer a viabilidade econômica da produção. A análise foi conduzida de forma independente para os desfechos produção de ovos e conversão alimentar, utilizando as respostas estimadas pelos modelos de meta-regressão ajustados para cada variável. Para a produção de ovos, o ponto de equilíbrio foi determinado pela relação entre a redução estimada na receita decorrente da menor produção de ovos e a economia obtida com a substituição parcial dos ingredientes convencionais pelo DDGS. Para a conversão alimentar, a análise considerou o efeito da inclusão do DDGS sobre o consumo de ração necessário para produzir a mesma quantidade de ovos, estimando o impacto desse efeito sobre os custos de alimentação.

A análise foi realizada utilizando os modelos ajustados para estimar a resposta de cada variável. O impacto econômico anual foi estimado para um plantel hipotético de 50.000 poedeiras durante um período de 12 meses, considerando os preços adotados para os ovos e para os principais ingredientes utilizados na formulação das dietas. Para cada nível de inclusão, foram estimados o efeito esperado sobre o desempenho

produtivo, o preço máximo de aquisição do DDGS correspondente ao ponto de equilíbrio e o resultado econômico anual (lucro ou prejuízo). Valores positivos foram interpretados como situações economicamente favoráveis, nas quais a economia obtida com a utilização do DDGS compensava as perdas econômicas decorrentes das alterações no desempenho produtivo, enquanto valores negativos indicaram inviabilidade econômica.

3.12. Análises complementares

Foi realizada meta-regressão utilizando o nível de inclusão de DDGS e a idade das aves como variáveis moderadoras contínuas. Adicionalmente, foi incluído um termo de interação (DDGS $\times$ idade), com o objetivo de avaliar se o efeito da inclusão de DDGS sobre os desfechos variava em função da fase produtiva das poedeiras.

Além da estimativa dos efeitos combinados, foram conduzidas análises complementares. A equivalência dos efeitos foi avaliada por meio do procedimento Two One-Sided Tests (TOST), utilizando limites de equivalência previamente estabelecidos, com o objetivo de verificar se os tamanhos de efeito observados poderiam ser considerados estatisticamente equivalentes a um efeito nulo ou a uma magnitude biologicamente irrelevante.

Foi calculado o Number Needed to Treat (NNT), com o objetivo de expressar a magnitude prática dos efeitos observados, estimando o número de unidades experimentais necessárias para que um evento adicional fosse observado em comparação ao grupo controle.

4 RESULTADOS

4.1. Caracterização dos estudos

Dos 23 estudos incluídos nesta metanálise, observa-se ampla variação nos níveis máximos de inclusão de DDGS (8,0 a 75,0%), na idade das aves (19 a 57 semanas), no número de tratamentos utilizados por experimento (2 a 15) e na linhagem das aves. O DDGS apresentou variabilidade composicional, com teores de proteína bruta entre 23,3% e 35,23% e de extrato etéreo entre 8,30% e 15,20% (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização dos estudos incluídos.

Estudos	N trat	Linhagem	Idade (Semanas)	DDGS Min (%)	DDGS Max (%)	N de aves	Duração do Período experimental em semanas	PB DDGS (%)	EE DDGS (%)
Deniz et al., 2013	5	Super nick white	28	0	20	480	8	24,94	11,23
Masa'deh et al., 2011	12	Bovans white	24	0	25	288	22	27	10,3
Purdum et al., 2014	2	White Leghorn	20	0	20	160	13	28,9	11,2
Romero et al., 2012	4	Hy-Line W36	26	0	20	288	8	28,2	9,68
Shin et al., 2016	5	Hy-Line Brown	57	0	20	300	12	26,34	8,7
Sun et al., 2012	4	Leghorn Branca	54	0	50	240	24	27,3	10,67
Bao et al., 2025	6	Haidong	52	0	12	288	90	31	10,2
El-Hack et al., 2019	4	Hisex Brown	32	0	18	144	10	27,23	11,27
Mahrose et al., 2016	15	Hisex Brown	26	0	100	180	12	27,23	11,27
Jiang et al., 2013	3	Hy-Line Brown	40	0	20	360	24	32,9	8,3
Loar et al., 2010	5	Bovans White	20	0	32	300	15	27,8	9,35
El-Hack et al., 2017	4	Hisex Brown	22	0	15	216	12	27,27	11,3
Bittencourt et al., 2025	5	Hisex Brown	19	0	8	240	7	35,23	10,23
El-Hack et al., 2018	4	Hisex Brown	22	0	75	120	20	27,23	11,27
Swiatkiewicz et al., 2013	4	isa Brown	26	0	20	192	29	26,9	11
Hu-Haan et al., 2010	3	Hy-Line W36	21	0	20	640	5	33,4	10,2
Rios et al., 2015	5	Hy-Line Brown	31	0	20	225	13	24,56	13,52
Attia et al., 2017	6	Inshas	28	0	20	90	20	27,15	10,03
Pineda et al., 2008	4	Hy-Line W36	47	0	70	48	4	23,3	15,2
Cheon et al., 2008	4	Hy-Line Brown	24	0	20	900	10	26,53	12,5
Tangendjaja et al., 2011	5	Isa Brown	40	0	16	260	10	26,6	9,7
Shalash et al., 2010	5	Inshas	30	0	20	150	12	27,15	10,3
Ghazalah et al., 2011	4	Bovans Brown	40	0	75	144	16	27,79	10,32

Fonte: Elaborado pela autora.

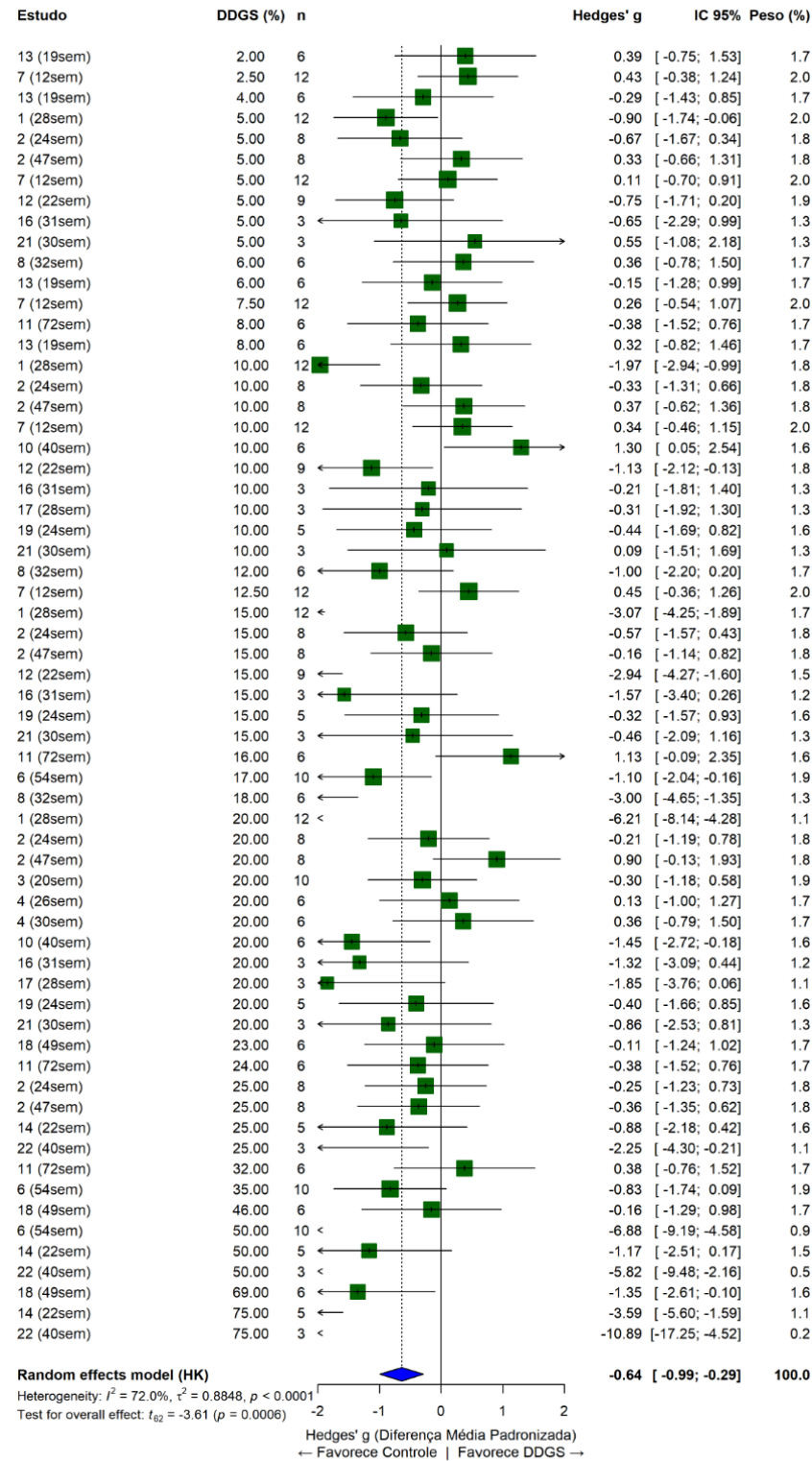
Legenda: ID. do Estudo = Identificação dos estudos. N de trat = número de tratamentos. Número de aves total por tratamento. PB = Proteína bruta. EE = Extrato etéreo.

4.2. Desfecho produção de ovos

4.2.1. Síntese dos efeitos

A análise revelou heterogeneidade entre os estudos ($I^2 = 72,0\%$; $\tau^2 = 0,8848$; $p < 0,0001$) para a variável “produção de ovo”, indicando elevada variabilidade nos tamanhos de efeito observados entre os experimentos. Apesar dessa heterogeneidade, a metanálise evidenciou efeito global significativo da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos em comparação às dietas controle (*Hedges' g* = -0,64; IC95% = -0,99 a -0,29; $p = 0,0006$), com predominância de estimativas individuais favoráveis ao tratamento controle (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de floresta dos efeitos da inclusão de DDGS sobre a produção de OVOS

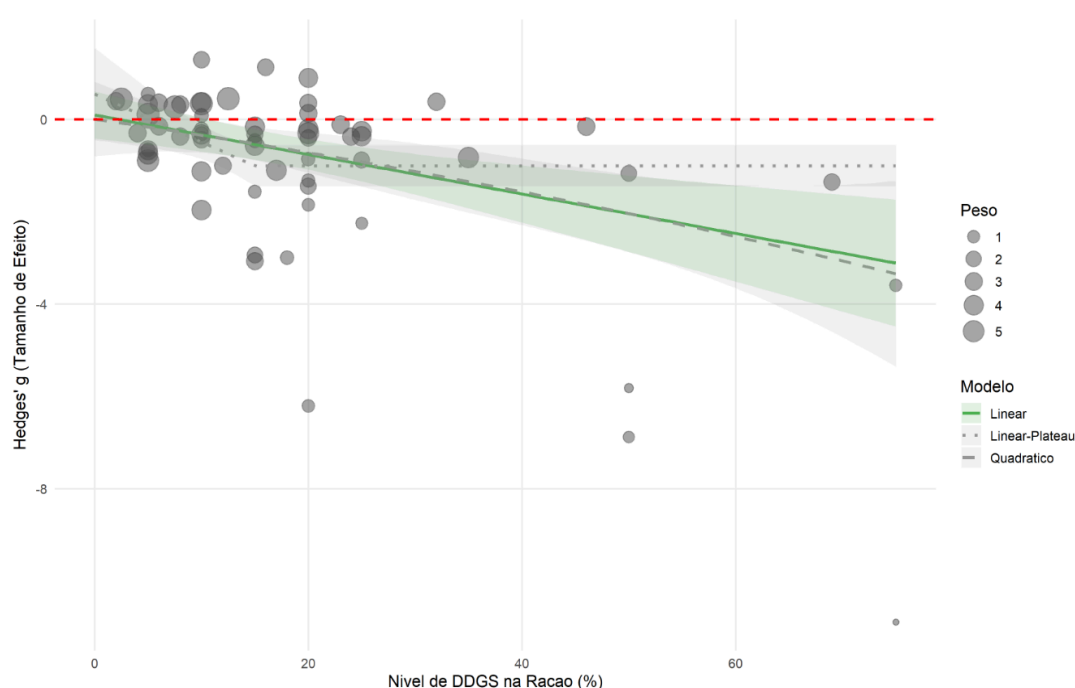


Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.2. Meta-regressão linear do efeito do DDGS sobre a produção de ovos

Observou-se tendência decrescente do tamanho do efeito com o aumento da inclusão do coproduto, indicando associação negativa entre o nível de DDGS e o desempenho relativo das aves em comparação com o tratamento controle. Sendo assim, o coeficiente de regressão estimado foi de -0,0428, indicando que, com a adição de 1% de DDGS, houve redução de 0,0428 unidades no tamanho de efeito. Essa associação foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$) (Figura 3).

Figura 3. Curva dose resposta: DDGS x Produção de ovos



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.3. Análises de Subgrupos

Os resultados da análise de subgrupos (Tabela 4) evidenciaram que a resposta da produção de ovos à inclusão de DDGS foi influenciada pela fase produtiva das aves e pela composição química do coproduto. O efeito negativo foi observado exclusivamente durante o pico de produção e nos subgrupos que utilizaram DDGS com baixa e média proteína bruta, bem como elevado teor de extrato etéreo. Em contrapartida, não foram detectadas diferenças significativas nas fases pré-pico e pós-pico, nem nos subgrupos

com alta proteína bruta ou teor intermediário de extrato etéreo. A heterogeneidade permaneceu baixa em todas as análises de subgrupos ($I^2 \leq 0,8\%$).

Tabela 4 – Análise de subgrupos para produção de ovos de poedeiras alimentadas com DDGS.

Variável	Subgrupo	<i>Hedges'g</i>	IC95%	<i>p</i>
Fase produtiva	Pré-pico	0,246	-0,059 a 0,550	0,114
	pico de produção	-1,019	-1,409 a -0,630	< 0,001
	Pós-pico	-0,367	-0,922 a 0,188	0,195
Proteína bruta (%)	Baixa (<27%)	-1,252	-1,940 a -0,564	< 0,001
	Média (27–30%)	-0,690	-1,053 a -0,327	< 0,001
	Alta ($\geq 30\%$)	0,208	-0,104 a 0,520	0,192
Extrato etéreo (%)	Intermediário (8–11%)	0,221	-0,521 a 0,078	0,148
	Alto ($\geq 11\%$)	-1,264	-1,743 a -0,786	< 0,001

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Em todos os subgrupos, a heterogeneidade foi baixa ($I^2 \leq 0,8\%$).

4.2.4. Análise de Sensibilidade

Para avaliar a robustez dos resultados foi utilizado o método Leave-One-Out para a análise de sensibilidade, no qual cada estudo foi removido sequencialmente e o efeito global recalculado. A exclusão individual de qualquer estudo não alterou o tamanho de efeito médio em mais de 0,1 unidades de *Hedges'g* (Tabela 5). Isso evidencia que a exclusão sequencial de cada estudo individualmente não alterou significativamente a magnitude, a direção ou a significância estatística do tamanho do efeito global, indicando que os resultados não foram desproporcionalmente influenciados por nenhuma pesquisa específica.

Tabela 5. Análise de sensibilidade pelo método leave-one-out

Estudo removido	DDGS (%)	g sem estudo	IC 95% inf	IC 95% Sup	Delta g	Mudança (%)
Deniz et al., 2013	20	-0.558	-0.821	-0.295	0.082	12.8
Sun et al., 2012	50	-0.567	-0.832	-0.301	0.073	11.4
Deniz et al., 2013	15	-0.588	-0.863	-0.313	0.052	8.1
El-Hack et al., 2017	15	-0.597	-0.875	-0.319	0.043	6.7
El-Hack et al., 2018	75	-0.603	-0.883	-0.324	0.037	5.7

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: g sem estudo = novo tamanho de efeito global. IC 95% inf = Limite inferior do intervalo de confiança de 95% do novo efeito global. IC 95% sup = Limite superior do intervalo de confiança de 95% do novo efeito global. |Delta g| = Variação absoluta do efeito global.

4.2.5. Certeza da evidência (GRADE)

A avaliação da certeza da evidência pelo sistema GRADE indicou classificação final “muito baixa”. Esse nível de confiança reflete grande incerteza em relação à estimativa do efeito obtida na síntese quantitativa, indicando que a verdadeira magnitude do efeito pode ser diferente daquela observada.

4.2.6. Detecção de viés de publicação

Os três métodos aplicados indicaram evidências consistentes de viés de publicação. O teste de Egger detectou assimetria significativa no funnel plots ($t = -5,192$; $p = 2,53 \times 10^{-6}$), sugerindo que estudos com resultados menos favoráveis ou estatisticamente não significativos podem estar sub-representados. De forma semelhante, o teste de Begg indicou assimetria significativa ($z = -4,140$; $p = 3,47 \times 10^{-5}$), corroborando a presença de possível viés de publicação. Adicionalmente, o Doi plot apresentou índice LFK de $-4,770$, valor absoluto superior a 2, o que caracteriza assimetria maior e reforça a probabilidade de viés de publicação (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação dos métodos de viés de publicação

Método	Estatística	p-valor/critério	Conclusão
Funnel Plot (Egger)	-5.192	$2,53 \times 10^{-6}$	Assimetria detectada
Rank Correlation (Begg)	-4.140	$3,47 \times 10^{-5}$	Assimetria detectada
Doi Plot (LFK)	-4.770	<0.05 (assimetria major)	Assimetria major (viés provável)

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Valores de $p < 0,05$ nos testes de Egger e Begg indicam evidência de assimetria.

4.2.7. Viabilidade econômica da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos

A análise de ponto de equilíbrio demonstrou que a viabilidade econômica da utilização do DDGS foi dependente do nível de inclusão empregado na dieta (Tabela 7). Considerando o preço de referência do DDGS de R\$ 0,50/kg, inclusões de até 5% apresentaram retorno econômico positivo, enquanto níveis superiores resultaram em prejuízo econômico devido à redução estimada na produção de ovos. Nos menores níveis de inclusão avaliados, o DDGS apresentou margem econômica favorável. A inclusão de 2% apresentou o maior retorno econômico, com efeito estimado de +1,03 pontos percentuais na produção de ovos, preço máximo de equilíbrio de R\$ 3,56/kg de DDGS e lucro anual estimado de R\$ 973 para um plantel de 50.000 poedeiras. De forma semelhante, níveis de 2,5; 4 e 5% apresentaram valores de break-even superiores ao preço de mercado considerado, indicando viabilidade econômica.

Entretanto, a partir de 6% de inclusão, o preço máximo de equilíbrio tornou-se inferior ao preço de aquisição utilizado na análise, indicando que a economia proporcionada pela substituição dos ingredientes convencionais não foi suficiente para compensar a redução na produção de ovos. Nesse nível, o modelo estimou redução de 0,23 pontos percentuais na produção de ovos e prejuízo anual aproximado de R\$ 62. Com o aumento da inclusão de DDGS, observou-se redução progressiva do retorno econômico, atingindo prejuízos superiores a R\$ 200 mil/ano nas maiores inclusões avaliadas. A partir de 12% de inclusão, o efeito negativo sobre a produção de ovos estabilizou próximo ao limite inferior estimado pelo modelo (-3,05 pontos percentuais), indicando ausência de compensação econômica pelo menor custo da formulação.

Dessa forma, considerando as condições econômicas adotadas, o ponto de equilíbrio foi identificado próximo a 5% de inclusão de DDGS, representando o limite máximo economicamente viável para utilização do coproduto em dietas de poedeiras. Acima desse nível, a redução na receita proveniente da menor produção de ovos supera a economia obtida pela inclusão do DDGS.

Tabela 7. Break-Even por Nível de Inclusão de DDGS (Preço ovo: R\$ 0.5/un)

DDGS (%)	g estimado	Δ produção (p.p)	1,10 Kg	Lucro/prejuízo (R\$ mil/ano)	
2.0	0.34	1.03	3.56	verdadeiro	97.3
2.5	0.29	0.87	2.80	verdadeiro	84.4
4.0	0.13	0.40	1.68	verdadeiro	45.5
5.0	0.03	0.09	1.30	verdadeiro	19.7
6.0	-0.07	-0.23	1.05	Falso	-6.2
7.5	-0.23	-0.70	0.80	Falso	-45.1
8.0	-0.28	-0.86	0.73	Falso	-58.0
10.0	-0.49	-1.48	0.55	Falso	-109.8
12.0	-0.70	-2.11	0.42	Falso	-161.6
12.5	-0.75	-2.27	0.39	Falso	-174.5
15.0	-1.01	-3.05	0.29	Falso	-239.2
16.0	-1.01	-3.05	0.35	Falso	-236.8
17.0	-1.01	-3.05	0.40	Falso	-234.5
18.0	-1.01	-3.05	0.45	Falso	-232.1
20.0	-1.01	-3.05	0.53	Falso	-227.3
23.0	-1.01	-3.05	0.62	Falso	-220.2
24.0	-1.01	-3.05	0.64	Falso	-217.8
25.0	-1.01	-3.05	0.66	Falso	-215.5
32.0	-1.01	-3.05	0.79	Falso	-198.8
35.0	-1.01	-3.05	0.82	Falso	-191.7
46.0	-1.01	-3.05	0.92	Falso	-165.6
50.0	-1.01	-3.05	0.94	Falso	-156.1
69.0	-1.01	-3.05	1.02	Falso	-110.9
75.0	-1.01	-3.05	1.03	Falso	-96.7

Fonte: Elaborado pela autora.

Parâmetros: Granja: 50.000 poedeiras | Milho: R\$ 0.8/kg | FSoja: R\$ 2.2/kg | Ciclo: 12 meses | g via modelo Quadrático

4.2.8. Análises exploratórias

A meta-regressão com interação entre o nível de inclusão de DDGS e a idade das aves indicou associação negativa entre o aumento da inclusão desse coproduto na dieta e a magnitude do efeito sobre a produção de ovos. Em todas as faixas etárias avaliadas, observou-se tendência de redução dos valores de *Hedges' g* à medida que os níveis de DDGS aumentaram. As curvas estimadas para os percentis 25 (23 semanas), 50 (30 semanas) e 75 (40 semanas) apresentaram comportamento semelhante, evidenciando um efeito negativo crescente da inclusão de DDGS independentemente da idade das aves.

A análise de NNT indicou uma diferença média global de -1,79 pontos percentuais na produção de ovos entre os grupos alimentados com DDGS e os grupos controle. O NNT global estimado foi de 55,9 aves, indicando que, para cada 55,9 poedeiras alimentadas com dietas contendo DDGS, ocorre a redução de aproximadamente um ovo por dia em comparação às aves alimentadas com dietas controle.

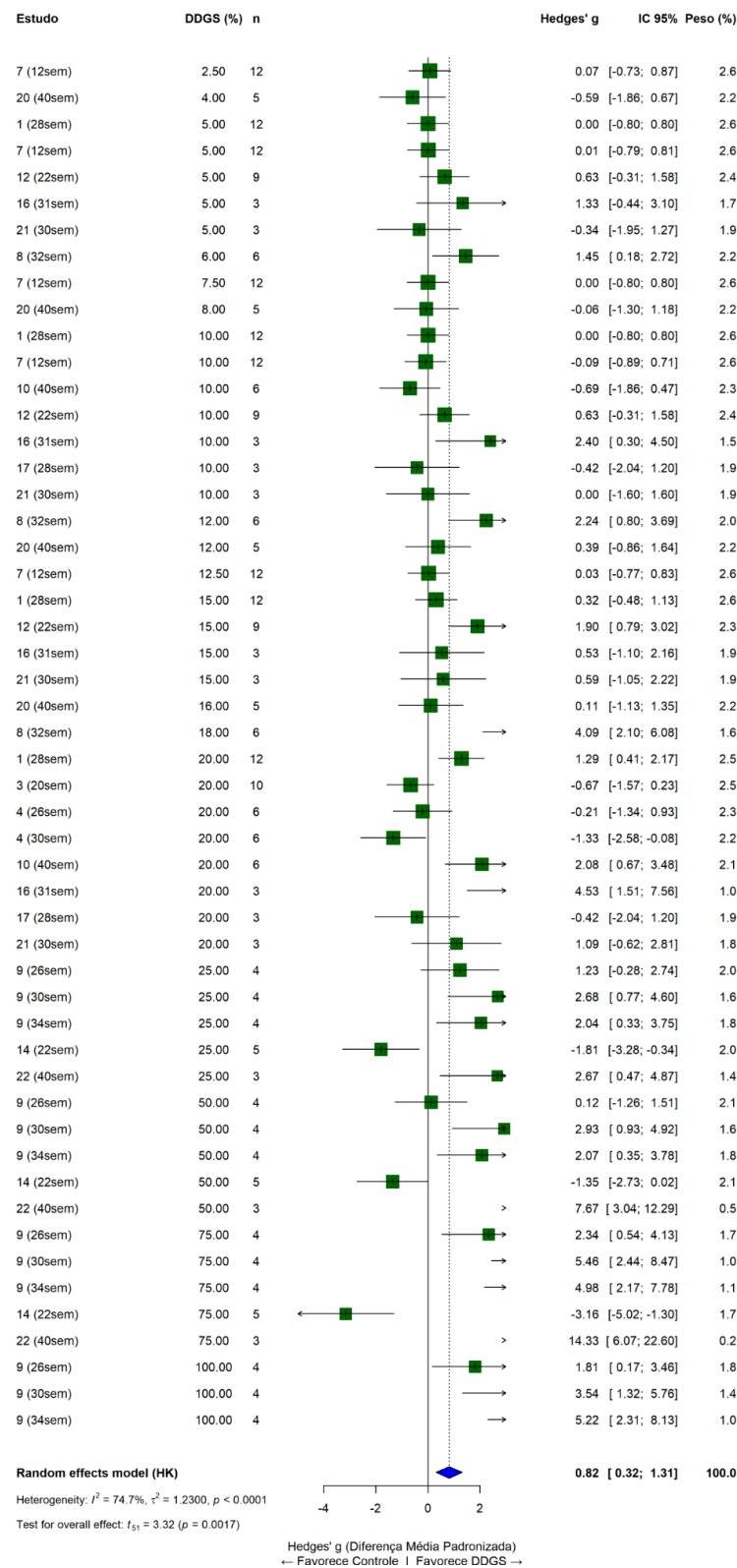
A análise de TOST, utilizando margem de equivalência de $\pm 0,2$ para *Hedges' g*, não demonstrou equivalência entre os grupos avaliados ($p = 0,9935$). O tamanho de efeito combinado foi de $g = -0,64$ (IC95%: -0,987 a -0,293), ultrapassando os limites de equivalência preestabelecidos.

4.3. Desfecho conversão alimentar

4.3.1. Síntese dos efeitos

A análise revelou heterogeneidade elevada entre os estudos ($I^2 = 74,7\%$; $\tau^2 = 1,2300$; $p < 0,0001$) para a variável conversão alimentar, indicando variabilidade nos tamanhos de efeito observados entre os experimentos. Apesar dessa heterogeneidade, a metanálise evidenciou efeito global significativo da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar das poedeiras em comparação às dietas controle (*Hedges' g* = 0,82; IC95%: 0,32 a 1,31; $p = 0,0017$), com aumento da conversão alimentar e consequente redução da eficiência de utilização dos nutrientes (Figura 4).

Figura 4. Diagrama de floresta dos efeitos da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar

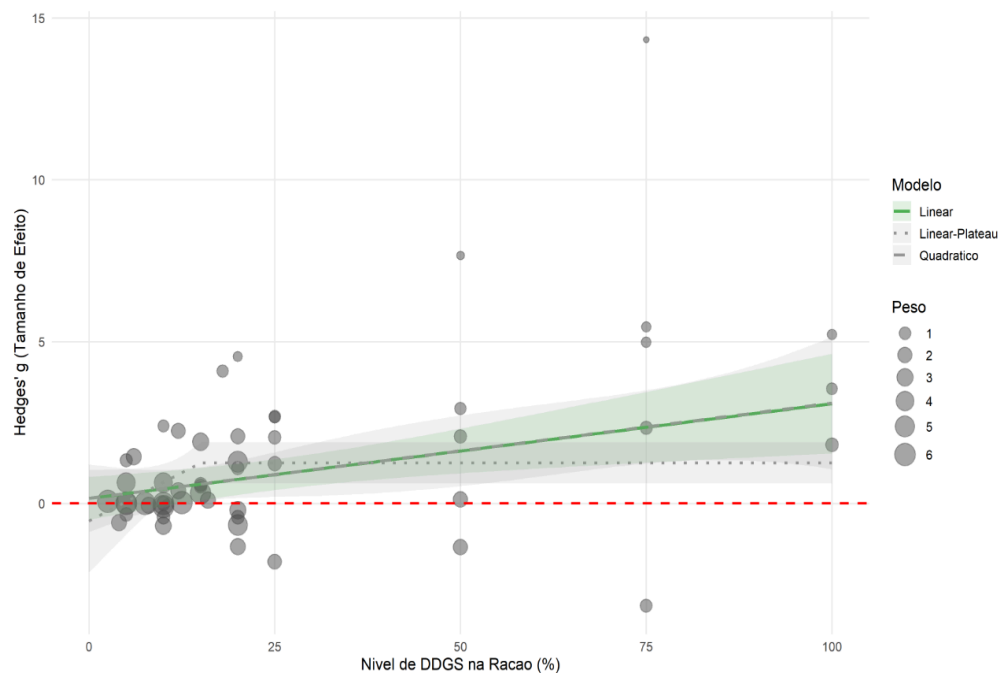


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2. Meta-regressão linear do efeito do DDGS sobre a conversão alimentar

A meta-regressão evidenciou associação linear positiva entre o nível de inclusão de DDGS e a conversão alimentar das poedeiras ($\beta = 0,0293$; $p = 0,004$). O coeficiente estimado indica que, para cada aumento de 1% na inclusão de DDGS na dieta, houve incremento de 0,0293 unidades no tamanho do efeito da conversão alimentar, conforme a figura 5.

Figura 5. Curva dose resposta: DDGS x Conversão alimentar



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.3. Análise de subgrupos

A análise de subgrupos (Tabela 8) demonstrou que o efeito da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar variou em função da fase produtiva das aves e da composição nutricional do coproduto. Observou-se efeito significativo durante o pico de produção, bem como nos subgrupos com baixa e média proteína bruta e com elevado teor de extrato etéreo. Em contraste, não foram observados efeitos significativos na fase pré-pico, no subgrupo com alta proteína bruta e naquele com teor intermediário de extrato etéreo. Em todos os subgrupos, a heterogeneidade foi baixa ($I^2 \leq 0,8\%$).

Tabela 8 – Análise de subgrupos da conversão alimentar de poedeiras alimentadas com DDGS.

Variável	Subgrupo	Hedges'g	IC95%	p
Fase produtiva	Pré-pico	0,004	-0,354 a 0,362	> 0,05
	pico de produção	0,982	0,548 a 1,417	< 0,05
Proteína bruta (%)	Baixa (<27%)	0,477	0,002 a 0,953	<0,05
	Média (27–30%)	1,244	0,618 a 1,870	< 0,05
	Alta ($\geq$ 30%)	0,091	-0,340 a 0,522	> 0,05
Extrato etéreo (%)	Intermediário (8–11%)	0,141	-0,262 a 0,545	> 0,05
	Alto ($\geq$ 11%)	1,325	0,768 a 1,882	> 0,05

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Em todos os subgrupos, a heterogeneidade foi baixa ($I^2 \leq 0,8\%$).

4.3.4. Análise de sensibilidade

Para avaliar a robustez dos resultados foi utilizado o método leave-one-out de análise de sensibilidade, no qual cada estudo foi removido sequencialmente e o efeito global recalculado. A exclusão individual dos estudos resultou em variação mínima do tamanho de efeito, com mudança máxima de $\Delta g = 0,065$ e mudança média de $\Delta g = 0,029$, em relação ao efeito global inicial ($g = 0,819$; IC95%: 0,324–1,314) (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de sensibilidade pelo método leave-one-out

Estudo removido	DDGS (%)	g sem estudo	IC 95% inf	IC 95% Sup	 Delta g 	Mudança (%)
El-Hack et al., 2019	18	0.754	0.391	1.118	0.065	7.9
El-Hack et al., 2018	75	0.763	0.399	1.127	0.056	6.9
Mahrose et al., 2016	100	0.763	0.399	1.128	0.056	6.8
El-Hack et al., 2018	75	0.764	0.399	1.129	0.055	6.7
El-Hack et al., 2018	75	0.871	0.509	1.234	0.053	6.4

Fonte: Elaborado pela autora.

Legenda: g sem estudo = Novo tamanho de efeito global. IC 95% inf = Limite inferior do intervalo de confiança de 95% do novo efeito global. IC 95% sup = Limite superior do intervalo de confiança de 95% do novo efeito global. |Delta g| = Variação absoluta do efeito global.

4.3.5. Certeza da evidência (GRADE)

A avaliação da certeza da evidência pelo sistema GRADE indicou classificação final “muito baixa”. Esse nível de confiança reflete grande incerteza em relação à estimativa do efeito obtida na síntese quantitativa, indicando que a verdadeira magnitude do efeito pode ser diferente daquela observada.

4.3.6. Detecção de viés de publicação

O teste de Egger revelou assimetria estatisticamente significativa ($t = 5,185$; $p = 3,91 \times 10^{-6}$), resultado corroborado pelo teste de correlação de Begg ($z = 5,170$; $p = 2,33 \times 10^{-7}$). Complementarmente, o DOI plot apresentou índice LFK de 5,510, caracterizando assimetria major ($|LFK| > 2$), o que sugere forte evidência de desequilíbrio entre os estudos incluídos (Tabela 10).

Tabela 10. Comparação dos métodos de viés de publicação

Método	Estatística	p-valor/critério	Conclusão
Funnel Plot (Egger)	5.185	$3,91 \times 10^{-6}$	Assimetria detectada
Rank Correlation (Begg)	5.170	$2,33 \times 10^{-5}$	Assimetria detectada
Doi Plot (LFK)	5.510	<0.05 (assimetria major)	Assimetria major (viés provável)

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: Valores de $p < 0,05$ nos testes de Egger e Begg indicam evidência de assimetria.

4.3.7. Viabilidade econômica da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar

A análise de break-even demonstrou que a inclusão de DDGS apresentou viabilidade econômica em todos os níveis avaliados, considerando o preço do ovo de R\$ 0,50/unidade, custo do milho de R\$ 0,80/kg, farelo de soja de R\$ 2,20/kg e escala produtiva de 50.000 poedeiras (Tabela 11). O preço máximo de aquisição do DDGS para manutenção do equilíbrio econômico apresentou pequena variação entre os níveis de inclusão, reduzindo de R\$ 1,28/kg no nível de 2,5% para aproximadamente R\$ 1,24/kg nos níveis mais elevados de inclusão. Observou-se comportamento crescente no lucro estimado com o aumento do nível de inclusão de DDGS. Nos menores níveis de inclusão (2,5 a 8,0%), o lucro anual estimado variou de R\$ 8,7 mil a R\$ 23,7 mil, respectivamente. A partir da inclusão de 10% de DDGS, os ganhos econômicos foram progressivamente maiores, alcançando R\$ 56,5 mil com 20% de inclusão, R\$ 138,3 mil com 50% de inclusão e R\$ 274,7 mil com 100% de inclusão.

A variação positiva do retorno econômico esteve associada ao aumento estimado do efeito sobre a conversão alimentar, representado pelo incremento do tamanho de efeito (g), que variou de 0,23 no nível de 2,5% de DDGS para 3,08 na inclusão de 100%. Consequentemente, a diferença estimada na conversão alimentar apresentou aumento progressivo, variando de 0,03 a 0,41 pontos percentuais entre os níveis avaliados. Apesar do aumento linear observado no retorno econômico, destaca-se que o modelo considera exclusivamente o impacto da inclusão do DDGS sobre a conversão alimentar, mantendo constantes os demais parâmetros produtivos e econômicos. Dessa forma, os resultados indicam que, sob as condições simuladas, a utilização do DDGS apresenta potencial de redução dos custos associados à alimentação e aumento da

margem econômica da produção de ovos, desde que o preço de aquisição do ingrediente permaneça abaixo do valor de equilíbrio estimado (aproximadamente R\$ 1,24–1,28/kg).

Tabela 11. Break-Even por Nível de Inclusão de DDGS (Preço ovo: R\$ 0.5/un)

DDGS (%)	g estimado	Δ produção (p.p)	1,10 Kg	Lucro/prejuízo (R\$ mil/ano)	
2.5	0.23	0.03	1.28	Verdadeiro	8.7
4.0	0.28	0.04	1.26	Verdadeiro	12.8
5.0	0.30	0.04	1.26	Verdadeiro	15.5
6.0	0.33	0.04	1.25	Verdadeiro	18.3
7.5	0.38	0.05	1.25	Verdadeiro	22.4
8.0	0.39	0.05	1.25	Verdadeiro	23.7
10.0	0.45	0.06	1.25	Verdadeiro	29.2
12.0	0.51	0.07	1.25	Verdadeiro	34.6
12.5	0.52	0.07	1.25	Verdadeiro	36.0
15.0	0.60	0.08	1.24	Verdadeiro	42.8
16.0	0.63	0.08	1.24	Verdadeiro	45.6
18.0	0.69	0.09	1.24	Verdadeiro	51.0
20.0	0.74	0.10	1.24	Verdadeiro	56.5
25.0	0.89	0.12	1.24	Verdadeiro	70.1
50.0	1.62	0.22	1.24	Verdadeiro	138.3
75.0	2.35	0.31	1.24	Verdadeiro	206.5
100.0	3.08	0.41	1.24	Verdadeiro	274.7

Fonte: Elaborado pela autora.
Parâmetros: Granja: 50.000 poedeiras | Milho: R\$ 0.8/kg | FSoja: R\$ 2.2/kg | Ciclo: 12 meses | g via modelo Linear

4.3.8. Análises exploratórias

A meta-regressão com interação entre nível de inclusão de DDGS e idade das poedeiras indicou que o efeito do ingrediente sobre a conversão alimentar varia conforme a fase produtiva. Observou-se uma tendência geral de aumento do tamanho de efeito (*Hedges’ g*) com o incremento do nível de DDGS, sugerindo piora na eficiência alimentar à medida que sua inclusão dietética é elevada.

A análise estratificada por idade evidenciou comportamento diferencial entre as fases produtivas. Em aves mais jovens (percentil 25; aproximadamente 26 semanas), o efeito do DDGS sobre a conversão alimentar foi praticamente nulo ou discretamente positivo, indicando baixa sensibilidade dessa fase ao aumento do ingrediente. Em contrapartida, aves em idade intermediária (percentil 50; aproximadamente 30 semanas) apresentaram aumento moderado da conversão alimentar com a elevação do DDGS. O efeito foi mais pronunciado no percentil 75 (aproximadamente 32 semanas), indicando maior magnitude de resposta negativa sobre a eficiência alimentar em aves mais velhas.

O efeito global da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar apresentou magnitude positiva (+0,09), indicando aumento na conversão alimentar e, consequentemente, redução da eficiência alimentar das aves. O número necessário para tratar (NNT = 1138,6) sugere que seriam necessárias aproximadamente 1.139 aves submetidas à intervenção para que uma apresentasse alteração no desfecho em relação ao grupo controle. Esse elevado valor de NNT evidencia baixa relevância prática do efeito observado, apesar da significância estatística, indicando que o impacto do DDGS sobre a conversão alimentar é de pequena magnitude do ponto de vista produtivo.

A análise de equivalência pelo procedimento TOST (Two One-Sided Tests), considerando margem de equivalência definida em $\Delta = \pm 0,20$, indicou que a equivalência estatística não foi estabelecida para o efeito avaliado. O tamanho de efeito observado ($g = 0,819$; IC95%: 0,336 a 1,302) ultrapassou os limites previamente definidos como de relevância prática, evidenciando que o intervalo de confiança não se encontra contido na região de equivalência. Além disso, o teste TOST não foi significativo ($p = 0,994$), o que reforça a impossibilidade de concluir que o efeito seja estatisticamente equivalente a zero dentro da margem estabelecida.

5 DISCUSSÃO

Nesta revisão sistemática com metanálise foi investigado o efeito da inclusão do DDGS na alimentação de poedeiras sobre a produção de ovos e conversão alimentar. Esta análise incluiu 23 estudos elegíveis, proveniente de um total de 13.752 registros identificados em bases de dados. Até o momento não foi encontrado nenhum estudo metanalítico avaliando o efeito do DDGS na alimentação de poedeiras, ao contrário da

disponibilidade de sínteses quantitativas já realizada com frangos de corte (Jang et al., 2020; Jang et al., 2022).

A metanálise evidenciou efeito negativo significativo da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos e aumento da conversão alimentar, ambos acompanhados de elevada heterogeneidade entre os estudos (Figura 2 e Figura 4). Esses resultados indicam que fatores inerentes às características dos experimentos podem ter influenciado a magnitude da resposta das aves à inclusão de DDGS na dieta para ambos os desfechos analisados. Resultados semelhantes foram observados em outras espécies monogástricas. Em uma revisão sistemática com metanálise envolvendo frangos de corte, Jang et al. (2022) verificaram que a inclusão de DDGS promoveu redução significativa no ganho de peso corporal, no consumo de ração e na eficiência alimentar, especialmente durante a fase inicial de criação e quando os níveis de inclusão ultrapassaram 20% da dieta. De forma semelhante, Jang et al. (2021), em metanálise com suínos, observaram que a inclusão de DDGS promoveu pequenas, porém significativas, reduções no ganho médio diário, no consumo diário de ração e na eficiência alimentar, demonstrando que os efeitos desse coproduto sobre o desempenho também não são uniformes nessa espécie. Em ambos os estudos, os autores atribuíram esses resultados, principalmente, à elevada variabilidade da composição química do DDGS (Belyea et al., 2010), às diferenças na digestibilidade dos nutrientes e à influência de fatores como nível de inclusão, fase produtiva dos animais e qualidade do coproduto. Esses achados corroboram os resultados do presente estudo e reforçam que a composição e a qualidade nutricional do DDGS constituem importantes fontes de heterogeneidade, podendo comprometer o desempenho produtivo quando sua utilização não é adequadamente ajustada às exigências nutricionais dos animais (Bottger; Sudekum et al., 2018).

Além disso, diferenças nos delineamentos experimentais dos estudos incluídos podem ter contribuído para a variação nos efeitos observados. Entre os artigos analisados, verificam-se flutuações nos níveis máximos de inclusão de DDGS, idade das aves, linhagem das poedeiras, duração do período experimental e número de tratamentos utilizados (Tabela 3). Esses elementos podem alterar a capacidade das aves de aproveitar os nutrientes e modificar a resposta produtiva (Buenavista et al., 2021). Os resultados da meta-regressão sustentam essa hipótese, evidenciando uma relação linear

negativa entre o nível de inclusão de DDGS e a produção de ovos (Figura 3), indicando redução progressiva do desempenho produtivo com o aumento da inclusão do coproduto. De forma consistente, verificou-se uma relação linear positiva entre o nível de inclusão de DDGS e a conversão alimentar (Figura 5), sugerindo piora da utilização dos nutrientes à medida que aumenta a inclusão do ingrediente na dieta.

A repercussão prática desses resultados foi evidenciada pela análise de Break-even (Tabela 7 e Tabela 11), demonstrando que os efeitos biológicos da inclusão de DDGS apresentam reflexos diretos sobre a viabilidade econômica da produção. Embora a inclusão do ingrediente possa reduzir o custo da dieta em função do menor custo de aquisição em relação aos ingredientes convencionais, esse benefício pode ser limitado pela piora da conversão alimentar e, principalmente, pela redução da produção de ovos observada em níveis mais elevados de inclusão. Dessa forma, a redução do custo alimentar isoladamente não é necessariamente suficiente para compensar perdas na receita provenientes da menor produção, reforçando a necessidade de avaliar simultaneamente indicadores zootécnicos e econômicos, uma vez que a rentabilidade da atividade depende do equilíbrio entre eficiência alimentar, desempenho produtivo e custo dos ingredientes (Leeson; Summers, 2005). Além disso, por se tratar de uma simulação baseada em parâmetros econômicos fixos, os resultados são dependentes das condições de mercado, especialmente das relações de preço entre DDGS, milho, farelo de soja e ovos, podendo variar conforme o cenário produtivo (Procópio et al., 2022).

Em consonância, as análises de subgrupos indicaram que o efeito da inclusão de DDGS sobre a conversão alimentar e a produção de ovos foi modulado pela fase produtiva das aves e pela composição nutricional do ingrediente. Em ambos os desfechos, observou-se maior magnitude de efeito durante o pico de produção, enquanto as fases pré-pico e pós-pico apresentaram ausência ou redução da significância estatística, embora com diferenças na magnitude dos efeitos entre os desfechos. Em relação à composição do DDGS, observou-se padrão parcialmente consistente entre os desfechos, com efeitos mais pronunciados associados a teores reduzidos de proteína bruta e ausência de efeito no grupo com maior teor proteico. Quanto ao extrato etéreo, ambas as variáveis estudadas indicaram maior magnitude de efeito em DDGS com elevado teor lipídico, embora com diferenças na distribuição de significância entre os subgrupos. A baixa heterogeneidade dentro dos subgrupos sugere consistência dos efeitos dentro das categorias analisadas, indicando que a fase produtiva e a composição

nutricional do DDGS explicam parte da variabilidade na resposta das poedeiras, ainda que com diferenças na intensidade dos efeitos entre conversão alimentar e produção de ovos.

Os achados observados nas análises de subgrupos (Tabela 4 e 8) podem ser explicados principalmente por diferenças na disponibilidade de aminoácidos digestíveis e no valor energético do DDGS, conforme relatado no estudo metanalítico realizado por Zhu et al., (2018). A variabilidade na composição proteica do ingrediente, especialmente em relação à digestibilidade de aminoácidos essenciais como lisina, metionina, treonina, triptofano e arginina pode resultar em desequilíbrios no perfil aminoacídico da dieta, comprometendo a adequação da relação entre aminoácidos limitantes necessários para a síntese de proteína do ovo (Micelline et al., 2021). Esse efeito pode ser ainda mais relevante durante o pico de produção, quando a demanda por aminoácidos essenciais é elevada e a capacidade de compensação metabólica é reduzida (Roberts et al., 2007).

Adicionalmente, características da fração fibrosa do DDGS podem contribuir de forma complementar para a variabilidade observada na resposta das poedeiras. O elevado teor de fibra insolúvel e de polissacarídeos não amiláceos pode alterar a dinâmica de trânsito da digesta e reduzir a eficiência de aproveitamento energético da dieta (Bedford et al., 2023). Embora secundário em relação às variações no perfil de aminoácidos digestíveis, esse componente pode intensificar limitações nutricionais em cenários de maior inclusão do coproduto, sobretudo em fases de elevada exigência produtiva (Jha; Mishra, 2021; Suyama; Gewehr, 2026). Por outro lado, a ausência de informações padronizadas sobre a composição e as frações de fibra do DDGS nos estudos primários impossibilitou a realização de análises de subgrupos mais detalhadas sobre o papel específico desse componente na resposta produtiva das poedeiras, limitando a compreensão dos mecanismos envolvidos na redução da produção de ovos. Dessa forma, pesquisas futuras são necessárias para melhor caracterizar a composição fibrosa do ingrediente e avaliar estratégias de suplementação enzimática, visando otimizar o aproveitamento nutricional desse ingrediente e definir condições mais adequadas para sua utilização na alimentação de poedeiras.

Ademais, análises de meta-regressão com interação entre o nível de inclusão de DDGS e a idade das poedeiras revelaram padrões distintos entre os desfechos avaliados.

Para a conversão alimentar, observou-se um aumento progressivo do tamanho de efeito com o incremento do nível de DDGS. Possivelmente em decorrência da idade das aves, sendo praticamente nulo em aves mais jovens, moderado em aves em fase intermediária e mais pronunciado em aves mais velhas, indicando que a maturidade fisiológica influencia a sensibilidade desses animais à inclusão do coproduto na dieta (Sakomura; Rostagno, 2016; Leeson; Summers, 2005). Em contraste, para a produção de ovos, observou-se uma associação negativa consistente entre o aumento da inclusão de DDGS e a magnitude do efeito em todas as faixas etárias avaliadas, com comportamento semelhante das curvas estimadas entre os percentis analisados. Esse padrão indica que o efeito do DDGS sobre a produção de ovos é predominantemente dependente do nível de inclusão do ingrediente, com baixa influência da idade das aves na modulação da resposta.

Complementarmente, a análise de magnitude dos efeitos evidencia um padrão consistente de impacto do DDGS sobre o desempenho produtivo das poedeiras. Para a produção de ovos, observou-se um efeito de grande magnitude (*Hedges' g* = -0,64), acompanhado de evidência de não trivialidade biológica e possível relevância prática, conforme indicado pela análise de equivalência (TOST) e pelo número necessário para tratamento (NNT = 55,9). Entretanto, a conversão alimentar apresentou aumento estatisticamente significativo, porém de menor relevância prática (*Hedges' g* = 0,819), conforme indicado pelo elevado NNT (1.138,6) e pela ausência de equivalência estatística no teste TOST. A ausência de proporcionalidade direta entre os efeitos observados sobre a produção de ovos e a conversão alimentar pode ser atribuída ao fato de que esses desfechos representam dimensões fisiológicas distintas do desempenho produtivo. Enquanto a produção de ovos reflete processos metabólicos mais sensíveis à disponibilidade de aminoácidos essenciais e ao equilíbrio energético para síntese de albumina e formação da casca, a conversão alimentar resulta de uma relação composta entre consumo de ração e produção, podendo ser parcialmente compensada por ajustes no padrão de ingestão (Kidd; Loar, 2020). Dessa forma, alterações relativamente modestas no aproveitamento dos nutrientes podem se traduzir em impactos mais pronunciados sobre a produção de ovos, sem necessariamente gerar variações proporcionais na conversão alimentar (Bregendahl et al., 2008), especialmente em contextos de elevada heterogeneidade experimental e diferenças na composição do DDGS entre os estudos incluídos.

A presença de assimetria detectada nas análises de viés de publicação para ambos os desfechos não comprometeu a estabilidade das estimativas, conforme demonstrado pela análise de sensibilidade por meio do método leave-one-out. Embora exista indicação de viés de publicação e assimetria entre os estudos, as estimativas globais apresentam consistência. Sendo assim, a interpretação dos efeitos deve considerar a possibilidade de superestimação das magnitudes observadas, especialmente para a produção de ovos e conversão alimentar. Em concordância com essas limitações, a avaliação da certeza da evidência pelo sistema GRADE classificou o desfecho como de muito baixa confiança. O rebaixamento da evidência foi atribuído principalmente ao risco de viés dos estudos incluídos, heterogeneidade, bem como às limitações metodológicas observadas em parte dos experimentos incluídos e à imprecisão das estimativas de efeito. Assim, embora os resultados sugiram impacto biologicamente relevante da inclusão de DDGS sobre a produção de ovos, a magnitude desse efeito deve ser interpretada com cautela.

6 CONCLUSÃO

A metanálise confirmou que a inclusão de DDGS em dietas para galinhas poedeiras exerce efeito sobre a produção de ovos e a conversão alimentar. De modo geral, a utilização desse coproduto esteve associada à redução da produção de ovos e à piora da conversão alimentar, com respostas influenciadas pelo nível de inclusão, pela fase produtiva das aves e pela composição nutricional do DDGS. Por fim, esta revisão constitui a primeira metanálise sobre o uso de DDGS na alimentação de poedeiras comerciais, fornecendo evidências que subsidiam futuras recomendações nutricionais e destacando a necessidade de estudos com maior padronização metodológica e melhor caracterização da composição do DDGS para essas aves.

7 DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Declaro, para os devidos fins, o uso do ChatGPT (GPT-5.6 Luna), da OpenAI, como ferramenta de apoio na elaboração desta dissertação, principalmente para tradução, estruturação, organização teórica e revisão linguística. Todo o conteúdo foi revisado e validado por mim, sendo de minha responsabilidade a autoria, a veracidade e a integridade das informações apresentadas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Gabriel; SILVA, Nathan; MINAFRA, Cibele; *et al.* Alimentos Alternativos Para Formulação De Dietas De Cães E Gatos. *Ciência Animal*, v. 35, n. 2, p. 14561–14561, 2025. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/cienciaanimal/article/view/15782>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Relatório anual ABPA*. Disponível em: <https://abpa-br.org/abpa-relatorio-anual/>. Acesso em: 07 abr. 2026.

BITTENCOURT, Tatiana. Grãos secos de destilaria de milho na alimentação de galinhas poedeiras semipesadas criadas em clima quente Plataforma Sucupira. Universidade Federal De Mato Grosso, 2022. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11922407>. Acesso em: 13 nov. 2025.

BÖTTGER, Christian; SÜDEKUM, Karl-Heinz. Review: protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 244, p. 11–17, 2018. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2018.07.018. Disponível em: ScienceDirect. Acesso em: 15 maio 2026.

BELYEA, R. L.; RAUSCH, K. D.; CLEVINGER, T. E.; SINGH, V.; JOHNSTON, D. B.; TUMBELSON, M. E. *Sources of variation in composition of DDGS*. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 159, n. 3-4, p. 122-130, 2010. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005. Acesso em: 15 maio 2026.

BREGENDAHL, K.; ROBERTS, S. A.; KERR, B. J.; HOEHLER, D. Ideal ratios of isoleucine, methionine, methionine plus cystine, threonine, tryptophan, and valine relative to lysine for white Leghorn-type laying hens of twenty-eight to thirty-four weeks of age. *Poultry Science*, v. 87, n. 4, p. 744–758, 2008. Acesso em: 15 maio 2026.

BOBECK, E. A.; NACHTRIEB, N. A.; BATALLA, A. B.; PERSIA, M. E. *Effects of xylanase supplementation of corn-soybean meal-dried distiller's grain diets on performance, metabolizable energy, and body composition when fed to first-cycle laying hens*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 28, n. 4, p. 1073–1084, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119303769>. Acesso em: 24 abr. 2026.

BITTENCOURT, Tatiana Marques; LIMA, Heder José D'Avila; QUIRINO, Caio Silva; PEREIRA, Isabelli Dias Brito; AMARAL, Elieversson Firmiani de Freitas; PROCÓPIO, Diego Pierotti. *Coproducto do etanol de milho na alimentação de galinhas poedeiras semipesadas na fase inicial de postura*. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, v. 12, n. 3, e9246, jul./set. 2025. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v12i3.9246>

BARBOSA, Marcos; BENITES, Mariani Ireni; RODRIGUES, Debora; *et al.* *The use of dried distiller's grains with solubles (DDGS) combined with the use of additives in the*

diet of broiler quails. *Ciência Animal Brasileira*, v. 26, 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cab/a/pFY76mwq5Fh8HpYv958RWPn/?lang=pt>>. Acesso em: 24 nov. 2025.

BUENAVISTA, Marie E; SILIVERU, Kaliramesh ; ZHENG, Yi. *Utilization of Distiller's Dried Grains with solubles: a Review. Journal of Agriculture and Food Research*, v. 5, p. 100195–100195, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154321000971?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 24 nov. 2025.

BAO, Gaoliang; WEI, Hong; HE, Decang; WANG, Dejun; DING, Baoan; ZHANG, Junxia; TIAN, Jiayu; WANG, Pengshun; SHEN, Baolin. *Dietary supplementation with corn distillers' dried grains with solubles improves egg quality in Haidong chickens by promoting beneficial gut microbiota and modulating serum biochemical profiles. Frontiers in Microbiology*, v. 16, p. 1709407, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1709407>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2025.1709407/full>. Acesso em: 14 abr. 2026.

BEDFORD, Michael R.; SVIHUS, Birger; COWIESON, Aaron J. *Dietary fibre effects and the interplay with exogenous carbohydrases in poultry nutrition. Animal Nutrition*, v. 15, p. 1–14, 2023. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.09.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654523001440>. Acesso em: 15 maio 2026.

DITENGOU, Junior Isaac Celestin Poaty; CHO, Sangbuem; AHN, Sung-Il; CHAE, Byungho; JEON, Eunjeong; CHOI, Nag-Jin. *Effects of different triticale inclusion levels on broilers' growth parameters: a meta-analysis. Veterinary and Animal Science*, v. 23, p. 100328, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100328>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2451943X23000455>. Acesso em: 27 abr. 2026.

ADEDOKUN, S. A.; JAYNES, P.; PAYNE, R. L.; APPLGATE, T. J. *Standardized ileal amino acid digestibility of corn, corn distillers' dried grains with solubles, wheat middlings, and bakery by-products in broilers and laying hens. Poultry Science*, v. 94, n. 10, p. 2480–2487, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pev226>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119319571>. Acesso em: 14 abr. 2026.

CALDAS, J.V.; HILTON, K.; MULLENIX, G.; et al. *Corn distillers dried grains with solubles: nutrient analysis, metabolizable energy, and amino acid digestibility in broilers. Journal of Applied Poultry Research*, v. 29, n. 4, p. 1068–1083, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617120300970>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

CORDEIRO, Deibity Alves. *Inclusão de complexo enzimático em dietas formuladas com grãos secos por destilação com solúveis (DDGS) na alimentação de frangos de corte. 2018. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2018. Disponível em:*

https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_10/2018-06-29-05-46-16Dissertação%20Deibity.pdf. Acesso em: 8 abr. 2026.

CREMONEZ, Paulo; FEROLDI, Michael; CÉZAR NADALETI, Willian; *et al.* *Biodiesel Production in Brazil: Current Scenario and Perspectives*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 415–428, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114008211>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

CHRISTOPHER, Ashish; OSTRANDER, Jesse; MATHEW, Jithin; *et al.* *Corn distiller's dried grains with solubles as a target for fermentation to improve bioactive functionality for animal feed and as a source for a novel microorganism with antibacterial activity*. *Frontiers in Food Science and Technology*, v. 3, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/food-science-and-technology/articles/10.3389/frfst.2023.1075789/full?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 13 nov. 2025

CAMARGO, Nathalia de Oliveira Telesca; CONY, Bruna Souza de Lima; SILVA, Marcos Kipper da; FRANCESCHI, Carolina Haubert; ANDRETTA, Ines. *A systematic review and meta-analysis of the effect of phytogenic feed additives on pig performance*. *Livestock Science*, v. 270, p. 105190, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141323000379>. Acesso em: 17 abr. 2026.

DAMASCENO, Jessica. *Grãos Secos De Destilaria Com Solúveis (DDGS) Na Alimentação De Frangos De Corte*. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2018. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/4063>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

EL-HACK, Mohamed; MAHROSE, Khalid; ATTIA, Faten; *et al.* *Laying Performance, Physical, and Internal Egg Quality Criteria of Hens Fed Distillers Dried Grains with Solubles and Exogenous Enzyme Mixture*. *Animals*, v. 9, n. 4, p. 150, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/150?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 24 nov. 2025.

EPE (Org.). *Análise conjunta da Biocombustíveis*. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao904/NT-EPE-DPG-SDB-202506_An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura_Ano%20base%202024.pdf?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 15 dez. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Moagem de milho*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pos-producao/agroindustria-do-milho/processamento/moagem>. Acesso em: 24 abr. 2026.

EINSFELD, Suelen Maria. *Grãos secos de destilaria com solúveis na alimentação de suínos em terminação*. 2022. Dissertação (Mestrado) – UFMG, Maringa, 2022. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11922407. Acesso em: 8 abr. 2026.

FAN, Weiwei; SUN, Xiao; CUI, Guannan; LI, Qunliang; XU, Yongping; WANG, Lili; LI, Xiaoyu; HU, Bo; CHI, Zhanyou. *A strategy of co-fermentation of distillers dried grains with solubles (DDGS) and lignocellulosic feedstocks as swine feed*. *Critical Reviews in Biotechnology*, v. 43, n. 2, p. 212–226, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07388551.2022.2027337>. Acesso em: 8 abr. 2026.

FAGGION JUNIOR, C. M.; BAKAS, N. P.; WASIAK, J. *A survey of prevalence of narrative and systematic reviews in five major medical journals*. *BMC Medical Research Methodology*, v. 17, p. 176, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-017-0453-y>. Acesso em: 24 abr. 2026.

GUYATT, G. H. et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*, London, v. 336, n. 7650, p. 924–926, 2008. DOI: 10.1136/bmj.39489.470347.AD. Acesso em: 24 abr. 2026.

HIGGINS, Julian P. T.; THOMPSON, Simon G. *Quantifying heterogeneity in a meta-analysis*. *Statistics in Medicine*, v. 21, n. 11, p. 1539–1558, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/sim.1186>. Acesso em: 24 abr. 2026.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, P. A. et al. *Meta-analysis of dietary curcumin supplementation in broiler chickens: growth performance, antioxidant status, intestinal morphology, and meat quality*. *Antioxidants*, v. 14, n. 4, p. 460, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox14040460>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/14/4/460>. Acesso em: 24 abr. 2026.

IRAM, Attia; CEKMECELIOGLU, Deniz; DEMIRCI, Ali. *Integrating 1G with 2G bioethanol production by using distillers' dried grains with solubles (DDGS) as the feedstock for lignocellulolytic enzyme production*. *Fermentation*, v. 8, n. 12, p. 705, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-5637/8/12/705>. Acesso em: 8 abr. 2026.

JHA, Rajesh; MISHRA, Pravin. *Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 12, art. 51, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00576-0>. Disponível em: <https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-021-00576-0>. Acesso em: 14 abr. 2026

VALENTE JUNIOR, Dante Teixeira; GENOVA, Jansller Luiz; KIM, Sung Woo; SARAIVA, Alysson; ROCHA, Gabriel Cipriano. *Carbohydrases and phytase in poultry and pig nutrition: a review beyond the nutrients and energy matrix*. *Animals*, Basel, v. 14, n. 2, art. 226, 2024. DOI: 10.3390/ani14020226.

JOHNSON, B. T.; HUEDO-MEDINA, T. B. *Meta-analytic statistical inferences for continuous measure outcomes as a function of effect size metric and other assumptions*. Rockville: Agency for Healthcare Research and Quality, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK140571/>. Acesso em: 24 abr. 2026.

JANG, Jae-Cheol; ZENG, Zhikai; URRIOLOA, Pedro E.; SHURSON, Gerald C. *Effects of feeding corn distillers dried grains with solubles diets without or with supplemental enzymes on growth performance of pigs: a meta-analysis*. *Translational Animal Science*, Oxford, v. 5, n. 2, e txab029, 2021. DOI: 10.1093/tas/txab029. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/tas/txab029>. Acesso em: 8 jul. 2026.

JANG, Jae-Cheol; ZENG, Zhikai; URRIOLOA, Pedro E.; SHURSON, Gerald C. *A systematic review and meta-analysis of the growth performance effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (cDDGS) and feed enzymes to broiler chickens*. *Poultry Science*, v. 100, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.040>. Acesso em: 17 abr. 2026.

JANG, Jae-Cheol et al. *Effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance in broilers: a meta-analysis*. *Journal of Animal Science*, v. 98, suppl. 3, p. 210, 2020. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa054.363>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7701421/>. Acesso em: 11 maio 2026.

JIANG, W.; ZHANG, L.; SHAN, A. *The effect of vitamin E on laying performance and egg quality in laying hens fed corn dried distillers grains with solubles*. *Poultry Science*, v. 92, n. 11, p. 2956–2964, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24135600/>. Acesso em: 24 abr. 2026.

KLEYN, F. J.; CHRYSTAL, P. V. *Energy systems and laying hens: an evaluation of energy systems for the formulation of practical diets for laying hens*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 31, n. 2, p. 100249, 2022. DOI: 10.1016/j.japr.2022.100249. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617122000162>. Acesso em: 15 maio 2026.

KIDD, M. T.; LOAR II, R. E. *A synopsis of recent work on the amino acid nutrition of layers*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 30, n. 1, p. 100108, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.10.007>. Acesso em: 15 maio 2026.

LIU, L. et al. *Meta-analyses of the global impact of non-antibiotic feed additives on livestock performance and health*. *Journal of Advanced Research*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2025.03.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209012322500150X>. Acesso em: 24 abr. 2026.

LUDKE, J. V.; HENN, J. D.; SCHEUERMANN, G. N. *Produção de ovos cresce 46% no Brasil em 15 anos*. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1178714/Description>. Acesso em: 07 abr. 2026.

LOAR II, R. E. et al. *Effect of dietary inclusion level of distillers dried grains with solubles on layer performance, egg characteristics, and consumer acceptability*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 19, n. 1, p. 30–37, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00072>. Acesso em: 14 abr. 2026.

LUMPKINS, B.; BATAL, A.; DALE, N. *Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets*. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 14, n. 1, p. 25–31, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/14.1.25>. Acesso em: 14 abr. 2026.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. *Commercial Poultry Nutrition*. 3rd ed. Guelph: University Books, 2005. 398 p. Acesso em: 14 abr. 2026.

LIMA, *et al.* *Performance, egg quality, and intestinal morphology of laying hens fed high-fiber diets with or without stimbiotic supplementation*. *Animals*, v. 16, n. 5, art. 700, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani16050700>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/16/5/700>. Acesso em: 14 abr. 2026.

MARQUES, Tatiana. *Grãos secos de destilaria com solúvel de milho na dieta de galinhas poedeiras*. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/113342361/482484685-libre.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2026.

MOREIRA, Jorcelino Tallyrand. *Revisão sistemática do potencial de coproduto agroindustrial na mistura de ração para uso em alimentação animal*. Ifes.edu.br, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/4521>. Acesso em: 14 nov. 2025.

MALEMATJA, Emmanuel; SEBOLA, Nthabiseng A.; MANYELO, Tlou G.; KOLOBE, Sekobane D.; MABELEBELE, Monnye. *A meta-analysis of the meat physicochemical parameters of broiler chickens fed insect-based diet*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 108, n. 6, p. 1786–1797, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.14018> Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39004906/> Acesso em: 27 abr. 2026.

MASA'DEH, M. K.; PURDUM, S. E.; HANFORD, K. J. *Dried distillers grains with solubles in laying hen diets: phosphorus*. *Poultry Science*, v. 90, n. 9, p. 1960–1966, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119307291>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MESSAD, Farouk; LÉTOURNEAU-MONTMINY, Marie-Pierre; CHARBONNEAU, Edith; GUAY, Frédéric. *Meta-analysis of the amino acid digestibility of oilseed meal in growing pigs*. *Animal*, v. 10, n. 10, p. 1635–1644, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731116000732>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731116000732>. Acesso em: 27 abr. 2026.

MAHROSE, K. M.; ABD EL-HACK, M. E.; SAAD, A. M.; HUSSIEN, M. A.; SWELUM, A. A. *Productive performance of laying hens fed different levels of distillers dried grains with solubles with or without certain feed additives*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 29, n. 12, p. 1742–1748, 2016. Disponível em: <https://www.ajas.info/journal/view.php?number=23427>. Acesso em: 9 abr. 2026.

MACELLINE, S. P.; TOGHYANI, M.; CHRYSTAL, P. V.; SELLE, P. H.; LIU, S. Y. *Amino acid requirements for laying hens: a comprehensive review*. *Poultry Science*, v. 100, n. 5, p. 101036, 2021. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101036. Acesso em: 9 abr. 2026.

ORMOND, Victoria Curvo. *Uso de aditivos alimentares e coprodutos do etanol de milho na dieta de bovinos de corte*. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2023. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11726285. Acesso em: 8 abr. 2026.

POMAR, Candido; REMUS, Alexander; HAUSCHILD, Luciane; ZHANG, Guoqiang. *Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing pigs*. *Animal Feed Science and Technology*, v. 203, p. 82–92, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.02.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840115002138>. Acesso em: 27 abr. 2026.

PROCÓPIO, D. P.; et al. *Desempenho e risco econômico da substituição parcial de grãos secos de destilaria de milho na dieta de galinhas poedeiras*. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 15, n. 4, e9633, 2022.

ROSTAGNO, H. S. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017. Disponível em: <https://www.livrosabertos.ufv.br/handle/123456789/1201>. Acesso em: 07 abr. 2026.

QUINTANA, Daniel S. *A guide for calculating study-level statistical power for meta-analyses*. *Behavior Research Methods*, v. 55, p. 1710–1725, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01862-0>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/25152459221147260>. Acesso em: 27 abr. 2026.

ROMERO, L. F.; PARSONS, C. M.; UTTERBACK, P. L. *Effect of dietary adipic acid and corn dried distillers grains with solubles on laying hen performance and nitrogen loss from stored excreta with or without sodium bisulfate*. *Poultry Science*, v. 91, n. 9, p. 2325–2332, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119388846>. Acesso em: 27 abr. 2026.

ROBERTS, S. A.; XIN, H.; KERR, B. J.; RUSSELL, J. R.; BREGENDHAL, K. Effects of dietary fiber and reduced metabolizable energy on nitrogen balance and egg production in laying hens. *Poultry Science*, v. 86, n. 8, p. 1716-1725, 2007. Acesso em: 27 abr. 2026.

SINGH, K.; WANG, Jinqun; PATIL, Pranita S.; SUBEDI, Deepak; MALLAVARAPU, Bharath; BHUMANAPALLI, Sujitha; VADDU, Sasikala; DALL’OOL, Rami A.; SINGH, Manpreet; THIPPAREDDI, Harshavardhan. *A systematic review and meta-analysis of the efficacy of alternatives to antibiotic growth promoters as strategies to reduce Salmonella in meat-type poultry (pre-harvest)*. *Poultry Science*, v. 104, n. 11, p. 105640, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105640>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40930001/> Acesso em: 27 abr. 2026.

SOARES, Kamilla Ribas; XIMENES, Luciano Feijão. *Avicultura de postura: panorama e perspectivas*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2022. (Caderno Setorial ETENE, n. 214). Disponível em: <https://bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1216>. Acesso em: 07 abr. 2026.

SCHIAVONE, Tatiana *et al.* Consumo e produção de ovos no Brasil: um panorama sobre as legislações relacionadas. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 3, n. 2, p. 78–89, 2022. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/alimentos/article/view/2232>. Acesso em: 07 abr. 2026.

STEIN, H. H.; SHURSON, G. C. Board-invited review: *The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets*. *Journal of Animal Science*, v. 87, n. 4, p. 1292–1303, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1290>. Acesso em: 07 abr. 2026.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI, J. *Effect of distillers dried grains with solubles and dietary enzyme supplementation on the performance of laying hens*. *Poultry Science*, v. 87, n. 4, p. 667–673, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00207>. Acesso em: 07 abr. 2026.

SUN, H.; LEE, E. J.; SAMARAWEERA, H.; PERSIA, M.; AHN, D. U. *Effects of increasing concentrations of corn distillers dried grains with solubles on chemical composition and nutrient content of egg*. *Poultry Science*, v. 92, n. 12, p. 3183–3190, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579113007407>

SHIN, H. S.; KIM, J. W.; KIM, J. H.; LEE, D. G.; LEE, S.; KIL, D. Y. *Effect of feeding duration of diets containing corn distillers dried grains with solubles on productive performance, egg quality, and lutein and zeaxanthin concentrations of egg yolk in laying hens*. *Poultry Science*, v. 95, n. 10, p. 2366–2371, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pew127>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003257911931764X>. Acesso em: 14 abr. 2026.

SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J. J.; ST-PIERRE, N. R. *Meta-analyses of experimental data in animal nutrition*. *Animal*, v. 2, n. 8, p. 1203–1214, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731108002280>. Acesso em: 14 abr. 2026.

SUYAMA, Marcelo Suzuki; GEWEHR, Clóvis Eliseu. *Dietary fiber in poultry nutrition: impacts on physiology, digestive metabolism and on productive performance*. *Tropical Animal Health and Production*, v. 58, art. 160, 2026. DOI: [10.1007/s11250-026-04970-6](https://doi.org/10.1007/s11250-026-04970-6). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11250-026-04970-6>. Acesso em: 15 maio 2026.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 262 p. Acesso em: 2 junh. 2026.

TOLUK, O.; ERCAN, I. *Comparison of Heterogeneity Measures in Meta-Analysis. International Journal of Statistics in Medical Research, [S. l.]*, v. 14, p. 308–322, 2025. DOI: 10.6000/1929-6029.2025.14.30. Disponível em: <https://lifescienceglobal.com/pms/index.php/ijsmr/article/view/10327>. Acesso em: 25 abr. 2026.

TEJEDA, O. J.; KIM, W. K. *Role of dietary fiber in poultry nutrition. Animals*, v. 11, n. 2, p. 461, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11020461>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/2/461>. Acesso em: 24 abr. 2026.

VALENTE JUNIOR, D. T.; GENOVA, J. L.; KIM, S. W.; SARAIVA, A.; ROCHA, G. C. *Carbohydrases and phytase in poultry and pig nutrition: a review beyond the nutrients and energy matrix. Animals*, v. 14, n. 2, p. 226, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/2/226>. Acesso em: 24 abr. 2026.

VALENTIM, Jean ; BITTENCOURT, Tatiana ; LIMA, Heder; *et al. Termorregulação De Frangos De Corte Alimentados Com Dietas Contendo Níveis De Grãos Secos De Destilaria. Revista Acadêmica Ciência Animal*, v. 18, p. 1–1, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/25285>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

VALENTIM, Jean Kaique; HEDER; BITTENCOURT, Tatiana Marques; *et al. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde*, v. 25, n. 1, p. 44–49, 2021. Disponível em: <<https://ensaiosciencia.pgsskroton.com.br/article/view/9001>>. Acesso em: 13 nov. 2025.

WU-HAAN, W.; POWERS, W.; ANGEL, R.; *et al. The use of distillers dried grains plus solubles as a feed ingredient on air emissions and performance from laying hens. Poultry Science*, v. 89, n. 7, p. 1355–1359, 2010. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20548062/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.

WHITING, I. M.; ROSE, S. P.; AMERAH, A. M.; PIRGOZLIEV, V. R. *Enzyme supplementation to diets containing wheat distillers' dried grains with solubles (DDGS) when fed to laying hens. Poultry*, v. 4, n. 2, p. 22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/poultry4020022>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2674-1164/4/2/22>. Acesso em: 24 abr. 2026.

YIBAR, Artun; UZABACI, Ender. *Meta-analysis to predict the effects of probiotics on meat quality of broiler. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 108, n. 6, p. 1616–1623, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.14006>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38885347/>. Acesso em: 27 abr. 2026.

ZHU, J. L.; ZENG, Z. K.; SHURSON, G. C.; URRIOLOA, P. E. *A meta-analysis to predict the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles for poultry. Poultry Science*, v. 97, n. 12, p. 4359–4366, 2018. DOI: 10.3382/ps/pey340. Acesso em: 8 abr. 2026.

ZHU, Zhanhao; KOU, Shiyu; ZHANG, Xiaomin; LIN, Yi; CHI, Shuyan; YANG, Qihui; TAN, Beiping. *Evaluation of corn distillers dried grains with solubles (DDGS)*

replacement for fishmeal in the diet for juvenile hybrid grouper (Epinephelus fuscoguttatus × Epinephelus lanceolatus). Aquaculture Reports, v. 25, p. 101224, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513422002204>. Acesso em: 8 abr. 2026.

ZOUAOUI, Maroua; LÉTOURNEAU-MONTMINY, Marie-Pierre; GUAY, Frédéric. *Effect of phytase on amino acid digestibility in pig: a meta-analysis. Animal Feed Science and Technology*, v. 238, p. 18–28, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117308507>. Acesso em: 27 abr. 2026.